

**МОДЕЛЮВАННЯ  
СКЛАДНИХ СИСТЕМ**

**МОНОГРАФІЯ**

Міністерство освіти і науки України  
ДВНЗ «Одеський національний економічний університет»  
(Україна)  
Черкаський національний університет  
імені Богдана Хмельницького (Україна)  
ДВНЗ «Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана» (Україна)  
Південноукраїнський національний педагогічний університет  
імені К.Д.Ушинського (Україна)  
Університет Бен-Гуріон (Ізраїль)  
Університет Марії Кюрі-Склодовської (Польща)  
Інститут Менеджменту Інформаційних Систем  
(Латвія)

# **МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ**

**МОНОГРАФІЯ**

**ОДЕСА – 2015**

УДК 330.368(477)  
ББК 65.9(4УКР)я431  
М74

Рекомендовано Вченою радою ННІ економіки і права Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (протокол № 6 від 11.03.2015)

**Рецензенти:** *Зеленський О.С.*, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформатики, автоматички і систем управління ДВНЗ «Криворізький національний університет» (м. Кривий Ріг)

*Клебанова Т.С.*, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики Харківського національного економічного університету університет імені Семена Кузнеця (м. Харків)

*Черняк О.І.*, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Київ)

**Моделювання складних систем :** Монографія / За заг.ред. Соловйова В.М. - Черкаси: Брама, видавець Третяков О. М., 2015. - 354 с. : Англ. мова, рос. мова, укр.. мова : іл.

В монографії розглянуто сучасні підходи до моделювання та управління складними системами з емерджентними властивостями. Показано, що теорія складності може слугувати природною парадигмою створення надійних методів і продуктивних моделей.

УДК 330.368(477)  
ББК 65.9(4УКР)я431

© В.М. Соловйов, 2015 р.  
© Автори статей, 2015 р.

## НАУКОВИЙ АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ:

Вітлінський В.В., д.е.н., професор (розділ 2.1),  
Діордіца С.Г., д.е.н., професор (розділ 2.2), Захарченко П.В.,  
д.е.н., професор (розділ 2.3), Іванов М.М., д.е.н., професор  
(розділ 3.5), Курбанов К.Р., д.т.н., професор (розділ 3.6),  
Матвійчук А.В., д.е.н., професор (розділ 1.4), Порохня В.М.  
д.е.н., професор (розділ 2.7), Пурський О.І., д.ф.-м.н., професор  
(розділ ), Рамазанов С.К., д.т.н., д.е.н., професор (розділ 1.9),  
Соловійов В.М., д.ф.-м.н., професор (розділ 1.5; 1.7)

Барна М.Ю. к.е.н., доцент (розділ 3.1), Бирський В.В.,  
к.е.н., доцент (розділ 3.2), Волосова Н.М., к.т.н., доцент (розділ  
2.9), Гурова В.О., к.е.н., доцент (розділ 3.3), Денісова О.О,  
к.е.н., доцент (розділ 3.4), Діленко В.А., к.е.н., доцент (розділ  
2.2), Кобець В.М., к.е.н., доцент (розділ 2.4), Корзаченко О.В.,  
к.е.н. (розділ 2.5), Корольков В.В., к.е.н., доцент (розділ 1.3),  
Малаксіано Н.О., к.ф.-м.н., доцент (розділ 2.6), Мельник Г.В.,  
к.е.н. (розділ 2.1), Потапенко С.Д., к.е.н., доцент (розділ 3.7),  
Пучкова С.І, к.е.н., доцент (розділ 3.9), Пушкар О.І. к.е.н.,  
доцент (розділ 3.6), Саєнсус М.А.,к.е.н., доцент (розділ 2.8),  
Скіцько В.І. к.е.н., доцент (розділ 2.1), Сокурєнко П.І., к.е.н.,  
доцент (розділ 3.10), Соловійова В.В., к.е.н., доцент (розділ 1.6),  
Стебляк Н.Ф., к.е.н., доцент (розділ 3.10)

Величко О.М. (розділ 1.1), Водолеєва І.Є. (розділ 1.6),  
Гопка (розділ 1.2), Данильчук Г.Б. (розділ 1.1), Демченко Р.С.  
(розділ 3.8), Литвин К.В. (розділ 1.3), Мазоха Д.П. (розділ 3.8),  
Самусьонок А.В. (розділ 1.8), Сергєєв П.П. (розділ 3.9),  
Сергієнко А.В. (розділ 1.9), Сердюк О.А. (розділ 1.5), Снар І.І.  
(розділ 1.4), Соловійова К.В. (розділ 1.8), Тобілевич Ю.Є.  
(розділ 1.2), Федорішин І.Є. (розділ 1.7)

## ПЕРЕДМОВА

Задекларований перехід економіки України на інноваційний шлях розвитку в умовах обмеженості ресурсів, у першу чергу фінансових, вимагає зосередження їх на найбільш перспективних напрямках, де імовірність досягнення конкурентного успіху є найбільшою. Як свідчить практика, такого роду оцінки доцільно виконувати із застосуванням економіко-математичних моделей. Множинність шляхів вибору моделей і методів актуалізує необхідно розуміння основних тенденцій розвитку наукового знання і ключових досягнень.

Говорячи мовою синергетики, необхідно виділити такі параметри порядку – провідні змінні, які з плином часу починають визначати динаміку і розвиток складної системи і підпорядковувати собі її інші параметри, які призведуть до ефективного спрощення складного об'єкта.

Все більш очевидною є революція, що почалася в природничих і гуманітарних науках і пов'язана з вивченням феномена самоорганізації і дослідженням мережних структур. Мережна парадигма складності обумовлена великим значенням, яке придбали такі об'єкти, і тим, що на початку ХХІ століття очевидною стала різюча аналогія в топології мережних структур, що виникають завдяки активному використанню інформаційно-телекомунікаційних, гуманітарних, управлінських, військових технологій.

Мережі стали одним з двигунів економіки. У своїй історії людство долало різні бар'єри, створюючи нові матеріали, технології, об'єкти. Однак «мережева економіка» зіткнулася з обмеженнями самої людини – так званім «когнітивним бар'єром». Як показали психологи, людина в змозі активно, творчо взаємодіяти з 5-7 людьми (з рештою опосередковано або стандартно, незалежно від того, скільки у нього друзів у соціальній мережі). Вона може одночасно стежити за 5-7 змінними (незалежно від того, наскільки великий обсяг інформації йому доступний). Приймаючи рішення, вона може зважити 5-7 факторів (скільки б даних у неї не було).

Зліт нової економіки в США в 1990-х роках, пов'язаний багато в чому з інтернет-компаніями, породив ілюзію, що капіталізація мережних структур пропорційна числу зв'язків між вузлами, тобто квадрату числа вузлів  $N^2$ . Однак, коли на початку 2000-х років міхур «нової економіки» лопнув (криза «доткомів – .com»), то виявилось, що реальна капіталізація мала зовсім іншу залежність від числа об'єктів, пов'язаних мережею –  $N \ln N$ . Інакше кажучи, не «всі зв'язуються з усіма», а майже всі взаємодіють з декількома дуже великими вузлами-хабами, які вже тісно пов'язуються між собою. Подібним же чином виявляється влаштована інфраструктура більшості складних систем, не залежно від їх природи.

Мережні технології змінили обчислювальну математику, системний аналіз, інформаційні технології. В останні роки було реалізовано кілька грандіозних мережних проектів, в яких поставлена задача вирішувалася завдяки спільним діям сотень тисячі або навіть мільйонів комп'ютерів. Це і криптографічні проблеми, і пошук ліків проти раку, заснований на математичному моделюванні взаємодії різних речовин з клітинами. Це розподілений аналіз даних космічних експериментів та обробка результатів, отриманих на Великому адронному колайдері.

В зв'язку з новою мережною парадигмою складності перед фахівцями з моделювання економіки виникають принципово нові, актуальні задачі. Ось, на наш погляд тільки деякі з них:

- дослідження надійності, робастності мереж відносно випадкових помилок та направлених атак;
- аналіз когнітивних можливостей складних систем;
- моделювання мультиплексних мереж (мережі мереж);
- вплив нанотехнологій на формування наноекономіки та ін.

Сьогодні вже зрозуміло, що відповідних інновацій вимагає і система освіти. На початку комп'ютерної ери основну цінність і проблеми становили власне комп'ютери (hardware) і акцент робився на підготовку фахівців з обчислювальної техніки. Потім величезне значення набуло програмне забезпечення (software) і була розпочата підготовка дослідників у цій галузі (computer science) та інженерів-

програмістів (computer engineering). В даний час на перший план виходять фахівці з мережних технологій (netware). Саме таких фахівців треба починати готувати у провідних національних університетах.

Дана монографія є колективною науковою працею українських та зарубіжних авторів у царині означених проблем.

Перший розділ присвячений розробці інструментарію дослідження складних систем, зокрема, у рамках мережної парадигми. В другому розділі містяться роботи з актуальних питань моделювання економіки в поточних умовах. Розділ 3 містить питання розробки та впровадження сучасних інформаційних систем і технологій.

Від імені авторів висловлюю щирю вдячність рецензентам професорам Зеленському О.С., Клебановій Т.С. та Черняку О.І., чії критичні зауваження покращили як структуру, так і зміст монографії.

Редактор,  
завідувач кафедри економічної кібернетики  
Черкаського національного університету  
імені Богдана Хмельницького  
д.ф.-м.н., професор В.М.Соловйов

Черкаси, травень 2015р.

## РОЗДІЛ 1

### ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

#### 1.1. ПОПЕРЕДЖЕННЯ КРИЗОВИХ ЯВИЩ В ЕКОНОМІЦІ ЗАСОБАМИ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Проведено порівняння результатів мультифрактального аналізу для валютного, товарного та фондового ринків. Показано, що локальний коефіцієнт Херста та ширина спектру мультифрактальності можуть слугувати індикаторами-передвісниками кризових явищ.

**Ключові слова:** фондовий індекс, локальний коефіцієнт Херста, спектр мультифрактальності, індикатори-передвісники криз.

Проведено сравнение результатов мультифрактального анализа для валютного, товарного и фондового рынков. Показано, что локальный коэффициент Херста и ширина спектра мультифрактальности могут служить индикаторами-предвестниками кризисных явлений.

**Ключевые слова:** фондовый индекс, локальный коэффициент Херста, спектр мультифрактальности, индикаторы-предвестники кризисов.

**Постановка проблеми.** Сучасний етап розвитку економіки характеризується фінансовою нестабільністю, під якою ми розуміємо такі проблеми в фінансовій системі країни, які помітно негативно впливають на економічну активність. Формування системи індикаторів-передвісників кризових явищ в економіці є однією з найбільш актуальних задач сучасної науки.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Відомі фундаментальні роботи у напрямку прогнозування та передбачення кризових явищ належать Сорнетт Д., Боксу Дж., Дженкінсу Г., Борланду Л., Кругману П. та ін. [1-4].



Незважаючи на значні здобутки сучасної наукової думки, питання передбачення кризових явищ залишається відкритим.

**Мета статті** – провести порівняльний аналіз поточного стану фондових ринків України, Росії, Німеччини, Китаю та США, товарних ринків, а саме, цін на нафту та золото, а також валютного ринку за допомогою технічного аналізу з використанням фрактальних і мультифрактальних методів.

**Виклад основного матеріалу.** Для дослідження та передбачення кризових явищ в економіці використовуються такі підходи до прогнозування динаміки економічних процесів – фундаментальний і технічний аналіз.

В даній роботі будуть розглянуті технічні індикатори, які характеризують фрактальні властивості складних систем, а саме, локальний коефіцієнт Херста та ширину спектру мультифрактальності (або сингулярності). Техніка проведення такого аналізу детально описана в [5].

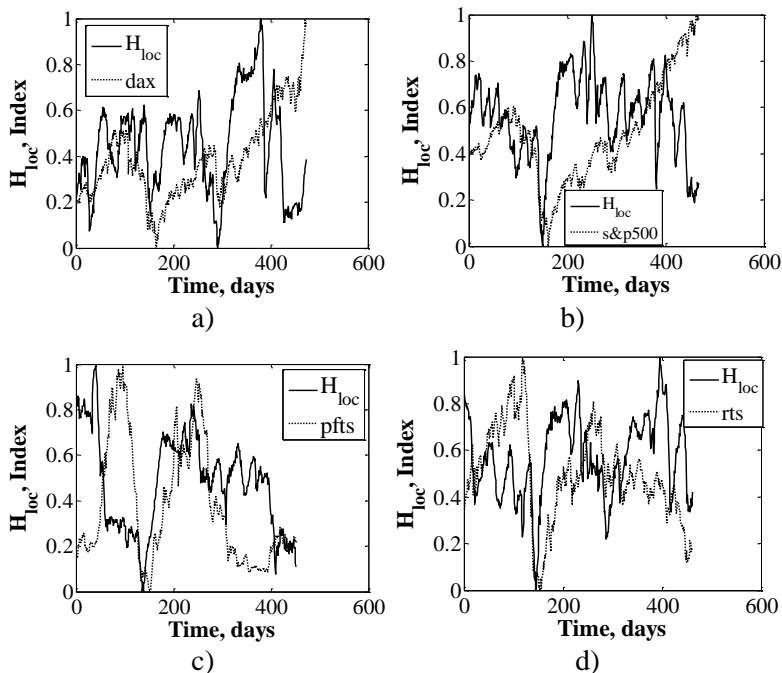
В якості баз даних для дослідження використано щоденні значення фондових індексів України [6], Росії, Німеччини, Китаю та США [7], валютні пари EUR/USD та UAH/USD [8], а також ціни на нафту та золото [7] за період з 01.01.2004 р. по 01.04.2015 р.

Всі розрахунки та побудова графіків проводилися в програмному середовищі MatLab із використання алгоритму ковзного вікна. Для дослідження використовувалася ширина вікна 500 точок та крок переміщення вікна – 5.

Відомо [5], що для нормалізованих прибутковостей часових рядів коефіцієнт Херста  $H$  приймає значення на інтервалі  $[0, 1]$ . Якщо  $0 < H < 0.5$ , ряд вважається антиперсистентним і відвідає ситуації швидkozмінного, слабо прогнозованого ряду. У випадку  $0.5 < H < 1$  ряд називається персистентним і характеризується наявністю трендів та можливістю їх прогнозування. Локальним коефіцієнтом Херста  $H_{loc}$  ми називаємо його віконну реалізацію. У період глобальної кризи для досліджуваних індексів спостерігається антиперсистентна поведінка, яка змінюється на помітно персистентну після кризи. Поточний аналіз ситуації свідчить про те, що значення коефіцієнтів Херста для фондових індексів

нижче 0.5, тобто повного відновлення економіки після кризи не відбулось. Загальна динаміка перепадів коефіцієнта Херста прогнозує загальну поведінку і самого фондового ринку. Чітко виражені піки коефіцієнта є передвісниками відповідних змін на ринках.

Результати розрахунку для фондових індексів наведені на рис. 1.



**Рис. 1.** Порівняльна динаміка індексів фондових ринків Німеччини (а), США (б), України (с) та Росії (д) з локальними коефіцієнтами Херста  $H_{loc}$

Розглянемо динаміку локального коефіцієнта Херста для валютних пар EUR/USD та UAH/USD на рисунку 2.

Валютна пара EUR/USD поводиться взаємно зважено і поступово спадає. Спади ідуть прогнозовано і локальний коефіцієнт Херста в повній мірі відображає прогноз поведінки валютної пари. А от поведінка пари UAH/USD багато в чому не відповідає прогнозам. Коефіцієнт прогнозує

обвал, а от пара тримається стабільно. Коефіцієнт Херста прогнозує підйом для UAH/USD, а відбувається спад. Це відбувається виключно через нестабільну політичну та економічну ситуацію в Україні.

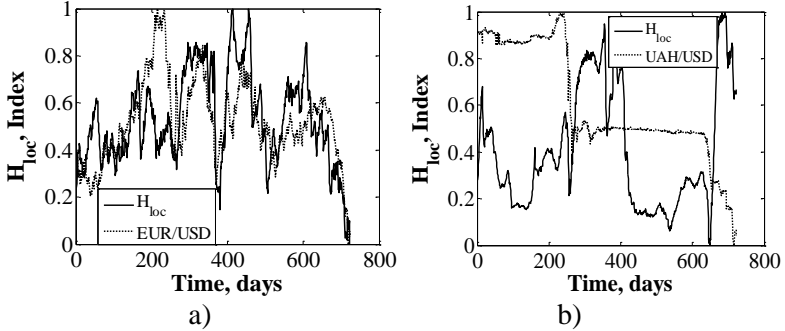


Рис. 2. Порівняльна динаміка валютних пар EUR/USD (a) та UAH/USD (b) з локальними коефіцієнтами Херста  $H_{loc}$

Цікавими є дослідження фрактальних властивостей цін на енергоресурси та дорогоцінні метали (рис.3).

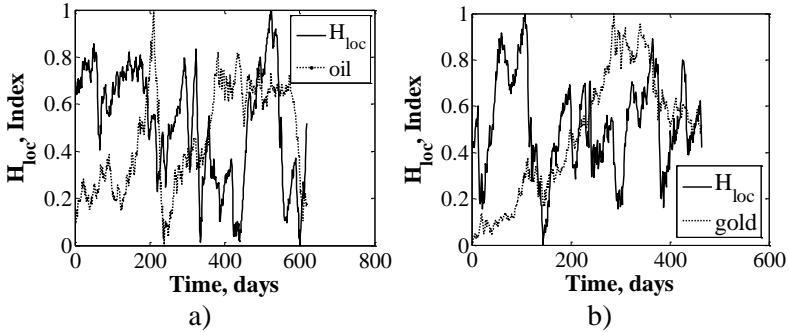


Рис. 3. Порівняльна динаміка цін на нафту (a) та золото (b) з локальними коефіцієнтами Херста  $H_{loc}$

Золото є відносно стабільним товаром. Коливання  $H_{loc}$  прогнозує як підйоми, так і спади котирувань на даний метал. З нафтою ситуація схожа, але спади-підйоми більш різкі, ніж у випадку з золотом. Остання частина графіка за коефіцієнтом

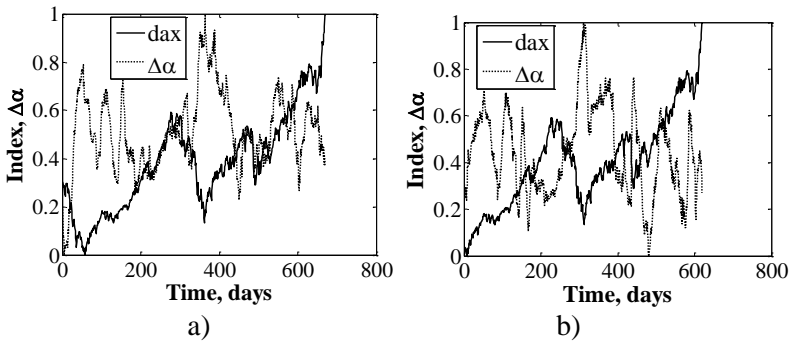
Херста прогнозує активне падіння ціни на нафту і з часом цей прогноз справдився.

Очевидно, що у передкризові періоди  $H_{loc}$  помітно зменшується, випереджаючи власне кризовий спад індексу.

Наступним кроком дослідження є розрахунок ширини спектру мультифрактальності. Останній має вигляд параболи, ширина гілок якої і називається шириною спектру  $\Delta\alpha$ . При цьому максимум спектру  $\alpha_{sr}$  фактично дорівнює локальному коефіцієнту Херста.

Візуальні результати по аналізу  $\Delta\alpha$  залежать від ширини робочого вікна. До такого висновку ми дійшли завдяки використанню порівняльного аналізу. Нижче наведені графіки, на яких порівнюються значення ширини спектру мультифрактальності з вихідним часовим рядом, на них чітко прослідковується поведінка коефіцієнта, який в точці кризи (значного падіння часового ряду) активно зростає і доходить до пікового значення.

Для прикладу розглянемо фондовий індекс Німеччини та ширину спектру  $\Delta\alpha$  (рис.4). На графіку з шириною вікна 1000 і кроці 5 чітко видно як першу(2008р.), так і другу(2011р. кризи. При проходженні точки першої кризи значення коефіцієнта набуває максимального значення – і це являється основним показником кризи. На графіках з шириною вікна в 500, 750 та 1250 значення коефіцієнта  $\Delta\alpha$  не так чітко фіксує та попереджує кризу.



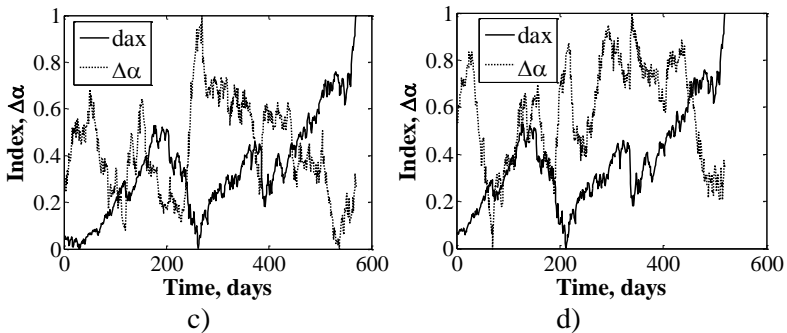
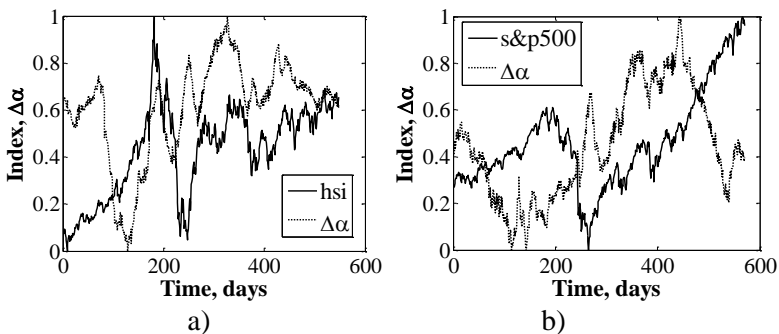


Рис. 4. Динаміка ширини спектру мультифрактальності фондового індексу Німеччини для вікон у 500 (а), 750 (b), 1000 (c) та 1250 (d) днів

Таким чином, ми бачимо, що найкращою і зрозумілою є поведінка при вікні 1000, тому для подальших розрахунків будемо використовувати саме таке вікно.

Подібно до фондового ринку Німеччини поведуться і фондові індекси Китаю та США. В обох вказаних випадках  $\Delta\alpha$  зростає в кризу, як в першу, так і в другу хвилю. Дані показники є оптимальними. Вони не політизовані і чітко відображають загальносвітові тенденції.



Для індексу ПФТС фондового ринку України  $\Delta\alpha$  чітко показує першу кризу, а його пікове значення сягає максимуму. Друга хвиля кризи відображена не настільки чітко, але краще її не відобразив ні один графік при використанні інших вікон. Проте для українського індексу це не дивно, бо на політичному

підґрунті за останні роки багато економічних прогнозів є неточними.

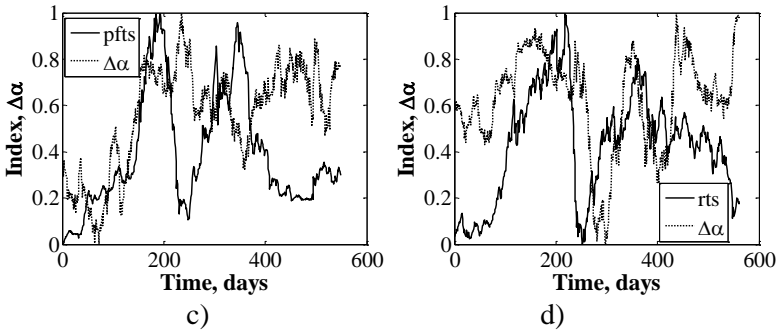


Рис. 5. Динаміка ширини спектру мультифрактальності з шириною вікна 1000 для фондових індексів Китаю (а), США (б), України (с) та Росії (д)

Індекс РТС фондового ринку Росії чітко показує першу та другу хвилі кризи, а от подальший прогноз має певні невідповідності, які багато в чому виникають з економіко-політичних причин.

Для валютних пар зміна ширини спектра  $\Delta\alpha$  також добре працює (рис.6).

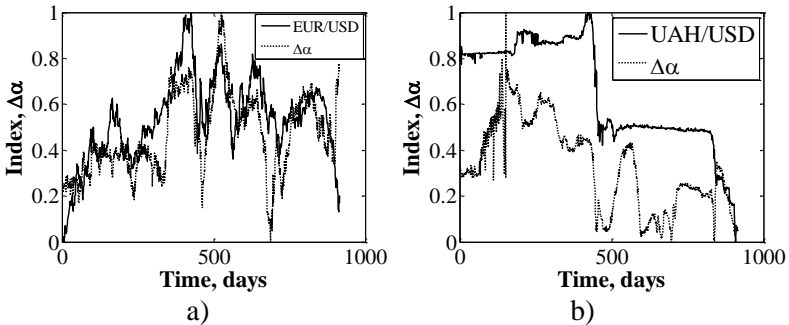


Рис. 6. Динаміка ширини спектру мультифрактальності для валютних пар EUR/USD (а) та UAH/USD (б)

Поведінка валютної пари UAH/USD не піддається ніяким логічним прогнозам. Тут неможливо чітко відслідкувати кризи, прогнози показують один варіант поведінки, а по-факту

отримуємо зовсім іншу картину. Щодо валютної пари EUR/USD, то ширина спектру  $\Delta\alpha$  чітко прогнозує кризу.

Окрім прогнозування поведінки фондових та валютних ринків,  $\Delta\alpha$  також вказує на кризові явища в часових рядах дорожочінних металів та нафти (рис.7).

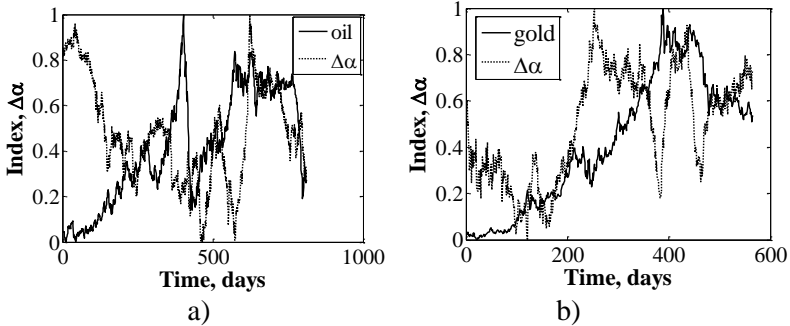


Рис. 7. Динаміка ширини спектру мультифрактальності для цін на нафту (a) та золото (b)

В обох випадках мультифрактальна міра складності виразно передбачає кризові явища.

Проаналізувавши всі графіки, ми дійшли до висновку, що даний метод прогнозування можна застосовувати для довільних часових рядів. При правильному підборі ширини робочого вікна (в нашому випадку вона становила 1000) ширина спектру мультифрактальності  $\Delta\alpha$  своїм попереднім зменшенням, а потім практично резонансним зростанням чітко попереджає про настання кризового явища.

Розглянемо показник  $\alpha_{sr}$ , який за отриманими результатами схожий з локальним коефіцієнтом Херста.

Для всіх досліджуваних часових рядів ми отримали схожі результати. Зокрема, ми бачимо, що в передкризовий період відбувається спад  $\alpha_{sr}$ , випереджаючий власне кризовий спад індексу.

Нижче на рисунках 8-10 наведено результати розрахунків.

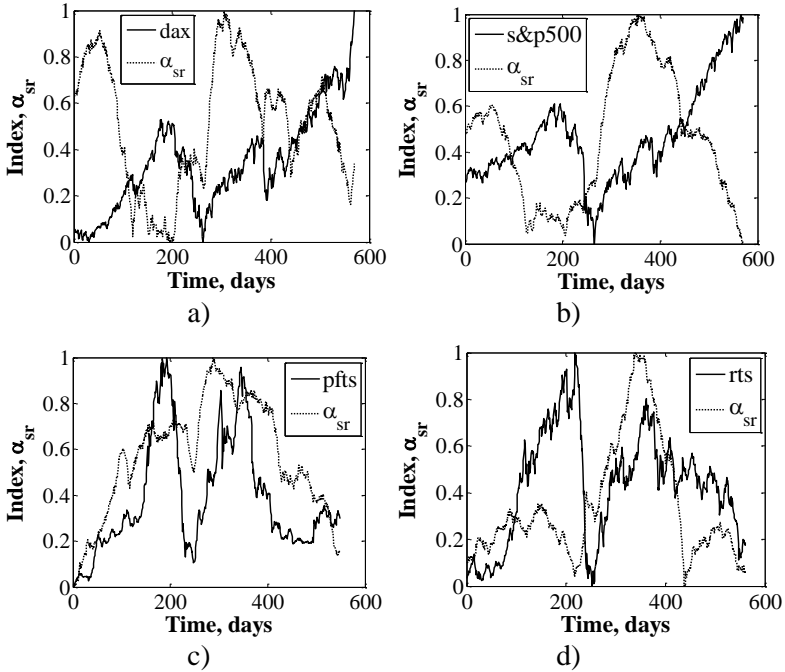


Рис. 8. Динаміка зміни  $\alpha_{sr}$  для індексів фондових ринків Німеччини (а), США (б), України (с) та Росії (д)

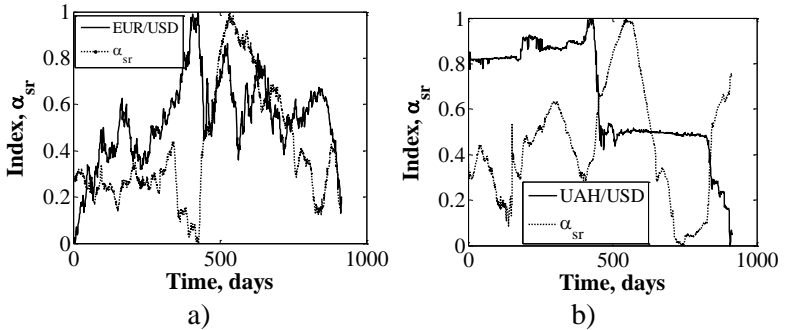


Рис. 9. Динаміка зміни  $\alpha_{sr}$  для валютних пар EUR/USD (а) та UAH/USD (б)



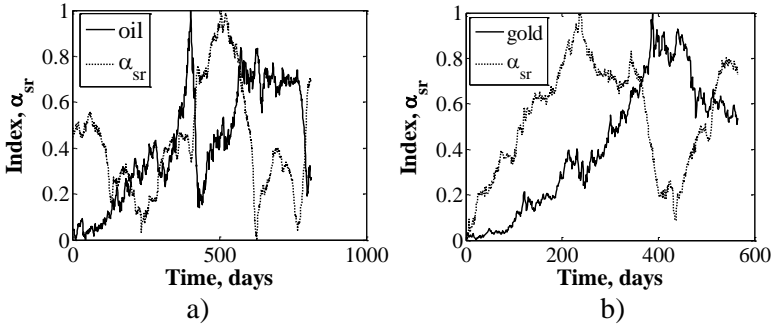


Рис. 10. Динаміка зміни  $\alpha_{sr}$  для цін на нафту (а) та золото (б)

В результаті порівняння  $\alpha_{sr}$  з локальним коефіцієнтом Херста (рис. 11-13), ми можемо стверджувати, що дані індикатори мають схожу динаміку і є передвісниками кризових явищ.

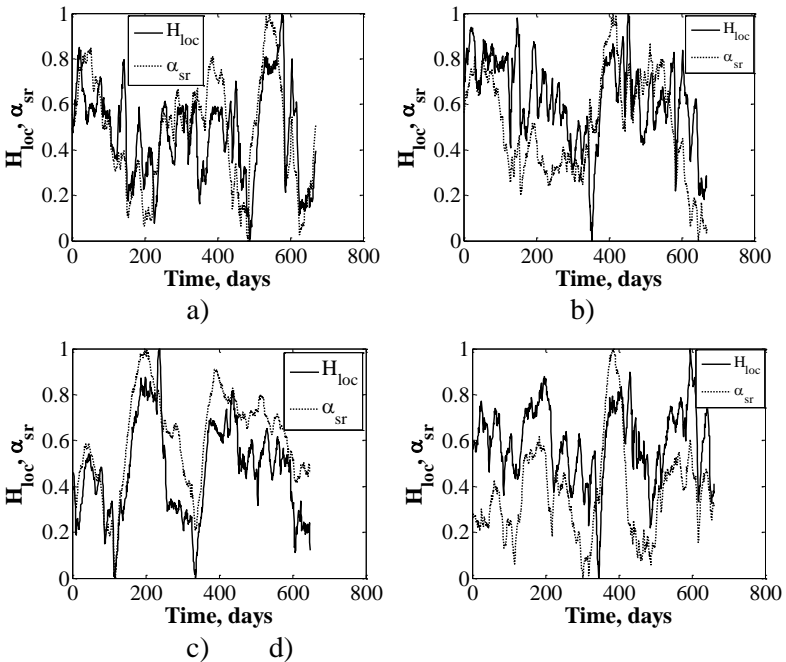


Рис. 11. Порівняльна динаміка зміни  $\alpha_{sr}$  для індексів фондових ринків Німеччини (а), США (б), України (с) та Росії (д) з локальним коефіцієнтом Херста  $H_{loc}$

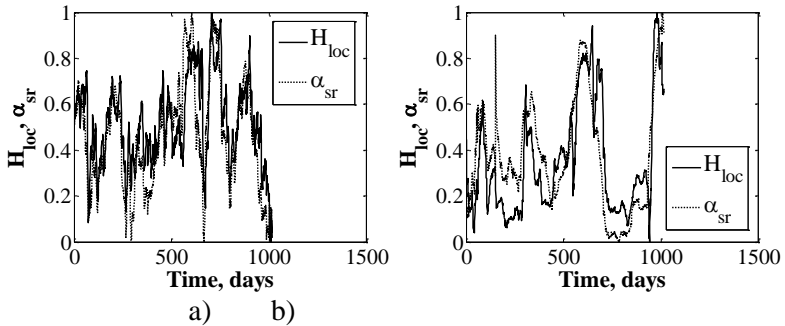


Рис. 12. Порівняльна динаміка зміни  $\alpha_{sr}$  для валютних пар EUR/USD (a) та UAH/USD (b) з локальним коефіцієнтом Херста  $H_{loc}$

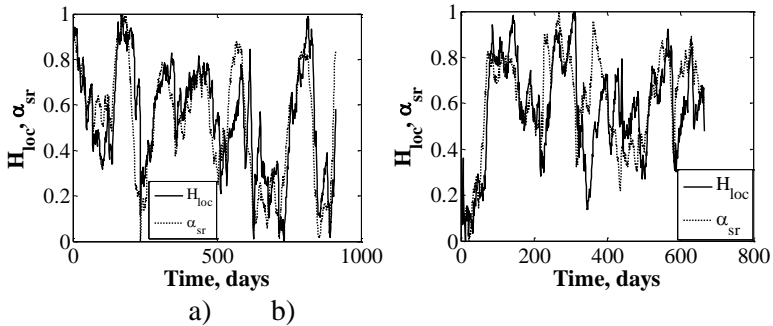


Рис. 13. Порівняльна динаміка зміни  $\alpha_{sr}$  для цін на нафту (a) та золото (b) з локальним коефіцієнтом Херста  $H_{loc}$

**Висновки.** В результаті проведених досліджень ми можемо зробити наступні висновки. Локальний коефіцієнт Херста у передкризові періоди помітно зменшується, випереджаючи власне кризовий спад індексу, тобто є передвісником криз. У більшості випадків при «кризовому дні» часового ряду значення ширини спектра мультифрактальності набуває максимального значення. В деяких випадках показник  $\Delta\alpha$  набуває максимального значення безпосередньо перед кризою і є її передвісником. Щодо  $\alpha_{sr}$ , то ми бачимо, що результат розрахунку даного коефіцієнта є аналогічним до результату розрахунку коефіцієнта Херста. Отже, досліджувані індикатори є передвісниками кризових явищ.

В подальшому планується дослідження фрактальних властивостей мережних структур економічних систем з метою

побудови відповідних індикаторів-передвісників кризових явищ.

### **Список використаної літератури**

1. Сорнетт Д. Как предсказывать крахи финансовых рынков: критические события в комплексных финансовых системах / Д. Сорнетте. – М.: Интернет-трейдинг, 2003. – 400 с.
2. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. / Бокс Дж., Дженкинс Г. – М.: Мир, вып. 1, вып.2, 1974. – 604 с.
3. Borland L. Long-range memory and nonextensivity in financial markets / L. Borland // *Econophysics news*. – 2005. – V. 36. – № 6. – P. 228–231.
4. Paul Krugman. The Return of Depression Economics and the Crisis of 2008 / Paul Krugman. – NY: W. W. Norton & Company, 2008. – 224 p.
5. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: [Монографія] / В.Д. Дербенцев, О.А. Сердюк, В.М. Соловійов, О.Д. Шарапов – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 300 с.
6. Фондова біржа ПФТС [Електронний ресурс]. – Офіційний веб-сайт. – Режим доступу: <http://www.pfts.com>
7. Матеріали інформаційного сайту «YAHOO!Finance» з питань історичних даних показників фондових індексів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://finance.yahoo.com>
8. Матеріали інформаційного сайту OANDA з питань історичних курсів валют [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.oanda.com/lang/ru/currency/historical-rates>

## 1.2. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ СПОТОВОГО РИНКУ В КРИЗОВІ ПЕРІОДИ ЗАСОБАМИ МЕРЕЖНОГО АНАЛІЗУ

**Анотація.** Робота присвячена дослідженню особливостей динаміки спотового ринку в кризові періоди засобами мережного аналізу. Отримані результати дають підстави стверджувати, що на відміну від фондових, товарні ринки практично некорельовані, що значно ускладнює прогнозування небажаних явищ.

**Ключові слова:** складні мережі, міра складності, топологічний аналіз, спектральний аналіз, спотовий ринок, криза

**Вступ.** В умовах сьогодення досить актуальною є проблема створення ефективних методів аналізу та прогнозування динаміки складних систем. В цьому аспекті зросла наукова активність в області дискретної математики, значні можливості якої обумовлені теоретико-множинними, комбінаторними та топологічними характеристиками системи. І якщо у математиці такі структурні властивості вивчає теорія графів, то на міждисциплінарному рівні склався новий сучасний напрямок досліджень — теорія складних мереж (*complex networks*) [1, 2].

При дослідженні фундаментальних закономірностей економічних систем використовуються потужні методи аналізу нестационарних часових рядів. Елементи таких систем мають бінарні зв'язки, які можна представити у вигляді складної мережі з нетривіальними топологічними властивостями. Топологічні характеристики дають можливість оцінити положення вершин у мережі (показники центральності та ієрархічності), та мережу в цілому (показники цілісності та зв'язності). Спектральний аналіз дозволяє отримати характеристики окремих об'єктів та всієї системи, що базуються на алгебраїчних інваріантах мережі — її спектрах. Дослідження динаміки топологічних та спектральних показників дозволяє розв'язувати численні та неоднорідні проблеми, що виникають при вивченні та прогнозуванні

складних систем, і зазвичай не піддаються суто математичному описанню.

**Метою роботи** є дослідження спотового ринку засобами мережного аналізу, отримання та оцінка топологічних та спектральних мір складності мережі [3] в середовищі Matlab [4].

**Виклад основного матеріалу.** В роботі проведений аналіз модальних співвідношень об'єктів складних систем різної природи на основі отриманих топологічних та спектральних характеристик складних мереж, побудованих на базі часових рядів. Перетворення часових рядів у складні мережні відображення було здійснено методом, який враховує взаємну наближеність різних сегментів часової послідовності і використовує техніку рекурентного аналізу *CRP* [5, 6]. Даний метод дозволяє точно відтворити інформацію, що зберігається у часовому ряді, в альтернативній математичній структурі.

Розглянемо граф  $G$  складної мережі довільної природи. Для аналізу цієї мережі були отримані наступні топологічні характеристики:

- ступінь вершини (*degree*) — кількість ребер, інцидентних даній вершині — локальна характеристика, що обчислюється за формулою:

$$d = \frac{2E}{N},$$

де  $E$  — кількість ребер,  $N$  — кількість вершин;

- ступінь щільності (*closeness*) — відстань доступу до інших вершин мережі — локальна характеристика, що обчислюється за формулою:

$$C = \frac{1}{\sum_{i \neq j} c_{ij}},$$

де  $c_{ij}$  — відстань від вершини  $i$  до вершини  $j$ ;

- коефіцієнт кластеризації (*clustering*) — кількість найближчих сусідів, які є також найближчими сусідами один для одного — локальна характеристика, що обчислюється за формулою:

$$C_i = \frac{2e}{k(k-1)},$$

де  $k$  — кількість сусідів,  $e$  — кількість ребер між ними. Коефіцієнт кластеризації є топологічною мірою, яка показує тенденцію мережі до поділу на групи (кластери);

- ексцентриситет вершини (*eccentricity*) — максимальна відстань від даної вершини  $u$  до будь-якої іншої вершини мережі — локальна характеристика, що обчислюється за формулою:

$$e(u) = \max_{v \in V(G)} d(u, v),$$

де  $d(u, v)$  — відстань між вершинами  $u$  і  $v$ ;

- діаметр (*diameter*) — максимум ексцентриситетів.

Окрім топологічних були отримані також деякі спектральні характеристики, які є інваріантами матриць суміжності та Лапласа відповідної мережі  $G$  :

- максимальне власне значення (*max lambda*) матриці суміжності  $A$  мережі  $G$

- алгебраїчна зв'язність (*algebraic connectivity, algConnect*) — найменше ненульове власне значення матриці Лапласа  $K$ , яке є мірою зв'язності мережі  $G$ ;

- енергія графу (*graph energy*) — сума абсолютних власних значень матриці суміжності  $A$  — глобальна характеристика, що обчислюється за формулою:

$$E(G) = \sum_{i=1}^n |\lambda_i|,$$

де  $\lambda_i$  — власні числа матриці суміжності  $A$  мережі  $G$ .

Зауважимо, що існує декілька альтернативних означень матриці суміжності даної мережі. В даному випадку під матрицею суміжності будемо розуміти квадратну матрицю  $A$  порядку  $n$ , у якій  $a_{ij} = k$ , якщо вершини  $v_i$  та  $v_j$  суміжні кратності  $k$  і  $a_{ij} = 0$ , якщо вони несуміжні.

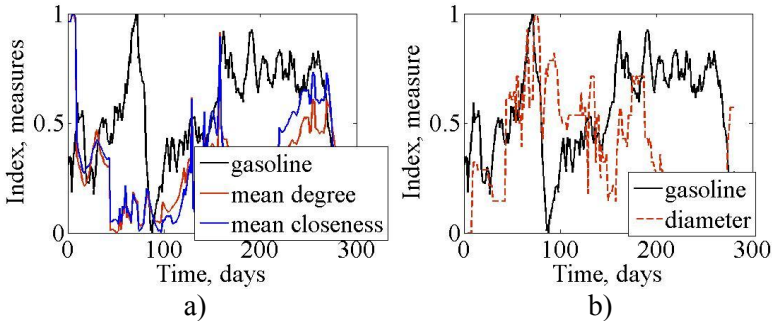
Матриця Лапласа є одним з видів представлення мережі і пов'язана з матрицею суміжності співвідношенням:

$$K = D - A,$$

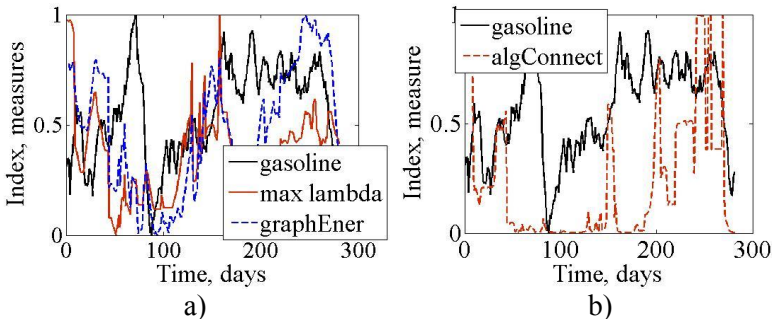
де  $D$  — діагональна матриця порядку  $n$ ,  $d_{ij} = \begin{cases} d_i, i = j, \\ 0, i \neq j. \end{cases}$

**Результати досліджень.** Для аналізу топологічних та спектральних властивостей спотового ринку в якості бази дослідження було обрано щоденні значення спотової ціни на бензин за період 2004-2015 рр. [7] та значення фондового індексу S&P 500 за період 1982-2015 рр. (далі sp82) [8].

Результати досліджень топологічних та спектральних характеристик мереж, відповідних спотовому ринку, зображено на рисунках 1,2.



**Рис.1.** Порівняльна динаміка спотових цін на бензин (*gasoline*) з мірами степені вершини та ступеня щільності (а) і мірою діаметр мережі (б), розрахованих за методом *CRP*



**Рис. 2.** Порівняльна динаміка спотових цін на бензин з максимальним власним значенням та енергією графу (а) і мірою алгебраїчної зв'язності (б), розрахованих за методом *CRP*

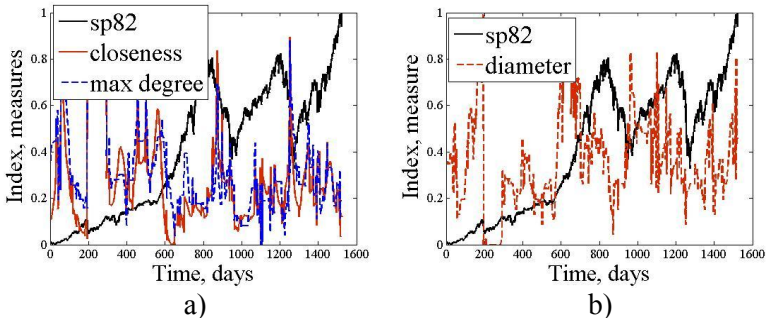
Динаміка ступеня щільності та степеня вершини на рисунках 1а) та 2а) свідчить, що у період кризового стану системи показники реагують зниженням значень.

Рисунки 1б) та 2б) демонструють, що діаметр мережі має асиметричну поведінку відносно степеня вершини та ступеня щільності. Варто зазначити, що динаміка ексцентриситету вершини та коефіцієнта кластеризації є аналогічною до динаміки діаметра мережі, що обумовлено означеннями цих характеристик.

Аналогічно проводились дослідження і для інших сегментів товарного ринку, а саме: метали: нікель, олово, цинк та ін. Динаміка мережних мір складності виявилася такою ж, як і в випадку досліджень бензину.

Отримані результати розрахунків топологічних та спектральних мір спровокували виникнення ряду запитань, оскільки вище зазначені міри, обчислені для мереж часових рядів валютних та фондових індексів, демонстрували кардинально іншу динаміку реакції на кризу в системі [3]. Отже, виникла необхідність проведення порівняльного аналізу мережних мір складності для фондового та спотового ринків.

Результати розрахунку топологічних та спектральних мір для фондового ринку представлено на рисунках 3,4.

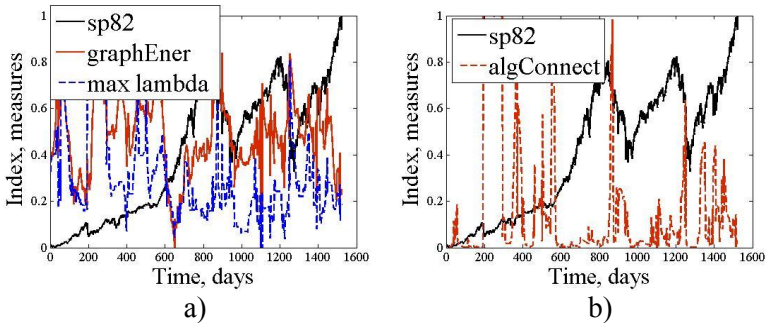


**Рис. 3. Порівняльна динаміка фондового індексу S&P 500 з мірами степеня вершини та ступеня щільності (а) і діаметром мережі (б), розрахованих за методом CRP**

Результати отримані для топологічних характеристик мереж свідчать про те, що для фондового індексу S&P 500 міри ступеня щільності та степеня вершини перед кризою зростають



(рис. 3a), а динаміка діаметра мережі (рис. 3b) є асиметричною до вище зазначених мір. На спотовому ринку (рис. 1a) спостерігається зовсім інша ситуація: міри ступеня щільності та ступеня вершини у кризовий період реагують зниженням значень. Щодо діаметра мережі (рис. 1b), то цей показник перед кризою не спадає, як продемонстровано на рисунку 3b, а навпаки зростає.



**Рис. 4.** Порівняльна динаміка фондового індексу S&P 500 з максимальним власним значенням та енергією графу (a) і мірою алгебраїчної зв'язності (b), розрахованих за методом *CRP*

Що стосується спектральних мір складності, то в передкризові періоди на фондовому ринку (рис. 4) алгебраїчна зв'язність, енергія графу та максимальне власне значення реагують значним сплеском значень, чого не відбувається на спотовому ринку (рис.2).

**Висновки.** Отже, результати досліджень мережних мір складності свідчать про те, що раніше виявлені закономірності динаміки спектральних та топологічних мір на фондових та валютних ринках не традиційно проявляються на спотових ринках. Що, в свою чергу, свідчить про відсутність або слабкість кореляційних процесів в кризові періоди на товарних ринках.

Таким чином, кореляційні співвідношення можуть бути корисними при прогнозуванні поведінки системи в кризові періоди, проте вони не є ринковими законами. Покладаючись на кореляційні процеси, необхідно розуміти, що вони можуть змінюватися чи зовсім зникати в періоди високої волатильності.

В перспективі передбачається подальше дослідження процесів кореляції та синхронізації на спотовому ринку, а також виявлення стійких закономірностей з урахуванням значень мережних мір складності, які дозволять передбачити кризові явища.

### **Список використаної літератури:**

1. Barrat A. Dynamical processes on complex networks Barrat A., Barthelemy M., Vespignani A. // Cambridge University Press, 2008. – 347 p.
2. Newman M. The Structure and Dynamics of Networks / Newman M., Watts D., Barabasi A.-L. // Princeton University Press, 2006. – 456 p.
3. Соловійов В.М. Дослідження топологічних та спектральних властивостей фондових індексів засобами аналізу складних мереж / Соловійов В.М., Соловійова К.В. -Конференція СПМСЕС-VI. – Харків, 2014. – [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<http://mpsesm.org/index.php/mpsesm/mpsesm6/paper/view/35>
4. Matlab Tools for Network Analysis // [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://strategic.mit.edu/downloads.php?page=matlab\\_networks](http://strategic.mit.edu/downloads.php?page=matlab_networks)
5. Соловійов В.М. Рекурентні міри як метод кількісної оцінки складності / В.М.Соловійов, А.В.Батир // Вісник КНУТД, 2012, №5, с.254-257.
6. Donner R. V. Recurrence-based time series analysis by means of complex network methods [Electronic resource] / R. V. Donner, M. Small, J. F. Donges, N. Marwan et. al. – Available from: [arXiv:1010.6032v1](https://arxiv.org/abs/1010.6032v1) [nlin.CD] 25 Oct 2010
7. Джерело статистики цін спотового ринку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.finam.ru>.
8. Джерело статистики індексів світового фондового ринку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://finance.yahoo.com>.

### **1.3. КОГНІТИВНІ АСПЕКТИ ЗРОСТАННЯ ЗНАННСВОЇ СКЛАДОВОЇ У ВИРОБНИЧІЙ ФУНКЦІЇ**

В нових умовах формування економічного розвитку світу необхідно акцентувати увагу на пошук, створення та реалізацію новітніх моделей розвитку, заснованих на знаннях. В цьому контексті поступово зростає роль знаннєвого аналізу, який покладено в основу економіко-математичного моделювання.

Модель – це умовний об’єкт дослідження, тобто матеріальне чи образне відображення реального об’єкта, процесу його функціонування в конкретному середовищі. Головна особливість моделей – це те, що вихідні результати до певної міри спрощено відображають сутність глибинних процесів економічного розвитку внаслідок застосування специфічних принципів, притаманних характеру моделювання.

Інноваційна діяльність та інтелектуальна праця стали взаємопов’язаними категоріями, які заклали основи для змін у міжгалузевому технологічному обміні, зміцненню зв’язків компаній з університетами та науково-дослідними інститутами, розвитку міжнародної науково-технічної кооперації, інвестування в нові прогресивні розробки, створення інноваційної інфраструктури, широкого застосування інформаційних технологій та інше.

Теоретичним, методологічним та науково-практичним питання розвитку економіки заснованої на знаннях велику увагу приділяли головним чином зарубіжні науковці, серед яких особливе місце займають: Беккер Г., Белл Д., Ваганян О., Гелбрейт Дж., Денісон Е., Друкер П., Едвінсон Л., Інглегарт Р., Кіма М., Махлуп Ф., Мелсуна М., Мільнер Б., Портер М., Сакайя Т., Стюарт Т., Гоффлер Е., Уебстер Ф., Фукуямі Ф та інші.

Але з часом, і російські вчені (В. Іноземцев, В. Данілов, ін.), і вітчизняні науковці (Антипін О., Бажал Ю., Бондер І., Бутнік-Сіверський О., Вітлінський В.В., Гальчинський А., Гапоненко О., Геєць В., Глухов В., Григорян Г., Дайнеко В., Задорожний Г., Клімов С., Козирев А., Макаров В., Мусіна Л., Осецький В., Порохня В.М., Прусак Л., Саминоженко В.,

Сокирник І., Стьопіна В., Федулова Л., Черняк О.І., Чухно А. тощо) звернули увагу на ефективність економічних моделей (категорій) знаннєвої економіки.

Пошук нової наукової парадигми устрою світу, що потребує глобалізації знань і наукових досягнень, і став передумовою виникнення наступної фази розвитку людства, пов'язаної з появою інформаційно-комунікаційних технологій, що дозволяють удосконалювати процеси генерації знань і використати їх в якості основного ресурсу економічного розвитку.

Виходячи з принципів розвитку економічної теорії, підходи до моделювання умовно можна поділити на історичний, математичний та економічний.

Розглянемо головний аспект математичного моделювання, в контексті його історичного розвитку, яке базується на теорії Всесвіту (інформаціологічна економіка).

І.Й. Юзвішин; А.А. Тихомиров; Жерар Дебре; Л.В. Конторович; Б.П. Івченко; Л.Г. Мельник; Н.В. Чепурних; А.Л. Новосолов та група вчених дослідного інституту США «Worldwatch» («Всесвітня Вахта»): директор Ластер Р. Браун, професор Г. Ердман (Німеччина), В.І. Данілов-Данільян (Російська Федерація) займалися економічними моделями у сфері інформаціологія-генералізація.

В основі економіки знань полягають нові знання, що мають інформаційну основу і втілюються в інноваціях, і які у високорозвинених економіках через новітні технології та відповідну продукцію забезпечують в кінцевому рахунку домінуючу вагу приросту ВВП. Відповідно до цього, власне і інновативно-інноваційний шлях розвитку за своїм змістом має бути модернізаційним проектом як економіки, так і суспільства в цілому (на нашу думку, інновативно-інноваційний шлях розвитку, на відміну від просто інноваційного, пов'язується, насамперед, з фундаментальними надбаннями, створеними у науково-технічному середовищі даної країни).

Тільки такого роду модернізаційний проект може забезпечити для України, яка нещодавно визнана країною з ринковою економікою, вихід на новий рівень конкурентоспроможності, оскільки в результаті в економіці

створюватимуться умови для динамічного зростання, а суспільство буде таким, що функціонує за цивілізаційними нормами та правилами, тобто сучасним, оскільки в ньому існуватимуть, діятимуть і розвиватимуться прагнення до досягнення, перш за все, вищої якості в усіх відношеннях, що дозволить досягти випереджаючого розвитку як у цілому, так і окремо в тій чи іншій сферах [1; с.8].

Наука — основний генератор необхідної сучасному суспільству інформації, оскільки вона від початку займається пізнанням природи, суспільства, людини і робить результати цього пізнання доступними для суспільства, створюючи інтелектуальний продукт, який суспільство в подальшому активно використовує, змінюючи світ навколо себе.

Відомо, що економічна наука — це наука про господарство, управління ним; відносини людей із навколишнім світом у процесі виробництва, розподілу, обміну і споживання матеріальних і нематеріальних благ.

На думку деяких науковців, на сучасному етапі економічна наука зайшла у глухий кут, адже вона не може дати відповідь на проблеми сьогодення, не кажучи вже про майбутнє. Тому економіці потрібна допомога, й це під силу лише інформації [2; с. 475].

Інформація є фундаментальною основою і загальною властивістю Всесвіту. Вона існує незалежно від нас і виявляється в «єдиному процесі мікро- та макромірних відносин і взаємодії енергії, руху та маси в просторі й часі. Інформація — це всі існуючі джерела першопричин, явищ і процесів у мікро- та макроструктурах Всесвіту» [3; с. 73].

«Інформаціональна економіка» за своєю формою і змістом не відповідає вимогам не тільки завтрашнього дня, але й нинішнього. Вона не здатна вирішити проблему співіснування людства і збереження біосфери [2; с. 475-476]. Вперше у світі І.Й. Юзвішин ввів до наукової літератури термін «інформаціологія».

Теоретичною основою побудови інформаціогенної моделі економіки є теорія самоінформаціогенезису Всесвіту.

Самоінформаціогенезис — субелементарний процес самозародження (самовиявлення) інформаціогенів,

інформаціалів, інформаціонів, віртуальних та елементарних часток у вакуумно- чи матеріосферах Всесвіту [4], де система рівнянь є визначенням самоінформаціогенезису:

$$\alpha^- \psi_0 = 0; \quad \alpha^+ \Psi_{N \rightarrow 0} \neq 0 \quad (1)$$

$\alpha^-$  та  $\alpha^+$  – оператори знищення і народження субелементарних часток;

$N$  – кількість субелементарних часток;

$\Psi_N$  – функція (вектор) стану інформаційного вакууму.

Усі елементи інформаціогенної моделі економіки взаємопов'язані інформаційно-функціональною, інформаційно-вакуумною, інформаційно-енергетичною і матеріально-кодуючою структурою [2; с. 484].

Інформаціологія дозволяє нам не тільки на новій основі зрозуміти економічні процеси і тенденції, але й змінити наше уявлення та розуміння оточуючого нас світу і пов'язати їх в єдині процеси, прийти до розуміння єдності понять інформації, енергії, руху, маси, простору і часу на основі логіко-символьного запису закону інформації [3, с. 104]:

$$\forall \left\{ \bigcup_{i,j}^{\infty} D_i^j \bigcup_{i,j}^{\infty} M_i^j \bigcup_{i,j}^{\infty} P_i^j \bigcup_{i,j}^{\infty} t_i^j \right\} \exists \bigcup_{i,j}^{\infty} I_i^j, \quad (2)$$

$I$  — універсальна безліч (інформація);

$(j - j)$ -й процес  $i$ -го інформаційного поля, а також на основі відомого співвідношення  $E = mc^2$ .

Щодо математичного моделювання, яке спиралося на інформаціологічну економіку, але брало за основу теорію всесвіту – то моделювання в цьому напрямі було наближене до існуючого та поступово поширюваної тенденції передачі інформації.

Коли з інформації творяться знання, то відбувається перехід на більш високий рівень розуміння явища, процесу чи предмета. Знання є первинною, базисною ланкою системи

«знання – наука – технологія – виробництво». Якщо абстрагуватись від проміжних ланок зазначеної системи, а розглядати лише її крайні елементи: знання та виробництво, то можна прийти до простого, але надзвичайно важливого в сучасних умовах висновку. Рівень знань зумовлює рівень розвитку виробництва і економічної системи. Приріст виробництва, зумовлений приростом знання можна записати так:

$$\Delta B = k\Delta E, \text{ де} \quad (3)$$

$\Delta E$  – зміна знань;

$k$ – коефіцієнт пропорційності, що враховує складний зв'язок «знання-виробництво» [5].

Пошук нової наукової парадигми устрою світу, що потребує глобалізації знань і наукових досягнень, і став передумовою виникнення наступної фази розвитку людства, пов'язаної з появою інформаційно-комунікаційних технологій, що дозволяють удосконалювати процеси генерації знань і використати їх в якості основного ресурсу економічного розвитку.

У економічній теорії піонером «індустрії знань» називають професора Принстонського університету Ф. Махлупа, що створив праці «Виробництво і поширення знань в США» і «Економіка інформації і людського капіталу». Ще в 1970-і рр. Ф.Махлуп висунув ідею про те, що найголовнішою галуззю сучасної економіки є освіта, різносторонність якої проявляється в його зв'язку з виробництвом, наукою, ринком праці, інформацією, її зберіганням і поширенням.

В наш час, економіка знань – це основа суспільних знань, головна мета якої полягає у підвищенні якості людського капіталу, його рівня життя, впровадженні ним високих технологій, інновацій та високоякісних послуг.

Економіка знань – це економіка, в якій джерелом зростання є як спеціалізовані науки, так і повсякденні знання, в результаті використання яких, поряд з природними ресурсами, капіталом і працею, домінуючим фактором стають процеси

накопичення і використання знань, внаслідок чого постійно зростає конкурентоспроможність економіки в цілому.

Головними «стовпами» становлення та розвитку економіки знань є:

- технологічні інновації;
- наука та освіта;
- культурні, громадянські, інформаційні та технологічні комунікації [6].

Але, цей напрям, нажаль, не мав знов ж таки, економічного підґрунтя і більш використовував космічні та філософські категорії та поняття.

Економічно-математичне моделювання складало головну роль у становленні знаннєвої економіки, але на сьогодні, існує лише теоретична модель економіки знань, яка була розроблена Р. Солоу і її використання не дає реалістичної карти процесів, які відбуваються і які треба корегувати.

Тому, перед науковцями, на сьогодні, постала нагальна проблема – розробка реальної, практичної економічної моделі щодо відтворення сучасних економічних процесів, головною особливістю якої повинна бути можливість легко трансформуватись в залежності від світогосподарських процесів.

На початкових стадіях досліджень виробнича функція розглядалась як лінійна, то вже на початку ХХ століття В.Леонт'єв представив її як деякий баланс між витратами і випуском, але американські вчені Ч.Коббом та Р.Дугласом запропонували наступну гіпотезу побудови виробничої функції виду:

$$Y_t = f(K_t, L_t) = AK_t^\alpha L_t^\beta, \text{ де} \quad (4)$$

$Y$  – обсяг виробництва;

$A$  – коефіцієнт пропорційності;

$\alpha$  та  $\beta$  – коефіцієнти еластичності виробництва за витратами капіталу і трудових ресурсів, при цьому  $\alpha + \beta = 1$  [5].

У 1942 р. голландський економіст лауреат Нобелівської премії Ян Тінберген зробив спробу врахувати вплив науково-



технічного прогресу на економічне зростання. У його інтерпретації виробнича функція набрала наступного вигляду:

$$Y_t = A \cdot K_t^\alpha \cdot L_t^{1-\alpha} \cdot e^{rt}, \text{ де} \quad (5)$$

$e^{rt}$  – кінетична компонента (чинник часу) або «залишок Абрамовітца» [5]/

У 50-і роки ХХ століття отримала розвиток неокласична теорія Р.Солоу, яка ґрунтується на вивченні структурних зрушень між працею і капіталом у складі виробничих ресурсів. Згідно з моделлю Солоу, виробнича функція має вигляд [5]:

$$Y = F(AK, L) \quad (6)$$

Загальновизнаною є модель технічного прогресу англійського економіста, лауреата Нобелівської премії 1972 року Джона Хікса. У своєму аналізі він розглядав два чинники економічного зростання – праця і капітал, відповідно виробнича функція має вигляд:

$$Y = AF(K, L), \text{ де} \quad (7)$$

$A$  – технологічний параметр, що показує темпи приросту віддачі від чинників виробництва, виміряні в ефективних одиницях [5].

Особливий інтерес представляє модель Узави, в якій вводиться функція ефекту праці:

$$Y(t) = F(K(t)A(t)L_k(t)), \text{ де} \quad (8)$$

$A(t)$  – ефект праці;

$L_k(t)$  – кількість праці [5].

Таким чином, інформація як категорія, проявлені у формі науково-технічного прогресу стають невід’ємною часткою виробничої функції, тобто являють собою економічну категорію.

Провідні країни світу активно борються за якнайшвидше створення суспільства, заснованого на знаннях. Адже завдяки

пріоритетному виробництву і використанню новітніх знань і вмінь, вони зможуть забезпечити найвищу якість та безпеку життя своїх громадян, а на стратегічну перспективу — значно посилити свій вплив на світові процеси.

Можна прогнозувати, що ті країни, які не оволодіють цими знаннями та вміннями, стануть ще більше залежними від країн, де створено К-суспільство, і розраховуватимуться з останніми за блага цивілізації дешевою робочою силою, природними ресурсами, екологічними квотами та іншими складниками своєї національної безпеки. Знання — найважливіший фактор цивілізаційного розвитку.

Важливою складовою економіки знань є національна інноваційна система, яка являє собою сукупність інститутів, що забезпечують розвиток інноваційних процесів у межах країни. Метою розвитку такої системи є вдосконалення способу організації всієї економіки держави, де головним джерелом економічного зростання є нові знання та їхнє технологічне застосування.

Одним із головних недоліків формування національної інноваційної системи є відсутність стратегії переходу України до інноваційної моделі розвитку, неналежне використання методів наукового планування на кожному рівнях управління, недостатній рівень інноваційної культури працівників органів державної влади.

Все це є надзвичайно важливим з позиції нового міжнародного розподілу праці в умовах економіки знань, згідно з яким всі країни світу поділяються на такі, що виробляють знання, і такі, що виробляють продукцію (на засадах трансферу знань у різних формах).

Враховуючи цей розподіл та залишки інтелектуального потенціалу як у науково-технічній, так і в освітянській сферах, Україна ще спроможна посісти належне місце серед перших країн, які спеціалізують на світовій арені у сфері освітянських послугах і трансфері технологій, оскільки, за даними Світового банку, сьогодні більше заробляють ті країни, що генерують знання і вміло трансформують їх в економіку.

### **Список використаної літератури:**

1. Геєць В.М. Інноваційні перспективи України / Геєць В.М., Семиноженко В.П. – Харків: Константа, 2006. – 272 с.
2. Стратегічні виклики XXI століття суспільству та економіці України: В 3 т./За ред. акад. НАН України В.М. Гейця, акад. НАН України В.П. Семиноженка, чл.-кор. НАН України Б.Є. Квасюка. – К.: Фенікс, 2007.–543 с.
3. Юзвишин И.И. Основы информатиологии: [учебник]. 2-е изд./ Юзвишин И.И.-М.: Информатиология; Высшая школа, 2000.-515 с.
4. Информатиологический словарь/[авт.-сост. Юзвишин И.И.]. – М.: Информатиология, 1998
5. Корольков В.В. Особенности учета фактора технического прогресса в производственной функции // Економіка і прогнозування, науковий журнал – Київ: Інститут економіки та прогнозування НАН України, 2009, №2 (с.97-110).
6. Walter W. Powell and Kaisa Snellman “The Knowledge Economy” [Електронний ресурс] / Annu. Rev. Social., 2004. – Режим доступу [www.arjournals.annualreviews.org](http://www.arjournals.annualreviews.org)

## **1.4. ОПИСАНИЕ ЛОГИКИ РАБОТЫ БИОЛОГИЧЕСКИ ПРАВДОПОДОБНОГО ИСКУССТВЕННОГО НЕЙРОНА**

Нейросетевые технологии все сильнее интегрируются в нашу жизнь. Данный инструментарий неоднократно доказал свою гибкость и надежность. Благодаря наращиванию мощностей ЭВМ и последним достижениям в нейробиологии наблюдается очередной всплеск интереса к искусственным нейронным сетям. Европейский Союз и США спонсируют крупнейшие проекты в данной сфере за всю историю нейросетевых технологий, создаются принципиально новые ЭВМ, которые основаны на нейронных технологиях и т.д.

Благодаря объединению нейробиологических и технических достижений в статье [1] предложена схема декомпозиции нейронной структуры, которая позволяет создать основу для построения нейросетевой архитектуры, максимально приближенной к биологическому аналогу. Предложенная схема учитывает возможность уточнения и усложнения модели, а также работоспособность модели при любом уровне масштаба (от одного изолированного нейрона до целостных нейросетевых структур). Однако предложенная схема не описывает внутреннюю логику работы нейрона и простейшей нейронной связи.

Данной проблемой занимался ряд отечественных и зарубежных исследователей. В частности, в 1943 году МакКаллок и Питтс предложили математическую модель нейрона [2]. Физиолог и нейропсихолог Д. Хебб в своей книге «Организация поведения: нейропсихологическая теория» в 1949 г. предположил, что нейронные структуры в мозге в процессе синаптической настройки формируют клеточные ансамбли; также Хебб предложил первый реально работающий механизм обучения («Правило Хебба») [3]. В 1965 г. Н. Винер публикует статью «О перспективах нейрокибернетики», в которой среди прочего рассмотрена структурная и функциональная организация нервной системы [4]. В работах Ф. Раека и В. Маасса в 1997 г. показаны модели спайковых нейронных сетей, т.е. таких, которые эмулируют передачу импульса аксоном биологического нейрона [5]. В 2004 г.

Е. Ижикевич описывает несколько разных моделей спайковых нейронных сетей и возможности их потенциального применения [6]. На основе модели Ижикевича стартуют грандиозные проекты: в 2005 г. Манчестерский проект SpiNNaker [7], в 2008 г. – SyNAPSE [8; 9]; в 2009 г. – симулятор спайковых нейронных сетей CARLsim, который учитывает краткосрочную и долгосрочную синаптическую пластичность, и даже 4 разных типа ионных каналов (AMPA, NMDA и 2 GABA) [10; 11]. Каждая модель строится на основе определенной конструкции нейронов и определенного метода их соединения и взаимодействия.

Как бы то ни было, проведенный анализ существующих разработок в области нейросетевых технологий и искусственного интеллекта не позволил найти ни одной концепции, которая бы объединяла в себе все передовые исследования по нейробиологии, известные на данный момент. В частности, ни одна из разработанных моделей не объясняет существование различных видов нейромедиаторов, не учитывает описанные Э. Канделем модели с модулирующим синапсом, а также модели имплицитной и эксплицитной памяти [12] и т.д. Таким образом, возникает необходимость формирования концепции искусственного нейрона, которая функционально будет максимально соответствовать биологическому прототипу. Помимо прочего, искусственные нейронные сети, которые будут достаточно биологически правдоподобными, вполне возможно станут основой для построения искусственного интеллекта по принципу «снизу-вверх» [13].

Разработка такой концепции на основе биологического нейрона в первую очередь предполагает формирование четких правил и алгоритма работы системы, что в дальнейшем может быть использовано для создания внутренней логики модели искусственного нейрона. Это позволяет сформулировать цель данной статьи, которая заключается в разработке и формализации логики функционирования биологического нейрона как функциональной единицы биологической нейронной сети.

Объектом исследования является биологический нейрон, как функциональная единица биологической нейронной сети.

Предметом исследования является совокупность конструктивных и функциональных элементов биологического нейрона, обеспечивающих возможность его функционирования в качестве элемента нейронной сети.

Биологический нейрон, в контексте его информационного применения, состоит из множества систем, которые в определенной степени изучены нейробиологами. Одних исследователей интересовал механизм памяти [12], других – взаимодействие между нейронами, синапсы [14], третьих – импульсная активность (спайки) [6] и т.д. Для достижения цели статьи необходимо максимально точно учесть все наработки в этих областях и объединить в теоретически функциональную систему.

Если не рассматривать на данном этапе сенсорные и моторные нейроны, а проектировать только вставочные (нейрон, связанный только с другими нейронами), то необходимо понимать, что нейрон начинается и заканчивается одним и тем же элементом – синапсом. Каждый синапс характеризуется определенным типом нейромедиаторов на пресинаптическом окончании нейрона и определенным типом рецепторов в постсинаптической мембране. И эти два компонента обязательно способны определенным образом взаимодействовать друг с другом. Их взаимодействие проявляется, во-первых, в изменении потенциала мембраны постсинаптического нейрона по определенному закону, во-вторых, в активации определенных ферментов и белков в постсинаптическом нейроне, и, в-третьих, в конструктивных изменениях нейронов с обеих сторон [12]. Это дает нам возможность определить компонент «синапс» не только как соединение между нейронами, но и как связку нейромедиатор-рецептор[1]. Здесь важно учесть, что на данный момент известно более 350 типов рецепторов, из которых лишь около 150 удалось связать с 75 известными типами нейромедиаторов [15]. При этом каждый год наука открывает всё новые типы рецепторов и нейромедиаторов.

Воспроизведение функциональности длинного отростка нейрона – аксона – заключается в моделировании временной задержки между возникновением потенциала действия в

нейроне и высвобождением нейромедиатора в синапсах на окончании терминалей данного аксона. Скорость распространения импульса в миелинизированном аксоне (покрытом специальной оболочкой, увеличивающей проводимость) равна примерно 120 м/с. Если волокно не миелинизировано, скорость значительно более низкая. При этом длина аксона в человеческом теле может достигать 120 см. Учет данного временного фактора при конструировании искусственной нейронной сети важен для достижения биологической правдоподобности.

В классическом виде при построении искусственных нейронных сетей считается, что каждый возникший потенциал действия в нейроне вызывает импульс, проходящий по аксону, который продуцирует выброс порции нейромедиатора [16]. Но, как показывают исследования нейробиологов [17; 18;19], разные типы нейронов по-разному реагируют на потенциал действия, что проявляется в разном количестве импульсов и разных их временных параметрах. Объединяющей моделью является модель Е. Ижикевича, которая способна воспроизводить поведение 20 типов нейронов [6]. Успешное применение данной модели в последних европейских и американских проектах [7;8;9;10] позволяет взять ее за основу при создании биологически-правдоподобного искусственного нейрона.

При формализации логики функционирования биологического нейрона следует особое внимание уделить телу клетки. В отличие от традиционных концепций, где сома рассматривалась исключительно как сумматор, по крайней мере следует учесть наработки по механизмам клеточной памяти на основе моделей Канделя [12]. Именно Э. Кандель впервые описал внутренний алгоритм модификации элементов нейрона в соответствии с воздействием на нейрон, т.е. представил механизм обучения с учителем. Хотя в дальнейшем этот алгоритм и был доработан, он может быть использован в качестве основы.

Это приводит нас к необходимости управления внутренней структурой синапсов с помощью обратных связей из сомы. Механизмы дофаминового и серотонинового подкрепления (которые вызывают среднесрочные и долгосрочные изменения памяти) не могут быть реализованы исключительно в элементе

синапса связкой нейромедиатор-рецептор, а требуют следования комплексному алгоритму, где каждый следующий шаг имеет определенную задержку во времени и приводит к определенным функциональным и, что очень важно, конструктивным изменениям (например, отращивание новых синапсов в нейронах, синтезирующих белок CREB, что является реализацией механизма долгосрочной памяти) [12].

Потенциал действия, возникающий в нейроне при преодолении накопленным потенциалом мембраны определенного порогового значения, обозначает лишь факт передачи импульса далее по аксону. Т.е., это фактически бинарная модель. Однако, опираясь на модель Ижикевича, нужно также учитывать, что в ответ на разовое преодоление порогового значения разные нейроны отвечают разным количеством импульсов (спайков), с разными частотными и фазовыми параметрами.

Одним из наиболее комплексных компонентов в системе нейрона – память биологического синапса – имеет дискретную природу. Ведь, с одной стороны, есть некоторое количество молекул нейромедиатора, которые готовы к высвобождению в синапс (за один акт передачи высвобождаются десятки тысяч молекул), с другой стороны, есть определенное количество рецепторов, способных с данными нейромедиаторами взаимодействовать.

В соответствии с моделью Канделя краткосрочную память в моделируемом синапсе (или же входящем синапсе нейрона) можно представить в виде добавления AMPA рецептора в результате воздействия нейромедиатора на NMDA рецепторы, которые становятся активными только после достаточно сильного воздействия на уже присутствующие AMPA рецепторы.

Стоит обратить внимание, что описанная Канделем система предполагает, но не описывает механизм исчезновения дополнительных AMPA рецепторов. Этот вопрос еще предстоит решить.

Рассматривая тип нейронов, которые изучал Кандель, т.е. которые содержат AMPA, NMDA и GABA рецепторы, и взаимодействуют с такими нейромедиаторами, как серотонин,



дофамин и глутаминовая кислота, можно определить несколько правил модификации памяти в нейроне. Во-первых: поступление глутаминовой кислоты (Glu) на рецепторы AMPA-г приводит к открытию AMPA-зависимых ионных каналов и ионных натриевых ( $\text{Na}^+$ ) насосов, что вызывает изменение мембранного потенциала согласно закону, который можно определить эмпирическими опытами на биологических нейронах. В свою очередь поступление глутаминовой кислоты (Glu) на рецепторы NMDA-г приводит к потенцированию рецептора, но его  $\text{Ca}^{2+}$  канал остается перекрытым ионом магния ( $\text{Mg}^+$ ). Если воздействие Glu на AMPA-г достаточно продолжительное и постоянное, то ион  $\text{Mg}^+$  удаляется и в тело нейрона поступает  $\text{Ca}^{2+}$ , воздействующий на кальмодулин-зависимую протеинкиназу II (CaMKII), которая в свою очередь запускает цепочку реакций, заканчивающуюся добавлением или активацией дополнительных AMPA рецепторов в мембране нейрона [12]. Таким образом, степень деполяризации мембраны нейрона при воздействии Glu повышается на дискретную величину (чувствительность входа нейрона повышается, что в упрощенном виде соответствует правилу Хебба). Учет цепочки событий необходим также по причине наличия определенной временной задержки (временного лага) между первым воздействием на рецепторы и закреплением изменений в их количестве или функциональности.

Тут нужно сделать небольшое отступление и выделить тот факт, что деполяризация мембраны благодаря AMPA-рецепторам связана с поступлением ионов  $\text{Na}^+$  в мембрану и происходит относительно быстро – задержка около 8 мс (быстрая деполяризация). Но воздействие ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , поступающих благодаря NMDA-рецепторам, проявляется не только путем влияния на активность и количество AMPA-рецепторов, но также и медленной деполяризацией мембраны – задержка около 50 мс – что наглядно показано в работе М. Сакаи [20].

Как известно, для образования синаптической связи необходимо два нейрона – передающий (первый) и принимающий (второй). Второе правило по Канделю заключается в воздействии третьего – модулирующего –

нейрона на предыдущую систему. Т.е. включаем в данную систему второй синапс или с первым нейроном (используется нейромедиатор серотонин S), или со вторым нейроном (дофамин D) [12]. Поступление модулирующего нейромедиатора S/D на рецептор оказывает воздействие на циклический аденозинмонофосфат (сАМФ), который воздействует на протеинкиназу А (РКА), благодаря чему добавляются  $Ca^{2+}$  каналы в области кончиков терминалей (пресинаптическая часть синапсов)<sup>1</sup>. Увеличение концентрации  $Ca^{2+}$  приводит к увеличению количества одновременно выбрасываемых нейромедиаторов во время спайка. Т.е. повышается сила выхода нейрона. Здесь снова необходим учет временного лага в цепочке событий.

Второе правило имеет важное последствие: общее количество запасенных молекул нейромедиатора в синаптических везикулах нейрона ( $q$ ) равно количеству, которое осталось после последнего спайка ( $q_{t-1}$ ), плюс количество, которое было синтезировано в теле нейрона и доставлено в синапсы к данному моменту ( $q_{produced}$ ) (процесс, зависимый от времени):

$$q = q_{t-1} + q_{produced}. \quad (1)$$

При этом количество нейромедиатора, выбрасываемое при спайке (*output*), можно определить как общий запас нейромедиатора в синапсе ( $q$ ), умноженный на коэффициент выброса нейромедиатора ( $p$ ):

$$output = q * p. \quad (2)$$

Второе правило фактически заключается в том, что при увеличении коэффициента выброса нейромедиатора ( $p \uparrow$ ) происходит общее увеличение выброса (*output*  $\uparrow$ ). Но при этом, если  $q_{produced} < output$ , т.е. если пополнение запасов нейромедиаторов происходит медленнее, чем они расходуются, то снижается количество нейромедиатора, который может быть использован, что в определенный момент приведет к снижению выброса ( $q \downarrow \rightarrow output \downarrow$ ).

---

<sup>1</sup> Тут стоит упомянуть, что выброс нейромедиатора из пресинаптической мембраны осуществляется благодаря закачке ионными насосами ионов  $Ca^{2+}$ , которые воздействуют на везикулы с нейромедиаторами.

Таким образом, согласно второму правилу модификации памяти нейрона при воздействии модулирующего нейромедиатора происходит временное (и с временной задержкой) усиление выхода нейрона, что в дальнейшем может привести к ослаблению выхода (при достаточно длительном повышении  $r$  и достаточной интенсивности спайков).

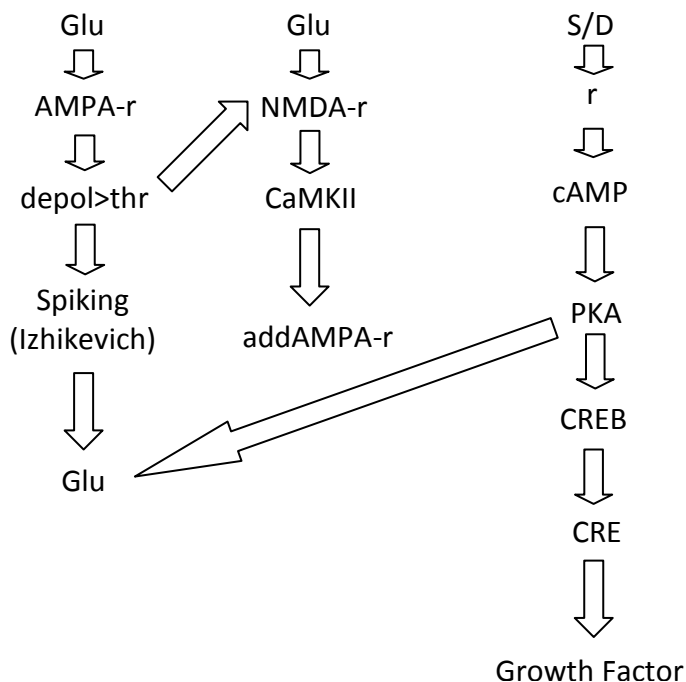
Третье правило является последствием продолжения той же цепочки наблюдений Канделя, которая определила второе правило. Поступление модулирующего нейромедиатора S/D на рецептор оказывает воздействие на cAMP, который воздействует на PKA, после чего запускается куда более долгий и комплексный процесс, чем в прошлом случае. Протеинкиназа A (PKA) движется к ядру нейрона, где запускает следующую цепочку реакций: PKA воздействует на cAMP-зависимый связывающий протеин (транскрипционный фактор) CREB<sup>2</sup>, который далее задействует cAMP-зависимый элемент CRE<sup>3</sup>. Фактически далее происходит процесс, вовлекающий экспрессию генов и приводящий к анатомическим изменениям нейрона – нейрон постепенно отрачивает дополнительные синаптические соединения как на входах, так и на выходах, что в западных источниках обозначается как Growth Factor (GF или фактор роста). Т.е. входы и выходы нейрона усиливаются в значительной степени, хотя и в результате относительно затяжного процесса.

Формулирование этих трех правил является тем фундаментом, который может быть положен в основу системы памяти искусственного нейрона. Собранные данные по работе разных систем нейрона позволяют составить логическую последовательность работы биологического нейрона, схематически представленную на рис. 1.

---

<sup>2</sup> CREB - cAMP response element-binding protein

<sup>3</sup> CRE - cAMP response element. Является частью цепочки ДНК.



**Рис. 1. Алгоритм работы биологического нейрона**

В соответствии со схемой на рис. 1:

1. Молекулы нейромедиатора глутаминовой кислоты (Glu) попадают в рецепторы AMPA и NMDA типов,
2. что приводит к деполяризации мембраны и при преодолении порогового значения происходит,
3. во-первых, процесс спайкинга<sup>4</sup>,
4. во-вторых, активация NMDA рецептора,
5. который воздействует на CaMKII,
6. что приводит к добавлению дополнительных AMPA рецепторов.
7. Параллельно этому происходит поступление серотонина или дофамина (S/D) в модулирующем синапсе на рецептор (обозначен как r),

<sup>4</sup> Под процессом спайкинга подразумевается возникновение потенциала действия в соответствии с моделью Ижикевича

8. что запускает цепочку событий, которая приводит, во-первых, к изменению количества выбрасываемого нейромедиатора Glu в результате спайкинга и,

9. во-вторых, активация фактора роста (Growth Factor).

Биологический алгоритм содержит много элементов, которыми можно в дальнейшем пренебречь, или заменить на временную задержку (delay). С другой стороны, описанный выше биологический алгоритм не учитывает математические компоненты. На его основе составим алгоритм работы искусственного нейрона, где в математических выражениях будут представлены определенные эмпирически функциональные зависимости в процессах, происходящих в биологическом нейроне (рис. 2). События внутри одного синапса отмечены черными стрелками, а в масштабах всего нейрона – белыми.

Определим переменные, представленные в функциональных зависимостях на рис. 2, и их тип (табл. 1).

*Таблица 1*

Переменные, необходимые для описания работы искусственного нейрона

Название	Тип данных	Описание
Glu	целый	количество молекул нейромедиатора, выброшенных предыдущим нейроном в синаптическую щель
output <sub>Glu</sub>	целый	количество молекул нейромедиатора, выбрасываемых данным нейроном в синаптическую щель
AMPA <sub>in</sub>	целый	количество свободных <sup>5</sup> AMPA рецепторов в постсинаптической мембране данного нейрона

---

<sup>5</sup> Общее количество рецепторов является больше теоретической величиной, чем практической. Более важным параметром тут есть количество свободных – готовых к использованию – AMPA рецепторов.

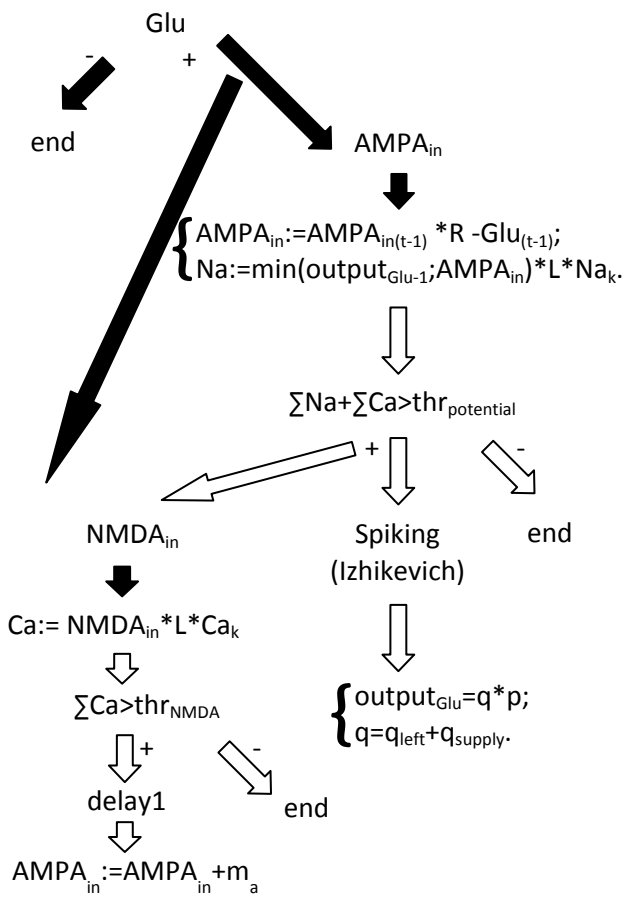


Рис. 2.а. Алгоритм работы искусственного нейрона

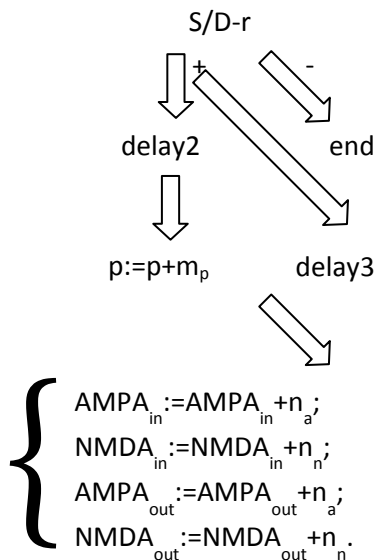


Рис. 2.б. Алгоритм работы искусственного нейрона

*Продолжение табл. 1*

$NMDA_{in}$	целый	количество NMDA рецепторов в постсинаптической мембране данного нейрона
$AMPA_{out}$	целый	количество AMPA рецепторов в постсинаптической мембране следующего нейрона
$NMDA_{out}$	целый	количество NMDA рецепторов в постсинаптической мембране следующего нейрона
Na	вещественный	концентрация ионов натрия
Ca	вещественный	концентрация ионов кальция
$thr_{potential}$	вещественный	пороговая величина, при преодолении которой возникает потенциал действия
$thr_{NMDA}$	вещественный	пороговая величина, при преодолении которой происходит увеличение количества AMPA рецепторов
q	целый	общее запасенное количество

		нейромедиатора в синапсе
$p$	вещественный	коэффициент выброса нейромедиаторов
$Q_{left}$	целый	количество молекул нейромедиатора в синапсе, которое осталось после последнего выброса
$Q_{supply}$	целый	количество молекул нейромедиатора, которое поставляется из нейрона в синапс за единицу времени
$m_a$	целый	количество добавляемых AMPA рецепторов после срабатывания NMDA рецепторов
$m_p$	вещественный	величина, на которую увеличивается коэффициент выброса нейромедиатора при воздействии на модулирующий синапс
$n_a$	целый	количество добавляемых AMPA рецепторов после воздействия на модулирующий синапс
$n_n$	целый	количество добавляемых NMDA рецепторов после воздействия на модулирующий синапс

Аналогичным образом определим константы и их тип (таблица 2). В константы заносятся те величины, которые на данный момент считаются постоянными или слабо изменяющимися. При появлении новых данных список в табл. 2 подлежит пересмотру.

*Таблица 2*  
Константы, необходимые для описания работы искусственного нейрона

Название	Тип данных	Описание
$R$	вещественный	коэффициент очищения рецепторов от нейромедиаторов. $R \in [0;1]$
$L$	вещественный	коэффициент потерь молекул нейромедиатора в синаптической щели. $L \in [0;1]$
$Na_k$	вещественный	коэффициент проникновения ионов натрия в результате срабатывания



		одного AMPA рецептора. $Na_k \in [0; \infty]$
$Ca_k$	вещественный	коэффициент проникновения ионов кальция в результате срабатывания NMDA рецептора. $Ca_k \in [0; \infty]$
delay1	время	задержка во времени между преодолением $thr_{NMDA}$ и добавлением AMPA рецепторов
delay2	время	задержка во времени между срабатыванием рецепторов модулирующего синапса (S/D-r) и увеличением коэффициента выброса нейромедиатора на величину $m_p$
delay3	время	задержка во времени между срабатыванием рецепторов модулирующего синапса (S/D-r) и активации фактора роста, что выражается в увеличении количества AMPA и NMDA рецепторов данного и следующего нейрона

Алгоритм работы искусственного нейрона, представленный на рис. 2(а), можно описать следующим образом:

- 1) молекула Glu поступает на AMPA и NMDA рецепторы;
- 2) сила воздействия системы AMPA рецепторов на мембрану нейрона определяется как количество сработавших рецепторов, умноженное на коэффициент проникновения ионов натрия  $Na_k$ . Количество сработавших рецепторов определяется как минимум из значений выброшенных молекул нейромедиатора, выброшенных прошлым нейроном в синаптическую щель  $output_{Glu-1}$ , и свободных AMPA рецепторов  $AMPA_m$ , умноженное на коэффициент потерь нейромедиатора  $L$ <sup>6</sup>;
- 3) полученное значение суммируется с предыдущими накопленными в результате прошлых итераций натриевым и

---

<sup>6</sup> любая пространственная передача веществ или информации характеризуется определенной величиной потерь, что приводит к необходимости ввести в формулу коэффициент потерь  $L$ .

кальциевым потенциалами (с учетом утечек из мембраны) и при превышении порогового значения  $thr_{potential}$  происходит воздействие на  $NMDA_{in}$  рецепторы и возникает потенциал действия. Если  $thr_{potential}$  не преодолен, то итерация завершается, и при этом накопленный ионный потенциал сохраняется;

4) потенциал действия вызывает спайкинг в соответствии с моделью Ижикевича [6]. Эта же модель предполагает рефрактерный период (период неактивности нейрона) и сброс ионного потенциала к начальному равновесному уровню (потенциалу покоя);

5) выход системы  $output_{Glu}$  рассчитывается как общее запасенное количество нейромедиатора в синапсе  $q$ , умноженное на коэффициент выброса нейромедиатора  $p$ . Величина  $q$  рассчитывается как сумма запасов нейромедиатора после прошлого выброса  $q_{left}$  и количество новых молекул нейромедиатора  $q_{supply}$ ;

6) параллельно пунктам 3 и 4 происходит увеличение концентрации кальция  $Ca$  на величину, рассчитанную как количество  $NMDA$  рецепторов  $NMDA_{in}$ , умноженное на коэффициент потерь  $L$ , и умноженное на коэффициент проникновения ионов кальция  $Ca_k$ ;

7) при превышении накопленным потенциалом кальция  $Ca$  порогового значения  $thr_{NMDA}$  после временной задержки  $delay1$  происходит добавление  $m_a$  дополнительных AMPA рецепторов к предыдущему значению  $AMPA_{in}$ . Если  $thr_{NMDA}$  не преодолен, итерация завершается.

Параллельно процессам первого алгоритма (рис. 2(a)) происходят процессы модификации памяти в соответствии с воздействием на модулирующий синапс (рис. 2(б)):

1) Молекула нейромедиатора S/D поступает на рецептор;

2) после задержки времени  $delay2$   $p$  увеличивается на величину  $m_p$ ;

3) после задержки  $delay3$  (причем  $delay3 > delay2$ ) количество рецепторов AMPA и NMDA, находящихся в активных синапсах данного нейрона (входящих и исходящих), увеличивается на соответствующие величины  $n_a$  и  $n_n$ .

Оба алгоритма на рис. 2 происходят независимо друг от друга, но реализуются в масштабах одного нейрона.

## **Выводы**

Базируясь на новейших открытиях в области нейробиологии, удалось выделить фундаментальные законы функционирования биологического нейрона, обеспечивающие возможность его функционирования в качестве информационного элемента нейронной сети. Благодаря этому стало возможным составить алгоритм, который может быть использован для создания биологически правдоподобного искусственного нейрона и для формирования искусственной нейронной сети на их основе.

На основе объединения нейробиологических и технических достижений предложена принципиально новая нейронная модель, которая позволяет создать основу для построения нейронной архитектуры, максимально приближенной к биологическому аналогу. Предполагается возможность свободного уточнения и усложнения модели, а также работоспособность модели при любом уровне масштаба (от одного изолированного нейрона до целостных нейросетевых структур).

## **Список использованной литературы:**

1. Скарп И. И. Концепция построения биологически правдоподобной искусственной нейронной сети // Скарп И.И. – Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці. – 2014. - №3. – С. 188-218.
2. McCulloch W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity // McCulloch W., Pitts W. – Bulletin of Mathematical Biophysics. – 1943. – Vol. 5. – P. 115-133.
3. Hebb D. The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory // Hebb D. – New York: Wiley and Sons. – 1949. – 335 p.
4. Wiener N. Perspectives in Neurocybernetics. // Wiener N. – Progress in Brain Research. – 1965. – Vol. 17. – P. 399–404.
5. Maass W. Networks of spiking neurons: the third generation of neural network models // Maass W. – Neural Networks. – 1997. – Vol. 10. – No. 9. – P. 1659–1671.
6. Izhikevich E. Which Model to Use for Cortical Spiking Neurons? // Izhikevich E. – IEEE Transactions on Neural Networks. – Vol. 15. – No. 5. – 2004. – P. 1063-1070.

7. Furber S. Neural systems engineering // Furber S., Temple S. – J. R. Soc. Interface. – 2007. – Vol. 4. – P. 193-206.
8. SyNAPSE: IBM Cognitive Computing Project. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://researchweb.watson.ibm.com/cognitive-computing>.
9. HRL Laboratories, LLC. Center for Neural and Emergent Systems. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.hrl.com/laboratories/cnes/cnes\\_main.html](http://www.hrl.com/laboratories/cnes/cnes_main.html).
10. Carlson K. GPGPU Accelerated Simulation and Parameter Tuning for Neuromorphic Applications / Carlson K., Beyeler M., Dutt N., Krichmar J. – IEEE Design Automation Conference (ASP-DAC). – 2014. – P. 570-577.
11. Nageswaran J.M. A configurable simulation environment for the efficient simulation of large-scale spiking neural networks on graphics processors // Nageswaran, J.M., Dutt, N., Krichmar, J.L., Nicolau, A., and Veidenbaum, A.V. – Neural Networks – 2009. – Vol. 22. – P. 791-800.
12. Kandel E. The Molecular Biology of Memory Storage: A Dialog Between Genes and Synapses // Kandel E. – Bioscience Reports. – 2005. – Vol. 24. – No. 4. – P. 475–522.
13. Матвійчук А. В. Можливості та перспективи створення штучного інтелекту // Матвійчук А. В. – Вісник НАН України. – 2011. – № 12. – С. 36-51.
14. Экклз Д. К. Физиология синапсов. — М.: Мир, 1966. — 397 с.
15. Wise A. The identification of ligands at orphan g-protein coupled receptors // Wise A., Jupe S., Rees S. – Annual Review of Pharmacology and Toxicology. – 2004. – Vol. 44. – P. 43-66.
16. Lapique L Recherches quantitatives sur l'excitation électrique des nerfs traitée comme une polarization // Lapique L. – J. Physiol. Pathol. – 1907. – Gen. 9. – P. 620–635.
17. Hodgkin A.L. The local electric changes associated with repetitive action in a nonmedulated axon // A.L. Hodgkin. – J. Physiol. – 1948. – Vol. 107. – P. 165–181.
18. Gibson J.R. Two networks of electrically coupled inhibitory neurons in neocortex // J.R. Gibson, M. Belerlein, B.W. Connors. – Nature. – 1999. – Vol. 402 – P. 75-79.

19. Gray C.M. Chattering cells: Superficial pyramidal neurons contributing to the generation of synchronous oscillations in the visual cortex // C.M. Gray, D.A. McCormick. – Science. – 1996. – Vol. 274. – No. 5284. – P. 109–113.
20. Sakai M. Neural Mechanisms of Fine-Grained Temporal Processing in Audition // Sakai Masashi. – Otolaryngology: Current Research; Special Issue b. – 2012. – Vol. 2. – Issue S. – Special section p1.

## 1.5. ФІНАНСОВА КРИЗА ЯК ПРОЦЕС АНОМАЛЬНОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ

Фінансова криза розглядається як процес синхронізації окремих вузлів мережі, які являють собою агентів ринку, а зв'язками слугують міри зв'язку між ними. Показано, що в рамках кореляційної та рекурентної мереж відомі кризи з 1987 по 2015рр. проявляються у вигляді аномальної синхронізації та зростання складності системи.

**Ключові слова:** фінансова криза, складні мережі, кореляція, синхронізація, спектральні властивості, топологічні міри складності

Не дивлячись на увагу, яка приділяється дослідженню кризових явищ на фінансово-економічних ринках, однозначного розуміння причин, механізмів формування та перебігу криз не існує [1]. Тому часто аналізуються окремі властивості кризових явищ та специфіка їх прояву. Так, однією з характерних рис кризи є зростання процесів кореляції і синхронізації в системі, яку вона охопила.

Згідно недавніх досліджень МВФ протягом останньої глобальної фінансової кризи 2007-2009рр. об'єм виробництва країн світу змінювався синхронно. Кореляція темпів росту ВВП різних країн світу була низькою до кризи, але різко (в 5-6 разів) зросла в період кризи. В після кризовий період кореляція зменшилась майже до значень на початок кризи [2].

Революційні зрушення у розумінні особливостей формування і протікання кризових явищ відбуваються останні 10-15 років. Причина криється в усвідомленні зміни сучасної

парадигми моделювання складних соціально-економічних систем. Стало очевидним, що більшість складних систем організовані у мережі, які мають ряд специфічних властивостей, які не можна не враховувати при моделювання кризових явищ [3].

В даній роботі ми покажемо, що в рамках мережної парадигми складності фінансова криза проявляється як колективне явище аномального зростання кореляційних і синхронізаційних процесів.

Почнемо з процесів кореляції. Розглянемо динаміку кореляційних процесів на прикладі фондового ринку США за індексом S&P500 у формалізмі теорії випадкових матриць [4]. База даних являє собою послідовність часових рядів, які характеризують щоденні значення цін акцій 119 (із 500) компаній-емітентів акцій за період з 02.01.1984 по 21.04.2015рр. [5].

Для кількісного визначення кореляцій спочатку обчислюється логарифмічні прибутковості акції  $i = 1, \dots, N$  за час  $\Delta t$ ,

$$G_i(t) = \ln S_i(t + \Delta t) - \ln S_i(t), \quad (1)$$

де  $S_i(t)$  позначає ціну акції  $i$ . Оскільки різні акції мають різні рівні змінюваності (стандартні відхилення), визначимо нормалізоване повернення (нормалізовану прибутковість)

$$g_i(t) \equiv \frac{G_i(t) - \langle G_i \rangle}{\sigma_i}, \quad (2)$$

де  $\sigma_i \equiv \sqrt{\langle G_i^2 \rangle - \langle G_i \rangle^2}$  – стандартне відхилення  $G_i$ , а  $\langle \dots \rangle$  позначає середнє значення за період часу, що досліджується. Тоді обчислення матриці взаємних кореляцій  $C$  зводиться до формули:

$$C_{ij} \equiv \langle g_i(t) g_j(t) \rangle. \quad (3)$$

Для отримання інформації про взаємні кореляції  $C$  необхідно порівняти властивості  $C$  з такими ж властивостями випадкової матриці крос-кореляцій. У матричній нотації така матриця може бути виражена як

$$C = \frac{1}{L} G G^T, \quad (4)$$

де  $G$  – матриця розміру  $N \times L$  з елементами  $\{g_{im} = g_i(m\Delta t), i = 1, \dots, N; m = 0, \dots, L-1\}$  і  $G^T$  позначає транспонування  $G$ . Розглянемо випадкову кореляційну матрицю

$$R = \frac{1}{L} A A^T, \quad (5)$$

де  $A$  – матриця розміру  $N \times L$ , що містить  $N$  часових рядів із  $L$  випадковими елементами  $a_{im}$  з нульовим середнім і одиничним відхиленням, що означають взаємну некорельованість.

Статистичні властивості випадкових матриць типу  $R$  відомі. Зокрема, у наближенні  $N \rightarrow \infty$ ,  $L \rightarrow \infty$ , такому, що

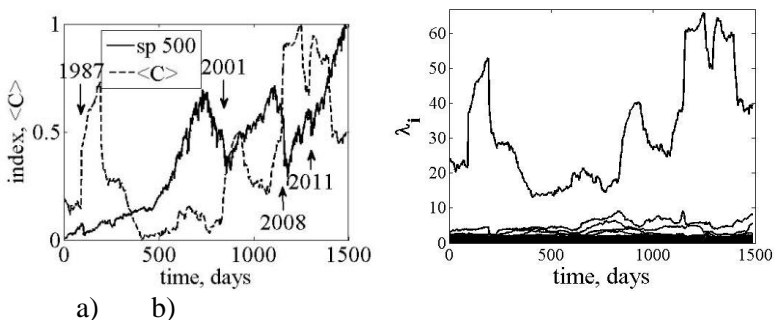
$Q \equiv \frac{L}{N} (> 1)$  фіксоване, показано аналітично, що функція розподілу щільності імовірності  $P_{rm}(\lambda)$  власних значень  $\lambda$  випадкової матриці кореляції  $R$  визначається як

$$P_{rm}(\lambda) = \frac{Q}{2\pi} \frac{\sqrt{(\lambda_+ - \lambda)(\lambda - \lambda_-)}}{\lambda} \quad (6)$$

для  $\lambda$  в межах границь  $\lambda_- \leq \lambda \leq \lambda_+$ , де  $\lambda_-$  і  $\lambda_+$  – найменше і найбільше власні значення  $R$ , відповідно,

$$\lambda_{\pm} = 1 + \frac{1}{Q} \pm 2\sqrt{\frac{1}{Q}}. \quad (7)$$

На рис. 1 наведена динаміка середнього значення коефіцієнта кореляції  $\langle C \rangle$  у порівнянні з динамікою самого індексу S&P500 та власних значень кореляційної матриці  $\lambda_i$ .



**Рис. 1.** Динаміка середнього значення коефіцієнта кореляції  $\langle C \rangle$  (а) та спектру власних значень  $\lambda_i$  кореляційної матриці (б)

Видно, що в періоди криз (відмічені стрілками) значення  $\langle C \rangle$  стрімко зростає, спадаючи після кризи. Аналогічно поводить себе і максимальне власне значення  $\lambda_{\max}$ . Також важливим показником стійкості і складності системи є різниця між двома найбільшими власними значеннями (спектральний розрив). На рис. 1б) спектральний розрив зростає у періоди кризи, що свідчить про зростання складності системи.

Дослідимо синхронізаційні властивості складних мереж. Синхронізацією називається підстроювання ритмів автоколивальних систем за рахунок слабкого взаємодії між ними. Явище синхронізації було відкрито ще в 1665р. голландським фізиком Х.Гюйгенсом. Він виявив, що маятники двох годинників, через деякий час, після того як їх повісять поруч на одну стіну, починають гойдатися повністю синхронно. Коли ці годинник помістять на протилежні стіни кімнати, явища синхронізації не спостерігається. Очевидно, що синхронізацію коливань маятників цих годинників можна пояснити їх впливом один на одного через вібрацію стіни, на якій вони висять.

Синхронізація відіграє важливу роль в просторово-часовій організації багатьох природних і штучних складних систем – від поділу клітин і скорочення серцевого м'язу до управління багатоагентними системами і деяких функцій роботи мозку [6].



У запропонованій Курамото [7] моделі колективної синхронізації кожен  $i$ -й осцилятор описується фазою  $\theta_i$ , а сам процес синхронізації описується наступною системою звичайних диференціальних рівнянь:

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + \frac{K}{N} \sum_{j=1}^N \sin(\theta_j - \theta_i), i = 1, 2, 3, \dots, N. \quad (8)$$

Параметр  $K/N$  визначає силу зв'язку між осциляторами. Власні частоти  $\omega_i$  осциляторів задовольняють розподілу Лоренця

$$g(\omega) = \frac{\gamma}{\pi[\gamma^2 + (\omega - \omega_0)^2]}, \quad (9)$$

ширина якого дорівнює  $\gamma$ , а середнє значення частоти дорівнює  $\omega_0$ .

В якості параметра порядку  $r(t)$  вводиться міра синхронізації системи

$$r(t) = \left| \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \exp(i\theta_j(t)) \right|. \quad (10)$$

Якщо всі частоти різні, то в кожен момент часу всі фази рівномірно розподілені на інтервалі  $[0, 2\pi]$  і параметр порядку дорівнює нулю. Якщо ж кілька осциляторів в ансамблі синхронізуються на деякій частоті, то їх фази додаються і виникає ненульовий параметр порядку.

У межі  $N \rightarrow \infty$  і  $t \rightarrow \infty$  для параметра порядку отримуються такі значення:

$r = 0$ , якщо  $K < K_c$  (повна десинхронізація),

$r = \sqrt{1 - (K_c / K)}$ , якщо  $K > K_c$ ,  $K_c = 2\gamma$ .

Тобто критичний індекс для параметра порядку дорівнює  $1/2$ .

Таким чином, система зв'язаних осциляторів є десинхронізованою, поки сила зв'язку між осциляторами не перевищує критичного значення, пропорційного подвоєній ширині розкиду частот. Після цього в системі зв'язаних

осциляторів з'являється «острівець синхронізації», розмір якого зростає в міру зростання сили зв'язку між осциляторами. У граничному випадку нескінченно великої сили зв'язку всі осцилятори будуть коливатися синхронно.

Пізніше були досліджені властивості синхронних станів для різних моделей мереж [13]– від випадкових Ердеша-Рен'ї до моделей малого світу на безмасштабних (масштабно-інваріантних). Чисельне моделювання показує, що критичне значення сили зв'язку між осциляторами, при яких настає синхронізація, в мережах з безмасштабною структурою помітно менше, ніж у мережах із регулярною або хаотичною структурами [6].

Дослідження також показали, що синхронізація в безмасштабних мережах не руйнується, якщо випадковим чином видалити 5% вузлів. Якщо ж видалити 1% вузлів з найбільшим числом зв'язків, синхронізація в такій мережі зникає. Крім того, на синхронну поведінку в мережних структурах сильно впливає розподіл зв'язків між вузлами.

Гомез-Гарденес зі співробітниками досліджували особливості процесів еволюції синхронізації і виникнення патернів синхронізації у випадковій мережі типу Ердеша-Рен'ї та безмасштабних мережних структурах [8]. Вони чисельно проінтегрували рівняння Курамото для мережних структур:

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + J \sum a_{ij} \sin(\theta_j - \theta_i), \quad (11)$$

де  $a_{ij}$  - коефіцієнти матриці суміжності для відповідної мережі,  $J$  - сила зв'язку між осциляторами,  $N=1000$ . Розрахунки показали, що синхронізація в безмасштабних мережах відбувається при більш низьких значеннях  $J_c$ , ніж у випадкових мережах Ердеша-Рен'ї, а сам фазовий перехід у випадкових мережах більш різкий, ніж у безмасштабних мережах.

Досліджувалися також процеси формування областей синхронізації сусідніх осциляторів для декількох значень  $J$  для обох типів мереж, і було виявлено якісне розходження для цих двох типів мережних структур. У безмасштабних мережах

основні ядра синхронізації формуються габами, які поглинають сусідні малі кластери. У мережах Ердеша-Рен'ї численні маленькі кластери синхронізації до виникнення фазового переходу розподілені досить однорідно по всьому графу.

Вплив процесів синхронізації на кризу зазвичай розглядається в моделях синхронізації економічних циклів із врахуванням процесів глобалізації [9]. Так, в роботі [10] у якості бази даних обрано світову торговельну мережу, вузлами якої є країни, а ребрами – потоки імпорту-експорту між ними. Модель економічного циклу для окремої країни асоційована з осцилятором, що співставляється з кожним вузлом мережі.

Нами пропонується дещо інший шлях дослідження процесів синхронізації. Він зводиться до аналізу спектральних і топологічних характеристик мереж без розв'язування рівнянь Курамото.

Для побудови і аналізу властивостей графа слід сформуванати з кореляційної матриці матрицю суміжності. Для цього треба ввести величину, яка для поля кореляцій буде слугувати відстанню між корелюваними агентами. Такою відстанню може слугувати залежна від коефіцієнта кореляції  $C_{ij}$  величина

$$x(i, j) = \sqrt{2(1 - C_{ij})}$$

Так, якщо коефіцієнт кореляції між двома активами помітний, відстань між ними є малою, і, починаючи з деякої критичної величини  $x_{cr}$ , активи можна вважати зв'язаними на графі. Для матриці суміжності це означає, що вони є суміжними на графі. В протилежному випадку активи не є суміжними. При цьому обов'язковою умовою є зв'язність графа.

Розрахунки проводились у такий спосіб. Обирався часовий проміжок (вікно), наприклад, два роки (приблизно 500 торговельних днів) і для нього знаходилась матриця кореляцій (3). Вона перетворювалась у матрицю суміжності, за якою будувався зв'язний граф та розраховувались його спектральні і топологічні властивості [11]. Далі вікно зміщувалось з кроком, наприклад, одна неділя (5 торговельних днів) і процедура повторювалась до вичерпання часових рядів.

На рис. 2 із множини спектральних та топологічних характеристик обрані типові: спектральний розрив для матриці суміжності (gap) та середній найкоротший шлях (AvgPLen) між вузлами графа.

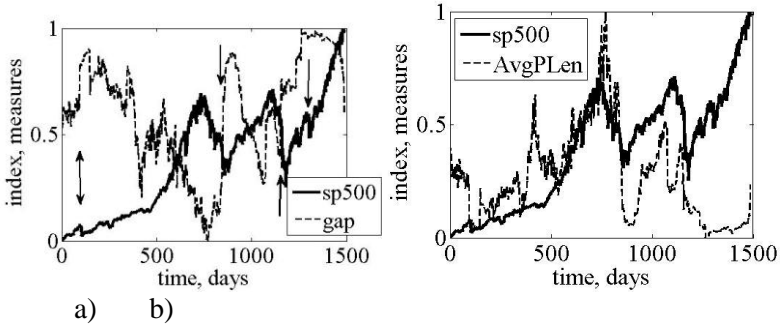


Рис. 2. Характерна динаміка спектральної (а) та топологічної (б) мір синхронізації кореляційної мережі

Рис. 2 свідчить про системні зміни як спектральних, так і топологічних характеристик мережі, побудованої на основі кореляційної матриці. Так, спектральний розрив у періоди криз зростає, а середній найкоротший шлях зменшується внаслідок зростання кореляцій і синхронізації усієї мережі.

Аналогічні властивості розглядались і для мережі, побудованої принципово іншим шляхом, а саме, з використанням рекурентних властивостей складної системи [12]. Технологію рекурентних діаграм для візуалізації рекурентностей у фазовому просторі заснована на ідеї Анрі Пуанкаре щодо рекурентності фазового простору динамічних систем. Згідно з теоремою Такенна, еквівалентна фазова траєкторія, що зберігає структуру оригінальної фазової траєкторії, може бути відновлена з одного спостереження або часового ряду методом часових затримок:

$$\hat{\vec{x}}(t) = (u_i, u_{i+\tau}, \dots, u_{i+(m-1)\tau}) ,$$

де  $m$  – розмірність вкладення,  $\tau$  – часова затримка (реальна часова затримка визначається як  $\tau \cdot \Delta t$ ). Рекурентна ж діаграма відображає наявні повторюваності у формі бінарної матриці  $R$ , де  $R_{i,j} = 1$ , якщо  $\vec{x}_j$  є сусіднім до стану  $\vec{x}_i$ , і  $R_{i,j} = 0$  у

протилежному випадку. Сусідніми (або рекурентними) є стани  $\bar{x}_j$ , які потрапляють в  $m$ -вимірну околицю з радіусом  $\varepsilon$  і центром в  $\bar{x}_i$ . Зрозуміло, що параметри  $m$ ,  $\tau$  та  $\varepsilon$  є ключовими при проведенні рекурентного аналізу. Так, типовий фазовий портрет фрагменту часового ряду для тривимірного простору і часового лагу в один день і  $\varepsilon=0.1$  представлено на рис. 3а), а відповідну рекурентну діаграму – на рис. 3б).

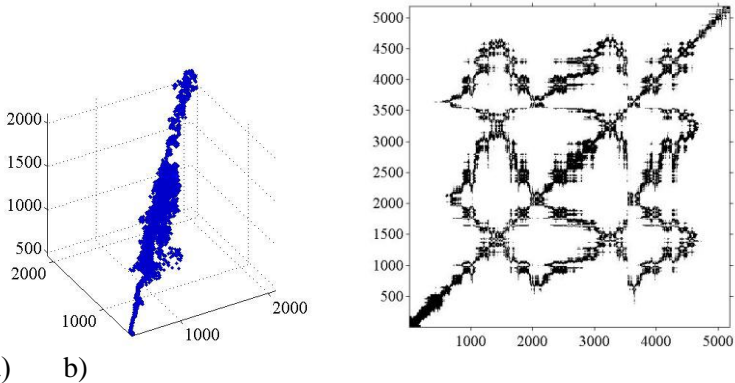
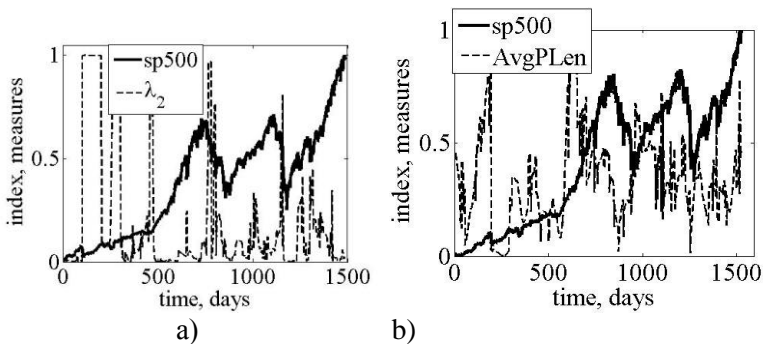


Рис. 3. а) Типовий фазовий портрет фрагменту часового ряду.  
 б) Рекурентна діаграма, що відповідає фазовому портрету а)

Рекурентна діаграма легко трансформується у матрицю суміжності, а далі процедура розрахунку спектральних і топологічних характеристик графа є аналогічною до описаної у випадку кореляційних мереж.

На рис. 4 показана динаміка двох типових мір синхронізації для індексу S&P 500 за період з 02.01.1984 по 21.04.2015рр.

Спектральна міра  $\lambda_2$  (інакше, алгебраїчна зв'язність) є другим з найменших і першим ненульовим власним значенням матриці Лапласа і характеризує, зокрема, процеси синхронізації у мережі. Бачимо, що у кризові періоди  $\lambda_2$  стрибкоподібно зростає. Аналогічно, але спадає значення AvgPLen. При цьому результати аналогічні тим, що отримані для кореляційних мереж.



**Рис. 3. а) Динаміка алгебраїчної зв'язності та б) середнього найкоротшого шляху між вузлами графа**

Таким чином, процеси синхронізації складних мереж можна досліджувати альтернативним моделі Курамото шляхом. Поведінка параметрів синхронізації (одночасно і параметрів складності) свідчить про те, що у періоди криз складна мережа, яку формують агенти економічного ринку, є значно більш синхронізованою, помітно зростають кореляційні процеси. Все це говорить на користь колективних моделей кризових явищ, детальне вивчення яких потребує подальших досліджень.

### **Список використаної літератури**

1. Сорнетте Д. Как предсказывать крахи финансовых рынков. Критические события в комплексных финансовых системах // Пер.с англ.-М.-2008. : Смартбук. -400с.
2. Abiad A. Dancing together? Spillovers, common shocks, and the role of financial and trade linkages / A.Abiad, D.Furceri et al // World Economic Outlook: Transitions and Tensions. IMF, Oct/ 2013, Ch.3.-P.81-111.
3. Синергетика и сетевая реальность / Т.С.Ахромеева [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. – 2013, № 34. – 32 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-34>.
4. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: [Монографія] / В.Д. Дербенцев, О.А. Сердюк,

В.М. Соловйов, О.Д. Шарапов – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 300 с.

5. Матеріали інформаційного сайту «Yahoo!Finance» з питань історичних даних показників фондових індексів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://finance.yahoo.com>

6. Consensus and synchronization in complex networks Ed. L. Kocarev, Springer: Berlin-Heidelberg. – 2013.- 275 p.

7. Kuramoto, Y., Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence. // Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo, Springer-Verlag 1984. – 156 p.

8. Gomez-Gardennes J., Moreno Y., Arenas A. 2007, Paths synchronization on complex networks / J.Gomez-Gardennes, Y.Moreno, A.Arenas // Phys. Rev. Lett. -2007.-v.98, 034101.

9. Calcagnile L.M. Collective synchronization and high frequency systemic instabilities in financial markets / L.M.Calcagnile, G.Bornetti, M.Treccani, S.Marmi, F.Lillo [Електронний ресурс] – Режим доступу: [arXiv:1505.00704v1](https://arxiv.org/abs/1505.00704v1) [q-fin.ST] 4 May 2015.

10. Erola P. Modeling international crisis synchronization in the world trade WEB / P.Erola, A.Diaz-Guilera, S.Gomez, A.Arenas // [Електронний ресурс] – Режим доступу: [arXiv:1201.2024](https://arxiv.org/abs/1201.2024) [q-fin.GN] 10 Jan 2012.

11. Соловйов В.М. Дослідження топологічних та спектральних властивостей фондових індексів засобами аналізу складних мереж / Соловйов В.М., Соловйова К.В. - Конференція СПМСЕС-VI. – Харків, 2014. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://mpsesm.org/index.php/mpsesm/mpsesm6/paper/view/35>

12. Donner R. V. Recurrence-based time series analysis by means of complex network methods [Electronic resource] / R. V. Donner, M. Small, J. F. Donges, N. Marwan et. al. – Available from : [arXiv:1010.6032v1](https://arxiv.org/abs/1010.6032v1) [nlin.CD] 25 Oct 2010.

13. Евин И.А. Введение в теорию сложных сетей / И.А.Евин // Компьютерные исследования и моделирование. – 2010. – Т.2, №2. – С.121-141.

## 1.6. ТЕОРІЯ СКЛАДНИХ МЕРЕЖ ТА ЕКОНОМІЧНА КОГНІТИВІСТИКА

На сьогоднішній день характерними та невід'ємними складовими функціонування будь-якої економічної системи є наявність економічних криз та проблеми прогнозованості кризових явищ. Однією з причин малоуспішних результатів прогнозування є ігнорування під час здійснення прогнозу когнітивного аспекту. В останнє десятиріччя, завдяки розвитку матеріально-технічної та теоретичної бази, спостерігається значний розвиток дослідження когнітивної науки в області: психології, біології, філософії, лінгвістики, нейрофізіології та ін.

Проблемам і питанням аналізу та вивчення когнітології в області психології присвячені роботи таких вчених як Борнштейн Р., Келлі Дж., Браун Г., Ізард К., Берн Е.; в області біології Карлсон В. Н., Хант М., Ройз Дж., Тартер В., Вілсон Е.; філософії Меркулов І.П., Баксанский О.Е., Аронов Р.А.; лінгвістики Дороговцев С.Н., Мендес Дж., Воттс Дж., Строгац С., Ньюман М., Евін І.А.; нейрофізіології Бреннер К., Карвер К., Фрагер Р., та інші.

Актуальним є питання дослідження когнітивних процесів в області економіки.

Розглянемо детальніше поняття когнітології та схарактеризуємо основні інструменти дослідження когнітивних систем. Когнітологія є наукою про знання; система методів і прийомів отримання, обробки, зберігання і використання людського знання. Вона досліджує моделі свідомості, пов'язані з процесами пізнання, з набуттям, виробленням, зберіганням, використанням, передачею людиною знань, із репрезентацією знань і обробкою інформації, яка надходить до людини різними каналами [1].

Оскільки когнітивна наука є міждисциплінарною, дослідження часто перетинаються в кількох областях, спираючись на методи психології, неврології, фізіології, інформатики, теорії систем та ін. Одним з важливих напрямів когнітивної науки є когнітивна лінгвістика. Вона позиціонується як напрям у лінгвістиці, що вивчає і описує



мову з точки зору пізнавальних (когнітивних) механізмів, що лежать в основі розумової діяльності людини. Таким чином, когнітологія є певною обчислювальною машиною, яка характеризує людину, виходячи з аналізу її психіки, розумової діяльності, і на перше місце серед поставлених завдань висуває дослідження мови, яка перебуває в нерозривному зв'язку з людиною [2].

Одним із інструментів дослідження когнітивної лінгвістики є теорія складних мереж. Вузли в таких мережах представляють собою елементи цих складних систем, а зв'язки між вузлами - взаємодії між елементами [3].

Важливим фактором інтенсифікації вивчення складних мереж в останні роки став високий рівень розвитку алгоритмів і комп'ютерних програм дослідження мереж. Останнім часом стали доступні численні бази даних реальних мережевих структур: мереж співпраці акторів кіно і вчених у різних галузях науки, мереж білкових взаємодій і метаболічних реакцій в живих клітинах, а також деяких технологічних мереж, наприклад, мережа приблизно п'яти тисяч електростанцій США. Ці набори даних дозволяють в досить повному вигляді відобразити структуру і функції реальних складних систем. Отримані складні мережі поділяють на технологічні (Інтернет, WWW), соціальні (мережі знайомств, мережі співпраці) і біологічні (екологічні, функціональні мережі мозку, мережі білкових взаємодій, метаболічні мережі) [3].

У теорії складних мереж розвинені спеціальні методи для вирішення конкретних задач, але недостатньо загальних методів, що дозволяють алгоритмічно розв'язувати цілі класи задач. В якості джерел створення таких достатньо загальних методів можна розглядати теорію графів [4].

У сучасній теорії мереж число зв'язків вузла (в теорії графів зв'язки та вузли це відповідно ребра і вершини графа) називається ступенем (degree). Поняття ступінь є локальною характеристикою графа. Нелокальну, цілісну структуру мережі визначають двома поняттями – шлях (path) і петля (loop) або цикл (cycle). Шлях – це почергова послідовність суміжних вузлів і зв'язків між цими вузлами, коли вузли не

повторюються. Циклом чи петлею називається шлях, коли початковий і кінцевий вузли збігаються. Мережі без циклів називаються деревами. Число вузлів  $N$  (розмір мережі) і число зв'язків  $L$  в деревах пов'язані простим співвідношенням  $N = L - 1$  [5].

Інструментом дослідження складних мереж, що базується на теорії графів є топологічний аналіз. При топологічному аналізі досліджуються параметри окремих вершин, параметри мережі в цілому та мережеві підструктури [6]. До топологічних мір відносяться: середня довжина шляху ( $\langle L \rangle$ ); коефіцієнт кластеризації ( $C$ ) - показує при ланцюжку з трьох послідовних слів ймовірність знаходитись поряд першого і останнього слова; середня степінь вершини ( $\langle d \rangle$ ); щільність графа, що є відношенням кількості ребер до кількості вузлів і позначається  $\rho$ ; діаметр графа ( $D$ ), тобто, максимальна відстань між двома вузлами графа та ін. [7].

Результатом застосування лінійної алгебри у теорії графів є спектральний аналіз, що базується на алгебраїчних інваріантах графу – його спектрах. Основними спектральними характеристиками складних систем є: максимальне власне значення матриці суміжності -  $\lambda_{\max}$ ; енергія графа ( $E_{gr}$ ) - сума модулів власних значень матриці суміжності; алгебраїчна зв'язність ( $\lambda_1$ ) - перше ненульове власне значення матриці Лапласа що, вказує на ступінь зв'язності графа; спектральний розрив, який визначається як різниця між модулями двох найбільших власних значень матриці суміжності, позначається  $\Delta\lambda$  та максимальна степінь вершини ( $d_{\max}$ ) [8].

Ключовою гіпотезою дослідження є припущення, що когнітивні мережі, які відносяться до різних типів економічної динаміки можуть суттєво відрізнятись. Тому для аналізу було обрано по 25 економічних публікацій надрукованих у різні періоди, що охоплюють останню глобальну фінансову кризу 2008-2010 рр.: до кризовий період (2006 р.), кризовий період (2008 р.), після кризовий період (2011 р.). Дані статті були взяті із офіційного сайту журналу «Актуальні проблеми економіки» [10].

Обчислення топологічних та спектральних мір проводилося за допомогою програмного забезпечення СКМ Matlab R2009b. Результати дослідження наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Топологічні та спектральні характеристики графів слів у наукових статтях з економіки

Характеристика	до кризи	під час кризи	після кризи
$\langle L \rangle$	4,50	4,35	4,30
$C$	0,03	0,04	0,04
$\langle d \rangle$	3,47	3,63	3,62
$D$	11,84	11,04	11,88
$\rho_l$	0,003	0,004	0,003
$d_{\max}$	89,56	84,27	100,92
$\Delta\lambda$	3,11	3,44	3,60
$\lambda_{\max}$	11,89	11,99	12,65
$\lambda_1$	2,05	2,72	2,57
$E_{gr}$	1452,90	1310,81	1388,96

Статті опубліковані під час економічної кризи мають середню довжину шляху 4,35 слів, що є середнім показником між графами публікацій до і після кризи. Коефіцієнт кластеризації (транзитивності) показує при ланцюжку з трьох послідовних слів, ймовірність знаходитись поряд першого і останнього слова. Для статті опублікованої під час кризи коефіцієнт кластеризації має значення 0,042, що є найбільшим з трьох публікацій, а отже в порівнянні з ними ці статті мають тісніший зв'язок між компонентами.

Середня степінь вершини - міра, яка показує, скільки в середньому зв'язків у довільно вибраного вузла графу. У випадку графу текстів, скільки в середньому різних слів зустрічаються поряд з довільно вибраним словом. Для публікацій 2008 року середня степінь вершини становить 3,633, що є найбільшим значенням з трьох наведених. З цього можна зробити попередній висновок, що графи слів статті опублікованої під час кризи є найскладнішими з наведених для

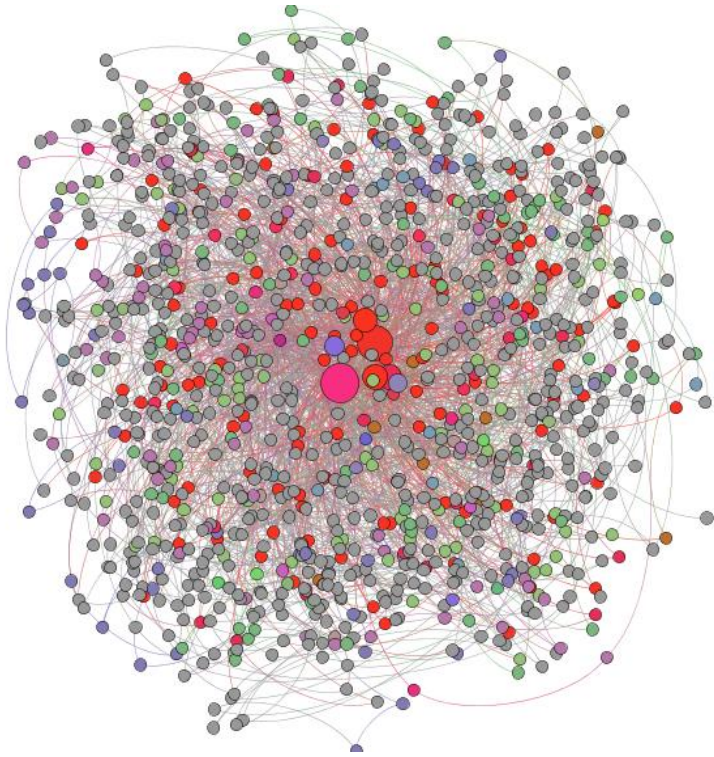
аналізу графів, оскільки має високу кластеризацію та високу степінь вершин.

Діаметр графа є найдовшим шляхом між парою вершин графа. Для публікацій до і після кризи дані показники мають значення 11,84 та 11,88, що є більшим, ніж 11,04 вузлів статті 2008 року. Це означає, що графи публікацій цього періоду є більш локалізованими та зосередженими, оскільки діаметр (найбільший шлях у даному графі) є коротшим, ніж у графів інших статей, що розглядаються у даній роботі.

Щільність графа є відношенням наявної кількості ребер графа до максимально можливої кількості ребер у повному графі з аналогічною кількістю вершин. Даний показник дозволяє продемонструвати степінь наповненості графа ребрами. Для всіх трьох прикладів цей показник є низьким, але для статті написаної в період кризи це показник дорівнює 0,004, що говорить про певні особливості у взаємозв'язках між словами.

Максимальну степінь (100,92) вершини продемонстрував граф публікацій надрукованих після кризи, що є найбільшим значення серед проаналізованих. Показник спектрального розриву, показує наскільки швидко система повернеться до нормального стану. Найбільше значення (3,595) цього показника мають статті 2011 року. Так, як максимальне значення  $\lambda_{\max}$  матриці суміжності є одним з показників складності графу, тобто графи побудовані зі значеннями  $\lambda_{\max} = 12,65$  є більш складним, ніж графи із значеннями  $\lambda_{\max} = 11,99$  та 11,89.

Із результатів обчислення показника алгебраїчної зв'язності можна сказати, що граф статті, опублікованої в період кризи, демонструє більшу зв'язність (2,72), ніж два інших графа (2006 р. та 2011 р. відповідно). Останньою спектральною мірою, є енергія графа, даний показник дорівнює 1310,81 для графу публікацій 2008 р., що є меншим ніж 1452,96 та 1388,96 для публікацій 2006 та 2011 років.



**Рис. 1** Когнітивна мережа (без назв вузлів) статті з економіки за 2008 р.

На рис. 1 представлено когнітивну мережу статті [11] в кризовий період. Візуалізації відбувалися за допомогою програмного продукту Gephi [12].

Отже, аналіз сутності і особливостей когнітивної науки свідчить про можливість використання її моделей і методів для дослідження економічних систем. Дослідження основних мережних моделей, розрахунки топологічних та спектральних характеристик дозволяє створити адекватний програмно-методичний комплекс моніторингу основних властивостей складних систем різної природи. Виявлено, що статті, які опубліковані в період кризи, характеризується більшою складністю та взаємопов'язаністю власних значень.

Подальші дослідження будуть спрямовані на продовження моделювання та аналізу когнітивних мереж в економіці за допомогою СКМ MatlabR2009, дослідженні та порівнянні нових топологічних та спектральних показників складних мереж, їх стійкості та надійності. Крім того, важливо дослідити закономірності еволюції когнітивних мереж, наявність у цих процесах фазових переходів.

### **Список використаної літератури:**

1. Кубрякова Е.С. О когнитивной лингвистике и семантике термина «когнитивный» / Е.С. Кубрякова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – Воронеж, 2001. – С. 4–10.
2. Зыков А.А. Основы теории графов. Учебное пособие / А. А. Зыков.– М.: Наука, 1987. – С. 384.
3. Евин И.А. Когнитивные сети / А.А. Кобляков, Д. В. Савриков, Н. Д. Шувалов //Компьютерные исследования и моделирование. –2011, т. 3, № 3– С. 231-239.
4. Hassan M. K. Scale-free network topology and multifractality in a weighted planar stochastic lattice / M. K. Hassan, M. Z. Hassan, N. I. Pavel // New Journal of Physics. – 2010. – Vol. 12. – P. 234–252.
5. Caldarelli G. Scale-Free Networks. Complex Webs in Nature and Technology / G. Caldarelli– Cambridge University Press. - 2007. – Vol. 2 – P. 56 – 67.
6. Ferrer-i-Cancho R. Small world of human language / R. Ferrer-i-Cancho, R.V. Sole // Proc. R. Soc. Lond. B. – 2001. –Vol. 268. – P. 2261.
7. Lacasa L. From time series to complex networks: The visibility graph / L. Lacasa, B. Luque, F. Ballesteros // PNAS. - April 2008. – №13. – P. 105-109.
8. Masucci A.P. Network properties of written human language / A.P. Masucci, G.J. Rodgers // Physical Review E. – 2006. – Vol. 74. – P. 102.
9. Водолеєва І.Є. Топологічний та спектральний аналіз когнітивних мереж в економіці / І.Є. Водолеєва // Економічна кібернетика: від теорії до практики: збірник наукових праць за

- матеріалами Всеукраїнської науково – практичної конференції. – 27-28 лютого 2015 р. – Дніпропетровськ: Герда, 2015 – 346 с.
10. Актуальні проблеми економіки. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://eco-science.net/>
11. Александрова М.О. Глобальні наслідки іпотечної кризи США / М. О. Александрова // Актуальні проблеми економіки. Серія: Економічна теорія та історія економічної думки. – 2008 р. – м. Харків - С.23-29.
12. The Open Graph Viz Platform. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://gephi.org/>

## **1.7. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКОНОМІЧНИХ ШОКІВ НА СТАН ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ**

В умовах активізації глобалізаційних процесів розвиток світової економіки значною мірою входить у площину невизначеності і перебуває під впливом постійного виникнення збурень, породжених кардинальними змінами як кліматичного, політичного, так і технологічно–економічного походження, що ускладнює управління соціально–економічним розвитком національних економік.

На даний час, актуальною є потреба в уточненні понятійного апарату та класифікації економічних шоків, бо всебічний розгляд шоку дозволяє ґрунтовніше дослідити механізм його дії, викрити зв'язки між різними видами шоків і слугує підґрунтям для узагальнюючих висновків і прогнозів розвитку економіки, розробки рекомендацій для уряду щодо обрання ефективних політичних заходів, спрямованих на подолання негативних наслідків шоківих впливів та стабілізації розвитку економіки [1]. Оскільки світовий досвід підтверджує, що найбільш уразливими до дії шоків є країни із перехідними економіками [2], зазначена проблема для України набуває особливо важливого значення.

За визначенням деяких вчених економістів, економічними потрясіннями, збуреннями або шоками є переміщення кривих попиту та пропозиції внаслідок впливів зовнішніх чинників [3], іншими дослідниками шоки трактуються як різка екзогенна

зміна в економічній системі [4]. Також існують підходи (насамперед в емпіричних дослідженнях) до трактування шоку як будь-якої суттєвої зміни економічного параметра [5].

Економічний шок як явище, повинно мати такі суттєві ознаки: по-перше, надзвичайний подразник, проявом якого в економічній сфері є раптова зміна умов господарювання, що викликає стрибки в динаміці одного чи декількох економічних показників, по-друге, він має викликати дестабілізацію розвитку певного економічного об'єкта (підприємства, ринку, окремого регіону або сектора економіки чи економічної системи в цілому) [1].

На практиці шоки мають складну структуру впливу на економіку, часто взаємопов'язані між собою, підсилюють або поглинають дію один одного, різним чином впливають на динаміку окремих економічних показників та загальноекономічну динаміку в цілому. Пом'якшення негативного впливу шоків на розвиток української економіки потребує застосування ефективних заходів акомодативної політики, вибір та обґрунтування яких повинні спиратися на аналітичне виявлення типів шоків, які найбільше впливають на загальноекономічну динаміку України. З цією метою розглянемо можливість впливу монетарного, технологічного, інвестиційного та фіскального шоків на розвиток української економіки.

В роботі були використанні динамічні стохастичні моделі загальної рівноваги (моделі загальної рівноваги економіки, які враховують розвиток і зміни економічної системи). Динамічні означає, що розв'язок моделі визначає динаміку всіх ендогенних змінних системи, стохастичні, що на динаміку змінних впливають стохастичні шоки, загальна рівновага свідчить про те, що пропозиція дорівнює попиту на всіх ринках у всі періоди [6]. Головною перевагою даних моделей є відображення не тільки залежності змінних від часу, але і врахування їх взаємозв'язку у часі. Даний вид моделі передбачає дослідження рівноважного стану економіки та вибір оптимального напрямку економічного розвитку системи.

Питаннями побудови моделей загальної рівноваги займалися такі відомі західні вчені, як М.Д. Вудфорд,



Ф.Е. Кідленд, Р.Е. Лукас, Е.К. Прескот. Серед українських вчених у сфері макроекономічного моделювання широко відомі О.О. Бакаєва, Т.С. Клебанова, І.Г. Лук'яненко, Ю.Г. Лисенко, О.І. Петрик, Р.Б. Семко та ін. Економічні шоки досліджують такі американські вчені, як Т.Дж. Сарджент, К.А. Сімс, які в 2011 році отримали Нобелівську премію за ці дослідження. Дослідженням цього ж питання займалися такі вчені, як О.Ж. Бланшар, Д.А. Джонсон, Г.А. Маршал, Дж.М. Кейнс, К.Л. Ламар.

В даній роботі була проаналізована динамічно-стохастична модель загальної рівноваги, типовими агентами якої є домогосподарства, споживачі, виробничі фірми, уряд, органи грошово-кредитних інвесторів і фінансових посередників. Модель також містить стохастичну складову, яка описує всі структурні шоки в економіці і їхній взаємозв'язок з різними змінними. Модель адаптована до відомої моделі Ireland [7] і включає дванадцять параметрів.

Запишемо лінеаризовані рівняння моделі в наступних восьми рівняннях.

Перше з них називається кривою IS

$$\hat{x}_t = E_t \hat{x}_{t+1} - (\hat{r}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}) + (1 - \omega)(1 - \rho_a) \hat{a}_t, \quad (1)$$

яка показує взаємозв'язок реального ВВП і ставки відсотка в умовах, коли плановані заощадження ( $S$ ) рівні планованим інвестиціям ( $I$ ).

Друге рівняння (крива Філіпса):

$$\hat{\pi}_t = \beta E_t \hat{\pi}_{t+1} + \psi \hat{x}_t - \hat{e}_t, \quad (2)$$

представляє собою графічне відображення передбачуваної зворотної залежності між рівнем інфляції та рівнем безробіття.

Третє рівняння є правилом Тейлора:

$$\hat{r}_t = r_{t-1} + \rho_\pi \hat{\pi}_t + \rho_g \hat{g}_t + \rho_x \hat{x}_t + \varepsilon_{r,t}, \quad (3)$$

визначає наскільки необхідно змінити процентну ставку у випадку зміни ВВП, інфляції та інших показників.

Наступне рівняння описує розрив ВВП:

$$\hat{x}_t = \hat{y}_t - \omega \hat{a}_t, \quad (4)$$

і являє собою різницю між фактичним і потенційним ВВП.

Рівняння (5)

$$\hat{g}_t = \hat{y}_t - \hat{y}_{t-1} + \hat{z}_t, \quad (5)$$

визначає зростання ВВП.

Наступне рівняння

$$\hat{a}_t = \rho \hat{y}_{t-1} + \varepsilon_{a,t}, \quad (6)$$

описує сукупний попит, і є моделлю, що показує реальний обсяг національного виробництва, який споживачі, підприємства і уряд готові придбати при будь-якому можливому рівні цін.

Сьоме рівняння

$$\hat{e}_t = \rho_b \hat{e}_{t-1} + \varepsilon_{b,t} \quad (7)$$

показує економічні витрати на виробництво.

І, нарешті, рівняння

$$\hat{z}_t = \varepsilon_{z,t}, \quad (8)$$

описує технологічний шок, який є випадковою, нормально розподіленою незалежною величиною.

Оцінювання моделі було проведено на основі квартальних даних реального ВВП та споживання для України за період з першого кварталу 2002 р. по третій квартал 2010 р. На основі квартальних даних за 2002–2010 рр. можна відкалібрувати відношення споживання до ВВП, яке становитиме 59%, інвестицій до ВВП – 22%, урядових видатків до ВВП – 18%. Припустимо, що частка споживання підприємств становить 1% ВВП.

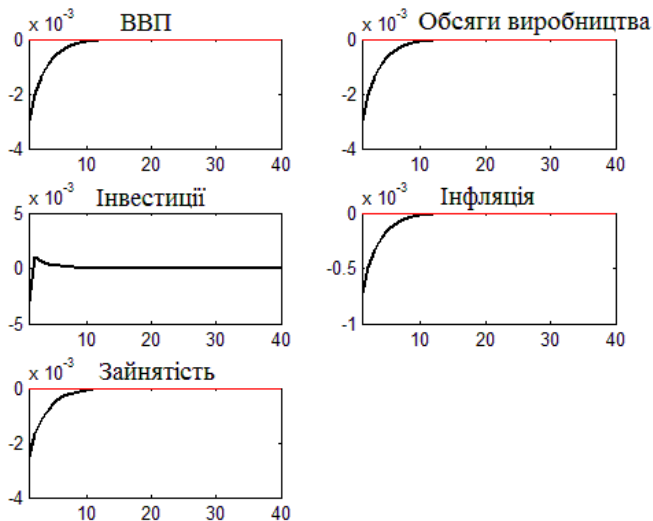
Також були використані такі параметри: коефіцієнт дисконтування  $\beta=0,950$ , коефіцієнт  $\psi = 0,300$ , коефіцієнт дохідності  $\omega=0,990$ , коефіцієнт відхилення інфляції від нормального рівня  $\rho_\pi = 0,360$ , коефіцієнти реакції на ріст і розрив ВВП  $\rho_g=0,960$ , і  $\rho_x=0,035$  відповідно. В роботі використані чотири середньоквадратичні відхилення: стандартне відхилення монетарного шоку  $\sigma_r=0.003$ , відхилення фіскального шоку  $\sigma_a=0.405$ , інноваційного  $\sigma_e=0.001$  і технологічного  $\sigma_z=0.109$  [8].

На основі параметрів було розв'язано систему з рівнянь (1)–(8), яку можна використати для генерування функцій відгуку на один відсоток шоку.

Функція відгуку певної змінної на шок є реакцією даної змінної в часі на дію шоку. На основі реальної чи гіпотетичної ситуації можна визначити характеристики шоку (силу його дії та часові межі) та, використовуючи оцінену модель, проаналізувати реакцію різних змінних на шок [9].

Для практичного використання динамічно-стохастичних моделей загальної рівноваги була використана програмна платформа Dynare [10].

На рис. 1 відображено графік впливу монетарного шоку (наприклад, підняття ставки рефінансування на 1%) на основні макроекономічні показники.



**Рис. 1. Функції відгуку на монетарний шок (горизонтальна вісь – квартали, вертикальна – відхилення від рівноважного значення)**

За Кейнсом [2], монетарні, фіскальні та інвестиційні шоки є тими факторами, які мають першорядний вплив на флуктуації попиту на макrorівні (тобто в кінцевому рахунку визначають розвиток економічної системи).

Функції відгуку на рис. 1, показують, що монетарний шок спричиняє негативний вплив на реальні змінні. Зокрема, зменшення ВВП становитиме 0,003% у першому кварталі, і

тільки через 10 кварталів (один період) ВВП зможе повернутись до свого рівноважного довгострокового детерміністичного значення. Інфляційні процеси також будуть зменшуватись, але протягом першого періоду інфляція знову досягне свого рівноважного значення. Щодо інвестицій, то як і очікувалось, вони менш волатильні, зокрема протягом першого кварталу вони незначно зменшуються, далі відхилення зростатиме і до кінця другого року повертається до свого рівноважного значення. Обсяги виробництва, як і зайнятість, також матимуть негативну реакцію на дію шоку, але протягом двох років відхилення повернеться до свого рівноважного значення.

Монетарні шоки виникають у сфері грошового обігу і пов'язані зі зміною обсягу пропозиції грошей, рівня цін, відсоткових ставок і можуть мати як внутрішнє, так і зовнішнє походження. Монетарні шоки здебільшого породжуються змінами грошово-кредитної політики і справляють значний ефект на поведінку реального обмінного курсу національної валюти.

На рис. 2 відображено графік впливу технологічного шоку (зростання міри технології на підприємствах на 1%) на основні макроекономічні показники.

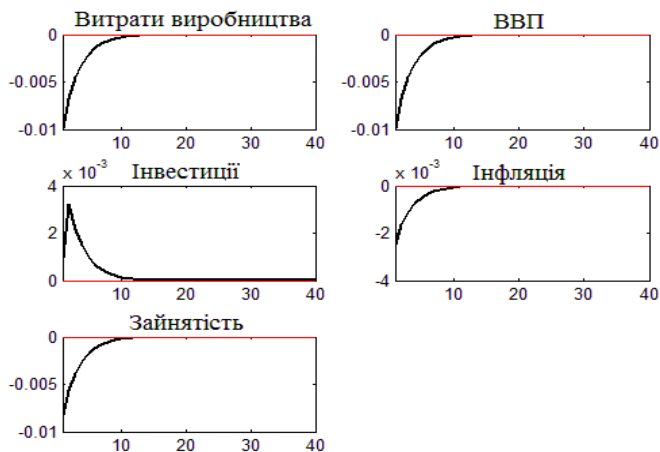
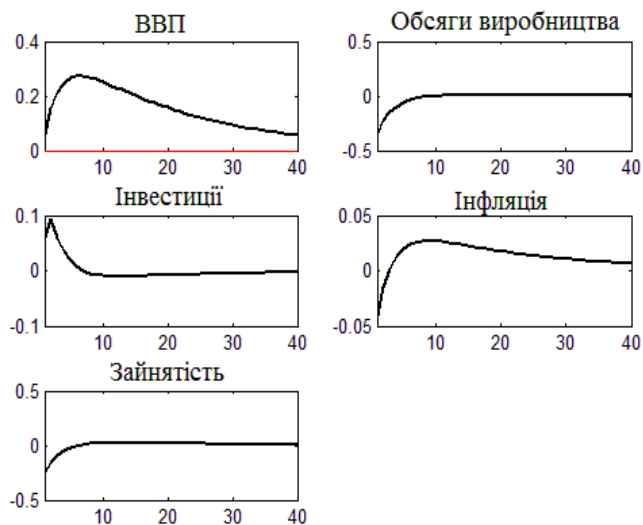


Рис. 2. Функції відгуку на технологічний шок

На графіках з рис. 2, можна побачити, що тимчасовий технологічний шок спричинить такий вплив на реальні змінні: витрати виробництва на певний час зменшаться на 0.01%, зменшення ВВП становитиме 0,01% на один відсотковий шок у першому кварталі, і тільки через три роки ВВП зможе повернутись до свого значення. Інфляційні процеси незначно зменшаться, але також за відносно короткий період повернуться до свого рівноважного значення. Стосовно інвестицій буде спостерігатись позитивна динаміка: вони будуть різко зростати, адже нові технології завжди ведуть за собою притік інвестицій. Зменшиться зайнятість, як і вважають автори статті [11], які доводять, що за технологічні інновації суспільство платить певну «ціну» у вигляді безробіття в короткостроковій перспективі.

Саме тому при прийнятті рішення, політикам необхідно звертати більшу увагу на проблему ригідності цін (price rigidity) так як створення робочих місць в економіках, що розвиваються, є болючою соціально–економічною проблемою, то, виходячи з розрахунків, слід застосовувати заходи мінімізації безробіття в короткостроковій перспективі, що виникає через вплив технологічних шоків.

Графік впливу інвестиційного шоку (зростання ролі інвестицій на 1%) на основні макроекономічні показники представлено на рис. 3.

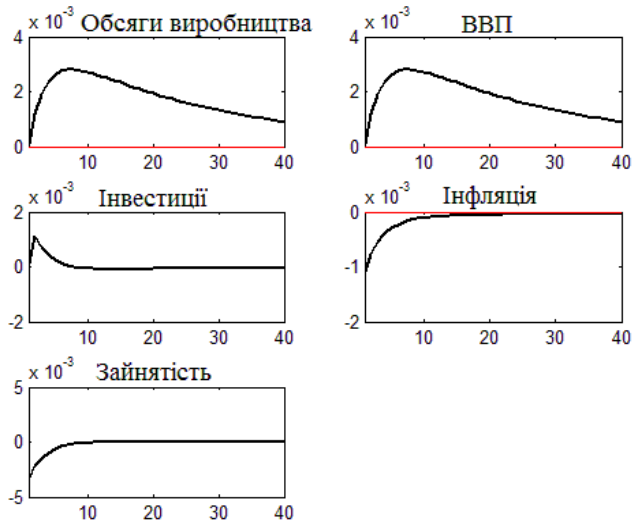


**Рис. 3. Функції відгуку на інвестиційний шок**

На рис. 3, функції відгуку показують, що збільшення кількості інвестиції в економіку повинно призвести до збільшення ВВП на тривалий час, збільшення витрат виробництва, різкого збільшення інфляції через півтора року. Збільшення інвестицій також повинне призвести до невеликого зменшення зайнятості, яке досягне свого рівноважного значення через один період.

Шоківі сплески в динаміці інвестицій породжують зміни таких складових умов господарювання, як очікувана норма чистого прибутку; реальна ставка відсотка, що відіграє вирішальну роль при прийнятті рішень інвесторів щодо альтернативних можливостей вкладення капіталу; рівень оподаткування; зміни в технології виробництва, проявом яких є рівень витрат основних факторів у процесі виробництва; доступність кредитних ресурсів; наявний основний капітал, економічні очікування; динаміка сукупного доходу. На думку Кейнса [2], саме зміни інвестиційного попиту є ключовим чинником виникнення циклічних економічних коливань.

На рис. 4 відображено графік впливу одинвідсоткового фіскального шоку на основні макроекономічні показники.



**Рис. 4. Функції відгуку на фіскальний шок**

Функції відгуку на рис. 4, показують, що фіскальний шок позитивно впливає майже на всі макроекономічні показники. А саме, на довгострокове зростання обсягу виробництва і росту ВВП. В короткостроковому періоді зростають інвестиції і зменшується інфляція. Зайнятість незначно зменшується на один період. Проведення правильної фіскальної політики призведе до зростання економічних показників і до економічного зростання в цілому.

Наразі практично не існує дієвої системи антишокового регулювання економіки в Україні, здатної протистояти впливу макроекономічних шоків, тому Україна відчутно потерпіла від останньої економічної кризи. Проаналізувавши всі функції відгуків, можна сказати, що кожен шок по різному впливає на економіку, має переваги і недоліки. Таким чином, знаючи вплив того чи іншого шоку, на динаміку змін макроекономічних показників, можна спрогнозувати яку саме політику держави потрібно використовувати в

короткостроковому та довгостроковому термінах, що спростить управління соціально–економічним розвитком національної економіки. Також, данні дослідження можна використати для прогнозу майбутньої ситуації економічного розвитку країни.

В подальшому планується провести фундаментальний аналіз функцій відгуків на технологічний, фіскальний, інвестиційний і монетарний шоки, дослідити їхній вплив на сучасну ситуацію в державі. А також спробувати спрогнозувати, яку саме національну політику слід проводити в умовах економічної кризи в Україні.

### **Список використаної літератури:**

1. Шинкоренко Т.П. Макроекономічні шоки: теоретичні та емпіричні аспекти / Т.П. Шинкоренко // Економіка і прогнозування. – 2010, № 2. – С. 44–60.
2. Кейнс Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег : пер. с англ. – М. : Гелиос АРВ. – 1999. – 352 с.
3. Менк'ю Н.Г. Макроекономіка : пер. с англ. – К. : Основи. – 2000. – 736 с.
4. Моисеев С.Р. Парадигма оптимальной валютной зоны / С.Р. Моисеев // Бизнес и банки. – 2000, № 4. – С. 1–4.
5. Charles L. Fundamental economic shocks and the macroeconomy / L. Charles, E. David, A. Marshall // Central Bank of Chile Documentos de Trabajo Working Papers. – 2005, № 351. – P.2–56.
6. Зарецкий З.А. Сравнение вариантов монетарной политики в рамках простой DSGE–модели / З.А. Зарецкий // Банкаўські веснік. – 2013, №7. – С. 21–28.
7. Ireland P. Technology shoks in the New Keynesian model. / P. Ireland // Revive of Economics and Statistics. – 2004. – С. 923–936.
8. Лук'яненко І.Г. Прогнозування наслідків економічної політики за допомогою моделі загальної рівноваги / І. Г. Лук'яненко, Р. Б. Семко // Актуальні проблеми економіки. – 2012, № 1. – С. 303–319.
9. Кондаков Н.И. Логический словарь–справочник. – М. : Наука. – 1975. – 717с.



10. Офіційний сайт Dynare [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.dynare.org/what-is-dynare>.

11. Экспертный сайт Высшей школы экономики [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://opes.ru/1248010.html>.

## **1.8. МОДЕЛЮВАННЯ ІНДЕКСІВ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ЗА ДАНИМИ ФІНАНСОВИХ РИНКІВ**

**Анотація.** У роботі визначено переваги застосування сучасних міждисциплінарних підходів до аналізу рейтингів конкурентоспроможності, здійснено перевірку ефективності рекурентного, спектрального та, топологічного методів на прикладі часових рядів фінансових ринків.

**Ключові слова:** індекс глобальної конкурентоспроможності, інформаційні міри, рекурентні міри, топологічний аналіз, спектральний аналіз.

**Вступ.** Конкурентоспроможність країни визначається, як здатність в умовах вільної конкуренції виробляти товари та послуги, що задовольняють потреби світового ринку, реалізація яких збільшує добробут суспільства, а вітчизняні товаровиробники можуть постійно розвивати свої конкурентні переваги та займати стійкі позиції на світовому ринку, завдяки потужному економічному потенціалу країни.

Основним засобом узагальненої оцінки конкурентоспроможності країн є індекс глобальної конкурентоспроможності, запропонований у 2004 році для Всесвітнього економічного форуму (ВЕФ) професором Колумбійського університету Ксав'є Сала-і-Мартіна. Розраховується за 12 основними критеріями, які детально характеризують конкурентоспроможність країн світу, що знаходяться на різних рівнях економічного розвитку [1].

Міжнародний інституту розвитку менеджменту – International Institute for Management Development (IMD), стабільно входить у трійку лідируючих бізнес-шкіл миру. Лозаннська методологія оцінює також чинники сталості

економічного зростання, екологічного впливу на економіку, побудови інфраструктури, необхідної для відтворення в суспільстві головного чинника конкурентоспроможності - людського капіталу, тобто охорона здоров'я, підготовка кадрів тощо.

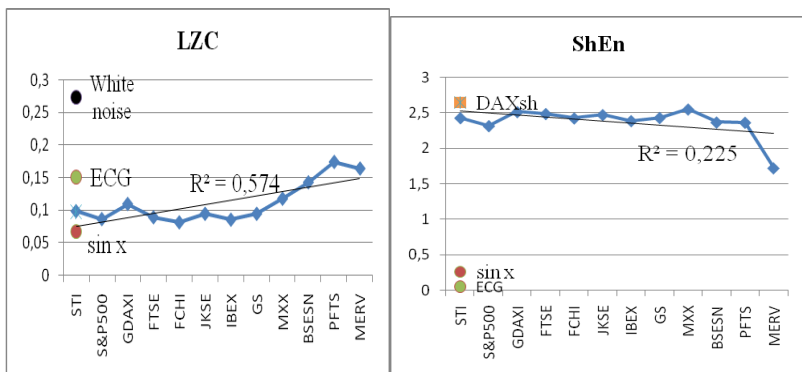
**Метою роботи** є дослідження індексів конкурентоспроможності інформаційними, рекурентними, спектральними та топологічними методами оцінки складності [3].

**Виклад основного матеріалу.** Для дослідження конкурентоспроможності використовуватимемо 21 часовий ряд фондових індексів наступних країн: S&P500 (США), GDAXI (Німеччина), FTSE (Великобританія), FCHI (Франція), STI (Сінгапур), N225 (Японія), AEX (Нідерланди), GSPTSE (Канада), NZ50 (Нова Зеландія), BFX (Бельгія), ISEQ (Ірландія), KS11 (Південна Корея), HSI (Китай), JKSE (Індонезія), IBEX (Іспанія), GS (Греція), BVSP (Бразилія), MERV (Аргентина), MXX (Мексика), BSESN (Індія), PFTS (Україна) [2].

Для оцінки достовірності і інформативності тієї чи іншої міри будемо використовувати коефіцієнт достовірності апроксимації  $R^2$ , який демонструє степінь відповідності трендової моделі вихідним даним. Його значення може належати діапазону від 0 до 1. Чим ближче  $R^2$  до 1, тим точніше модель описує наявні дані.

Універсальна міра складності кінцевої символної послідовності була запропонована Лемпелем і Зівом. У рамках їх підходу складність послідовності оцінюється числом кроків процесу, що її породжує [3].

На рис. 1 представлені алгоритмічна складність за Лемпелем-Зівом (LZC) та ентропія Шеннона (ShEn) розраховані для індексу конкурентоспроможності за методикою Всесвітнього економічного форуму.



**Рис. 1. Залежність алгоритмічної складності за Лемпелем-Зівом та ентропії Шеннона від індексу глобальної конкурентоспроможності за методикою ВЕФ**

З даного рисунка бачимо, що коефіцієнт достовірності апроксимації  $R^2$  для алгоритмічної складності за Лемпелем-Зівом більше 0,6, що говорить про високу силу зв'язків між компонентами індексів. На відміну від ентропії Шеннона, у якій коефіцієнт  $R^2$  не перевищує 0,3. Аналогічна ситуація прослідковується і за іншими рейтингами конкурентоспроможності.

Аналізуючи складність за Лемпелем-Зівом також необхідно відмітити, що найбільшу складність мають менш розвинені країни, які знаходяться в кінці рейтингу. Таку тенденцію ми спостерігаємо у індексах за всіма методиками. Чого не можна сказати про ентропію Шеннона, яка б теж повинна мати висхідний характер. Для підтвердження даної гіпотези ми додатково обчислили значення алгоритмічної складності за Лемпелем-Зівом та ентропії Шеннона для перемішаного ряду фондового індексу Німеччини DAXsh, який застосовується як приклад хаотичної системи, так як перемішування даних руйнує структуру системи, та тестових сигналів – періодичної функції  $\sin x$ , білого шуму (white noise) та складного біологічного сигналу – фрагменту електрокардіограми (ECG). В результаті ми отримали що алгоритмічна складність за Лемпелем-Зівом для перемішаного ряду складає 0,097, для  $\sin x$  – 0,067, для білого шуму – 0,273 і для ECG – 0,15. Як і очікувалось, найбільшу складність має

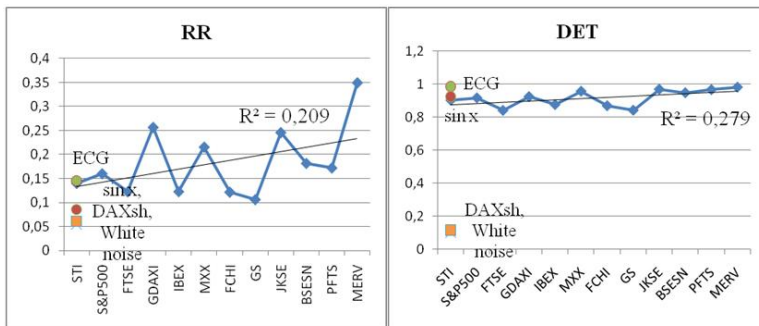
випадковий сигнал, а найменшу – періодичний. Щодо біологічного сигналу, такі сигнали являються одними з найскладніших у природі, містять довготривалі кореляції і, принаймні, є складнішими, ніж випадкові послідовності, що не підтвердило наше дослідження. Можна показати, що використання ентропії Шеннона для оцінки складності принципово нічого нового не дає. Максимальне значення ентропії мають випадкові сигнали. Таким чином, інформаційні методи оцінки складності є недостатньо інформативними, а їх використання потребує більш детального аналізу.

Застосування ідей сучасної теорії складності в системах моніторингу і прогнозування економічної динаміки є логічним продовженням досліджень з вивчення довгої пам'яті [5] та рекурентних властивостей фінансових часових рядів [6]. Аналізуючи роботи, де рекурентний аналіз та його кількісні міри використовувались для дослідження індикаторів та передвісників кризових явищ [4], можна зробити висновок щодо доцільності використання даних мір у моделюванні властивостей індексів конкурентоспроможності. Тому розглянемо інструмент обчислення ряду на основі підрахунку густини рекурентних точок і побудови частотного розподілу довжин діагональних ліній: recurrence rate (RR, коефіцієнт самоподібності), determinism (DET, передбачуваність). Обчислення цих мір в підматрицях рекурентної діаграми уздовж лінії ідентичності показує поведінку цих мір у часі. Деякі дослідження даних мір показали, що їх застосування може сприяти виявленню точок біфуркації, переходів «хаос–порядок». Також запропоновані міри, що використовують густину вертикальних (або горизонтальних) структур: laminarity (LAM, ламінарність), trapping time (TT, час затримки), що дозволяють виявляти переходи «хаос-хаос» [3].

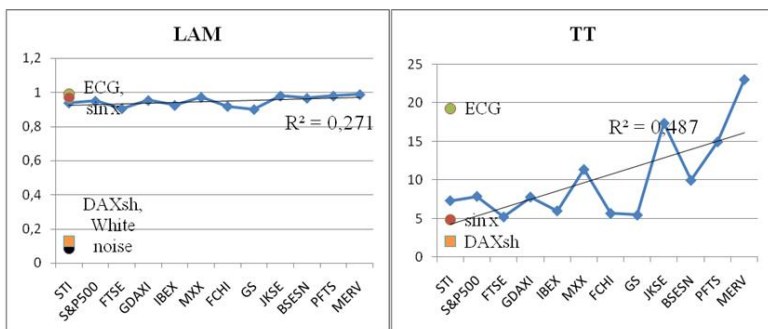
На рис. 2-3 представлені регресійні залежності рекурентних мір, заснованих на діагональних і вертикальних лініях рекурентної діаграми, та індексів конкурентоспроможності за методикою ВЕФ.

Усі залежності мають висхідний характер і коефіцієнт детермінації  $R^2$  не перевищує значення 0,5. Це свідчить, поперше, про те, що фінансово стабільні ринки, які знаходяться

на початку рейтингу, мають значення усіх мір менше ніж ринки, які розвиваються, по-друге, так як  $R^2$  менше 0,5, то сила зв'язку між компонентами індексу є досить слабкою. Аналогічна ситуація спостерігається і для індексів конкурентоспроможності, розрахованих за іншими методиками.



**Рис. 2.** Регресія рекурентних мір, заснованих на діагональних лініях рекурентної діаграми та індексів глобальної конкурентоспроможності за методикою ВЕФ



**Рис. 3.** Регресія рекурентних мір, заснованих на горизонтальних лініях рекурентної діаграми та індексів глобальної конкурентоспроможності за методикою ВЕФ

У процесі розгортання фінансової нестабільності знижується рівень впорядкованості системи, руйнуються попередньо сформовані кластери. Відповідно, спостерігається суттєве зменшення рівня складності системи з подальшим

підвищенням у період релаксації. У роботах щодо дослідження поведінки міри детермінізму було визначено, що ця міра за умов стабільного розвитку системи зростає та максимально наближується до одиниці, однак, з початком розгортання деструктивних процесів, він виявляє стійку тенденцію до зниження [4]. Тобто в нашому випадку міра детермінізму повинна мати низхідний характер. Але провівши дослідження, приходимо до висновку, що вона є висхідною, тобто чим більш стабільні і розвинуті країни, які знаходяться на початку рейтингів, тим менше буде значення міри детермінізму, що суперечить вищезазначеній гіпотезі. Аналогічна ситуація прослідковується і для коефіцієнтів само подібності і ламінарності.

Це підтверджують і значення рекурентних мір для перемішаного ряду. Так середнє значення коефіцієнта детермінізму перемішаного ряду становить 0,11, для ентропії довжини діагоналей – 0,24, для коефіцієнту самоподібності – 0,06, ламінарності – 0,13. Що знову ж таки підтверджує те, що лінії тренду для цих мір індексів конкурентоспроможності повинні спадати за всіма методиками. З цього випливає, що доцільність використання кількісних мір рекурентного аналізу для дослідження індексів конкурентоспроможності не доведена.

Далі ми дослідили мережні міри складності, використовуючи рекурентний алгоритм перетворення часового ряду в граф [8]. Відповідно для фондових індексів отримали графи та обчислили їх спектральні і топологічні характеристики. Дослідження топологічних характеристик є важливою частиною загального аналізу графів, адже вони показують множину зв'язків між елементами графу [7, 8].

На рис. 4 відображено зв'язок топологічних мір середній степінь вершини (AvgDegree) та коефіцієнт кластеризації (clustering) і індексів конкурентоспроможності за методикою ВЕФ.

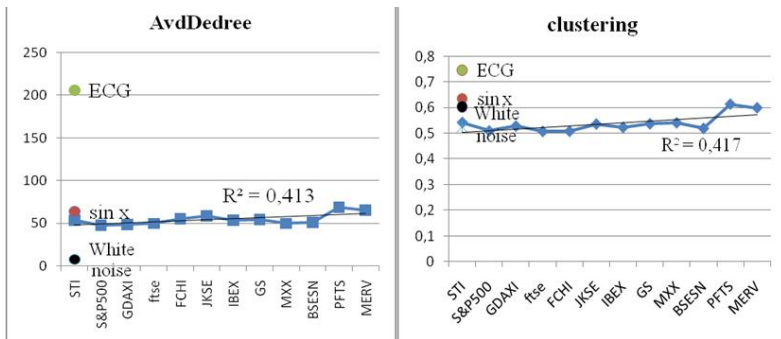


Рис. 4. Регресія топологічних мір та індексу глобальної конкурентоспроможності за методикою ВЕФ

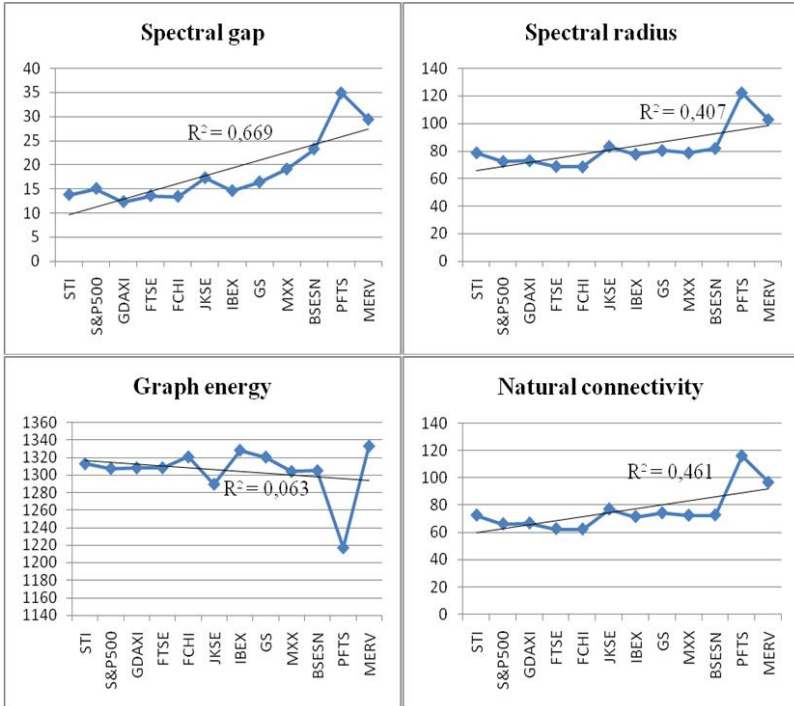
Отримані результати ми порівняли з результатами для тестових сигналів та перемішаного ряду і прийшли до висновку, що використання даних мір є недоцільним, так як значення для перемішаного ряду повинно суттєво відрізнятись від реальних, чого не можна сказати про коефіцієнт кластеризації, який для перемішаного ряду становить 0,53, а середнє значення за індексами конкурентоспроможності – 0,54. Також з рисунку можна побачити, що значення міри AvgDegree (середній степінь вершини) для часових рядів фінансових ринків є майже ідентичним до значення для періодичної функції  $\sin x$ .

Також у даній роботі розглядались деякі спектральні міри, а саме: енергія графа (graph energy), спектральний радіус (spectral radius), спектральний розрив (spectral gap) та натуральна зв'язність (natural connectivity) [9].

На рис. 5 представлені кореляції спектральних характеристик фондових індексів та глобальних індексів конкурентоспроможності за методикою ВЕФ. Видно, що всі зазначені міри демонструють певну направленість, та порівняно високий коефіцієнт детермінації, що говорить про високу силу зв'язків між компонентами індексу. Енергія графу, на відміну від інших, демонструє низхідний тренд, тому чим більшим буде значення даної міри, тим вищим буде і рейтинг країни.

Спираючись на отримані значення спектральних мір для перемішаного ряду, можна зробити висновки, що всі

вищеописані спектральні міри повинні спадати, так як середнє значення енергії графа становить 881,32, спектрального розриву – 1,68, спектрального радіусу – 15,29 та натуральної зв'язності – 9,44.



**Рис. 5. Зв'язок спектральних мір фондових індексів з індексами глобальної конкурентоспроможності за методикою ВЕФ**

Зазначимо, що недоліки при побудові інтегральних індексів конкурентоспроможності мають ту ж природу, що і недоліки будь-якого інтегрального показника. Вони є сукупністю окремих критеріїв, де кількість та склад індикаторів, що об'єднуються в інтегральний показник, значною мірою зумовлені суб'єктивними факторами, адже методологія визначення деяких критеріїв базується на опитуванні та експертній оцінці. Водночас, спектральний аналіз продемонстрував, що, враховуючи різні методики ранжування країн, різниця між зазначеними рейтингами є



несуттєвою, що свідчить про достовірність і належну об'єктивність даних індексів конкурентоспроможності.

Отже, дані спектральні міри можна вважати інформативними, але наскільки вони є чутливими до динамічних властивостей часового ряду – ця задача є наступною у дослідженні з використання спектральних мір у якості індексів конкурентоспроможності.

### **Список використаної літератури:**

1. Индекс глобальной конкурентоспособности. Гуманитарная энциклопедия // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/global-competitiveness-index/info>
2. Джерело статистики індексів світового фондового ринку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://finance.yahoo.com>.
3. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: [Монографія] / Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловійов В.М., Шарапов О.Д.– Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 300 с.
4. Соловійов В.М. Рекурентні міри як метод кількісної оцінки складності / В.М.Соловійов, А.В.Батир // Вісник КНУТД, 2012, №5, с.254-257.
5. E. Panas. Long memory and chaotic models of prices on the London MetalExchange [Електронний ресурс] – Режим доступу: <ftp://ftp.elet.polimi.it/users/Carlo.Piccardi/VarieCda/ArticoliStudenti/e13.pdf>
6. Eckmann, J.–P., Kamphorst, S. O. & Ruelle, D. Recurrence plots of dynamical systems [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://iopscience.iop.org/0295-5075/4/9/004>
7. Ellen van der Meer. Comparing measures of network robustness // [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.few.vu.nl/en/Images/werkstuk-meer\\_tcm39-280356.pdf](http://www.few.vu.nl/en/Images/werkstuk-meer_tcm39-280356.pdf).
8. Соловійов В.М. Дослідження топологічних та спектральних властивостей фондових індексів засобами аналізу складних мереж / Соловійов В.М., Соловійова К.В. -Конференція СПМСЕС-VI. – Харків, 2014. – [Електронний ресурс] – Режим

доступу:

<http://mpsesm.org/index.php/mpsesm/mpsesm6/paper/view/35>

9. Соловійов В. М. Спектральний аналіз фондових ринків / В. М. Соловійов, Ю. Є. Тобілевич // Проблеми моніторингу, моделювання та менеджменту емерджентної економіки: Монографія / За ред. д. ф. – м. н., проф. Соловійова В. М. та ін. – Черкаси: Брама – Україна, 2013. – с. 112-122.

## **1.9. ІНТЕГРАЛЬНА СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА СТОХАСТИЧНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ КРИЗИ**

*Вступ.* У сучасній економічній науці і практиці математичні моделі стали необхідним інструментом дослідження виробничих процесів, бо моделі дозволяють глибше зрозуміти їхню економічну динаміку і обґрунтувати рішення, які приймаються при плануванні, прогнозуванні і управлінні. Незважаючи на численні розробки оптимальних стратегій в економіці, спостережувана на практиці картина, зокрема, виникнення і розвиток кризових ситуацій, свідчить про необхідність подальшого вивчення економічних явищ. У зв'язку з цим проблема визначення механізмів і сценаріїв розвитку динаміки в економічних системах стає дуже важливою і актуальною.

Розробка і дослідження інтегрованих моделей на базі використання інформаційних і інноваційних технологій з метою прогнозування нелінійної динаміки еколого-економічних і соціально-гуманітарних систем в сучасних умовах є актуальною проблемою. Такий підхід у повному обсязі підтверджується думкою багатьох видатних учених, відображеною у концепції сталого розвитку, яка з'явилася в результаті об'єднання трьох основних моделей і точок зору (триєдина модель): економічної, соціальної і екологічної [1-6].

При моделюванні еколого-економічного розвитку в руслі концепції екологічної модернізації і принципу сталого розвитку необхідно враховувати наступні взаємопов'язані

системи: економіку (виробництво), працю (населення), ресурси (корисні копалини, природні ресурси та ін.), природу (ця система відображає стан довкілля). Називатимемо останню систему моделлю забруднення попри те, що вона включає і позитивні дії, такі як очищення, відновлення та ін. У якості регулюючого органу у базовій моделі виступає деякий центр (регіональне управління), який визначає еколого-економічну політику, тобто приймає рішення про рівень споживання, рівень видобутку і рівень забруднення. Таким чином, базова модель включає чотири взаємопов'язані взаємодіючі моделі і деякий критерій вибору оптимальної екологічної політики.

**Метою роботи** є розробка та дослідження інтегральної соціально-еколого-економічної стохастичної моделі динаміки техногенного регіонального підприємства, придатної для умов криз.

**Викладення основних результатів.** Запропонований огляд і аналіз деяких отриманих останніми роками різними авторами результатів з макро- і мікромоделювання динаміки еколого-економічних і соціо-гуманітарних систем і процесів, які функціонують і розвиваються в складних умовах нелінійностей, нестабільностей і криз.

Більшість створених раніше моделей соціально-еколого-економічних систем (СЕЕС) мають теоретичний і детермінований характер і досить проблемні з точки зору наявності інформації для їх реалізації. У зв'язку з цим завдання управління техногенним регіональним виробництвом (ТРВ) в умовах кризи обумовлює об'єктивну необхідність вдосконалення методів, моделей і інформаційних технологій на основі стохастичних рівнянь для управління СЕЕС.

Основною вимогою парадигми сталого розвитку є створення умов існування майбутніх поколінь шляхом обмеженого природокористування, налагодження циклів відтворення природних ресурсів і довкілля разом з розвитком соціального капіталу – усе це може бути виконано тільки на основі використання науково-технічних досягнень і при високій інноваційній активності. Тому парадигма інноваційного розвитку концептуально обґрунтовує шлях досягнення стійкого зростання ТРВ за допомогою розвитку

людського потенціалу і зменшення навантаження ТРВ на людину і довкілля.

Щоб підвищити ефективність управління ТРВ в умовах кризи, необхідно позитивно впливати на всі її структурні складові, від яких залежить успіх діяльності ТРВ на перспективу. Сталий розвиток ТРВ вимагає такого підбору і поєднання її складових, які забезпечували б гармонійне функціонування ТРВ як єдиного цілого. Одним з основних чинників підвищення ефективності функціонування ТРВ є інтенсифікація виробництва, на яку у вирішальній мірі впливає наука. Інтелектуальний капітал ТРВ – це внутрішній ресурс, здатний надати їй нові інноваційні переваги. Важливо, щоб у результаті інноваційної діяльності ТРВ, спрямованої на подолання кризових явищ, був підвищений рівень її системності і за рахунок цього був отриманий синергетичний ефект [1].

У роботах [1-3] досліджений процес вдосконалення механізму управління техногенним регіональним виробництвом шляхом розробки методів, моделей і інформаційних технологій соціально-еколого-економічного управління (СЕЕУ) в умовах кризи. Запропоновані математична і концептуальна моделі і проведені сценарні розрахунки за імітаційною моделлю управління ТРВ.

Це дослідження є розвитком результатів робіт авторів [1-6] з еколого-економічного моделювання і управління на випадок обліку стохастичних чинників впливу, і ми сподіваємося, що наданий матеріал буде корисний як для відомих фахівців-дослідників у цьому напрямку науки, так і для молодих учених.

*1. Концептуальну модель інтегрального еколого-економічного, соціального та гуманітарного розвитку і управління складною системою в умовах невизначеності, нестабільності, труднощів і тому подібних "НІ-чинників" і "БАГАТО-чинників" можна представити у вигляді теоретико-множинного кортежу виду:*

$$IS := \langle \langle E_c, E_n, S_o, H_u \rangle; \langle X_1, Y_1, F_1, G_1, K_1, \Omega_1 \rangle, R_1, U_1, E_1, T \rangle, \quad (1)$$

де  $\langle E_c, E_n, S_o, H_u \rangle$  – інтегральний кортеж основного набору систем, причому  $E_c$  – економіка (економічна система);  $E_n$  –

довкілля (екосфера);  $S_o$  – соціальна сфера (соціальна система);  $H_u$  – гуманітарні компоненти в моделі. Кортж  $\langle X_1, Y_1, F_1, G_1, K_1, \Omega_1 \rangle$  складається із загальновідомих компонент для кожної з вищезгаданих систем:  $R_1 = \langle R_c, R_n, I_n, \tau_{II}, R_s \dots \rangle$  – кортеж ресурсів, причому  $R_c$  і  $R_n$  – економічні і екологічні ресурси;  $I_n$  – інвестиції;  $\tau_{II}$  – інформаційний і інноваційний потенціал;  $R_s$  – ресурс для забезпечення безпеки від сукупності загроз, ризиків і криз.

Глобальна схема інтегральної моделі сталого і соціально-гуманітарного розвитку системи можна представити у вигляді інтегратора:  $S = E_n \oplus E_c \oplus S_o \oplus H_u$ , тобто як інтегральну «4-єдину» систему, причому  $E_c$  – економічна система,  $E_n$  – екологічна система,  $S_o$  – соціальна система,  $H_u$  – гуманітарна система;  $X(t, r)$  – стан інтегральної системи  $S$  у просторі змінних  $(t, r) \in [T \times R^3]$ ;  $X_0$  – стан системи  $S$  в початковий момент часу  $t_0$ ;  $W$  – безліч збурюючих чинників зовнішнього середовища [3, 4].

2. *Концептуальну модель прогнозування і управління еколого-економічними процесами (ЕЕП) техногенного економічного об'єкту (ТЕО) в умовах наявності «НІ-чинників» і «БАГАТО-чинників» можна представити як теоретико-множинну модель у вигляді кортежу:*

$$\langle X, Y, F, H, R, E, \Omega, T, G, K_u, K_p, P, U \rangle, \quad (2)$$

де  $X$  – безліч можливих станів техногенного економічного об'єкту;  $Y = \langle Y^{\text{екн}}, Y^{\text{екл}} \rangle$  – загальний вихід техногенного економічного об'єкту, причому  $Y^{\text{екн}}$  – продуктивна множина (тобто «корисний вихід»), а  $Y^{\text{екл}}$  – безліч забруднень (тобто «шкідливий вихід»);  $F = \langle F^{\text{екн}}, F^{\text{екл}} \rangle$  – модельне відображення ТЕО;  $H = \langle H^{\text{екн}}, H^{\text{екл}} \rangle$  – загальний оператор спостережень (вимірів);  $R$  – ресурсна множина (тобто основний контрольований вхід ТЕО);  $E$  – безліч невизначених чинників (як зовнішніх, так і внутрішніх, тобто як адитивних, так і мультиплікативних), зокрема, це множина стохастичних, нечітких, множинних або змішаних невизначеностей;  $\Omega$  – безліч обмежень;  $T$  – часовий інтервал функціонування і розвитку ТЕО;  $G$  – цільова множина;  $K_u$  – узагальнений еколого-економічний критерій управління (ЕЕК);  $K_p$  –

узагальнений критерій оптимізації прогнозування (КОП);  $P$  – оператор еколого-економічного прогнозування (предиктор);  $U = \langle U^{\text{екн}}, U^{\text{екл}} \rangle$  – вектор еколого-економічного управління (ЕЕУ). Позначення «екн» і «екл» відповідають економічним і екологічним змінним.

Тоді завдання оптимального еколого-економічного прогнозування, тобто визначення предиктора, як для внутрішніх, так і для зовнішніх процесів можна сформулювати таким чином: визначити оцінку  $\hat{x}(T + \delta)$ ,  $\delta = \delta_0, \delta_1 \dots$  вектору стану  $x(T + \delta)$  при заданому кроці прогнозу  $\delta$  на основі безлічі еколого-економічних спостережень  $\{y(t), t \in [t_0, T]\}$  і по заданому КОП  $K_p$ .

Завдання ЕЕУ тепер полягає у визначенні ефективного інтегрального вектору управління  $U = \langle U^{\text{екн}}, U^{\text{екл}} \rangle$  на основі оцінок  $\hat{x}(T + \delta)$ ,  $\delta = \delta_0, \delta_1 \dots$  і нелінійної динамічної еколого-економічної моделі ТЕО, що забезпечує досягнення мети  $G$  при заданому узагальненому еколого-економічному критерії  $K_u$  і обмеженнях  $\Omega$  з урахуванням умов невизначеностей і ризиків.

Мультиплікативно-адитивну стохастичну модель з хаотичною динамікою у загальному вигляді можна представити як векторні рівняння:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= A(t)x(t)[X^0 - x(t)] + D(t), \\ A(t) &= \alpha(t)\lambda(t)\zeta(t), \\ D(t) &= d(t)\xi(t), \end{aligned} \quad (3)$$

чи як мультиплікативно-адитивну стохастичну модель з хаотичною динамікою і з управлінням, тобто з урахуванням керівників дії:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= A(t)x(t)[X^0 - x(t)] + D(t) + P(t), \\ A(t) &= \alpha(t)\lambda(t)\zeta(t), \\ D(t) &= d(t)\xi(t), \\ P(t) &= p(t)\psi(t)u(t). \end{aligned} \quad (4)$$

Модель спостережень представляється у вигляді:

$$y(t) = H(t)x(t) + \eta(t). \quad (5)$$

Тут використані наступні позначення:  $\xi(t), \zeta(t), \eta(t)$  – мультиплікативно-адитивні стохастичні компоненти в моделях (3)-(5),  $\lambda(t)$  – хаотична складова в моделі системи (3). Інші позначення наведені вище.

3. *Інтегральна соціально-еколого-економічна динамічна модель поведінки з духовно-моральними змінними* концептуально може бути представлена у загальному (у блоковому) вигляді:

$$\begin{cases} \dot{X}_1 = f_1(X_1, X_2, X_3, X_4, P_1, \xi_1), \\ \dot{X}_2 = f_2(X_1, X_2, X_3, X_4, P_2, \xi_2), \\ \dot{X}_3 = f_3(X_1, X_2, X_3, X_4, P_3, \xi_3), \\ \dot{X}_4 = f_4(X_1, X_2, X_3, X_4, P_4, \xi_4), \end{cases} \quad (6)$$

де  $X = (X_1, X_2, X_3, X_4)$  – об'єднаний вектор поведінкових змінних і станів соціально-еколого-економічної системи з урахуванням змінної рівня духовності (СЕЕСД) –  $X_4$ , причому в (6)  $X_1 = X_1(t)$  – вектор економічних змінних;  $X_2 = X_2(t)$  – вектор екологічних змінних (змінних забруднення);  $X_3 = X_3(t)$  – вектор соціальних змінних;  $P = (P_1, P_2, P_3, P_4)$  – сукупний вектор параметрів СЕЕСД (внутрішнього і зовнішнього середовища);  $\Xi = (\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4)$  – вектор зовнішніх випадкових і невизначених змінних. Наприклад, для ТРВ [1, 2]  $X_1 = (K_1, L_1, I, \tau, C)$ ,  $C = (C_1, C_2, C_3, C_4)$  – вектор деяких параметрів споживання (витрат), а  $C_1$  – величина соціального споживання (тобто на зарплату і т.п.),  $C_2 = C_e$  – споживання на екологію,  $C_3 = C_s$  – споживання на безпеку,  $C_4 = C_i$  – об'єм інвестицій на інноваційні, інформаційні і гуманітарні технології.

4. *Синергетична модель динаміки нелінійної стохастичної системи з хаотичною поведінкою:*

$$\begin{aligned} \dot{x}_i = & \left[ \lambda_i \xi_i(t) x_i(t) \left[ \sum_X \pm \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) \prod_{k=1}^j x_k(t) \right] + \sum_{l=1}^3 d_{il} \frac{\partial^2 x_i}{\partial r_l^2} \right. \\ & \left. + w_i \right] + b_i u_i(t), \\ & i = \overline{1, n}, \bar{x}_i(0) = x_{i0}, \end{aligned} \quad (7)$$

де  $\{\xi_i, w_i\}$  – стохастичні збурюючі складові моделі;  $\{a_{ij}(t)\}$  – нестационарні складові моделі;  $\{d_{il}\}$  – коефіцієнти дифузії, що визначають рівень розподілу змінних стану;  $\sum_X$  – сумарне максимальне (гранично допустиме) значення вектору  $X$ ;  $\{\lambda_i\}$  – сукупність параметрів, які призводять до хаотичності.

Зокрема, цю модель можна представити і як систему рівнянь:

$$\frac{\partial X_i}{\partial t} = A_i \left[ \xi_i \left( r_i X_i - \sum_{j \neq i} b_{ij} X_i X_j - a_i X_i^2 \right) + D_i(x, y) \Delta X_i \right] + \zeta_i + u_i,$$

де  $X_i$  – координати вектору стану системи, причому  $X_i \equiv X_i(t, x, y)$ ;  $i, j = 1, 2, \dots, n$ ;  $r_i$  – коефіцієнт репродукції (розмноження, зростання, розвитку і т.п.);  $a_i$  – параметр насичення, обмежуючий зростання (репродукцію);  $b_{ij}$  – параметр взаємодії між підсистемами (суб'єктами господарської діяльності);  $D_i(x, y)$  – коефіцієнт дифузії  $i$ -ї підсистеми (суб'єкта економіки) у точці  $(x, y)$ ;  $\xi_i \equiv \xi_i(t, x, y)$  і  $\zeta_i \equiv \zeta_i(t, x, y)$  – стохастичні мультиплікативні і адитивні складові моделі відповідно;  $u_i \equiv u_i(t, x, y)$  – координати вектору управління, тобто управлінських рішень;  $A_i$  – масштабуючий коефіцієнт,  $\Delta$  – лапласіан, тобто  $\Delta(*) = \frac{\partial^2(*)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(*)}{\partial y^2}$ , а  $t \in [0, T]$  – інтервал часу функціонування і розвитку системи.

Такі моделі описують і охоплюють досить широкий клас складних процесів і систем, до яких належать ноосферні моделі стійкого розвитку [6].

*5. Принцип системної динаміки стохастичних процесів.* Принцип системної динаміки, або метод системної динаміки (МСД), – це метод вивчення складних систем з нелінійними зворотними зв'язками. МСД припускає, що для основних фазових змінних (так званих системних рівнів) пишуться диференціальні рівняння за одним і тим же типом:

$$\dot{X} = \alpha X^+ - \beta X^-, \alpha, \beta > 0, \quad (8)$$

де  $X^+$  – додатній темп швидкості змінної  $X$ , що включає всі чинники, що викликають зростання змінної  $X$ ;  $X^-$  – від'ємний темп швидкості, що включає всі чинники, що викликають зменшення змінної  $X$ . Згідно МСД передбачається, що ці темпи виражаються через множення функцій, залежних тільки від так званих "чинників" – допоміжних змінних, що є комбінаціями основних змінних:  $X^\pm = g(X_1, X_2, \dots, X) = f(F_1, F_2, \dots, F_k) =$



$= f_1(F_1)f_2(F_2) \dots f_k(F_k)$ , де  $F_j = g_i(X_{j1}, \dots, X_{jm})$  – чинники, причому  $m = m(j) < n$ ,  $k < n$  ( $n$  – число рівнів), тобто чинників менше, ніж змінних, що дозволяє спростити завдання і розглядати тільки функції однієї змінної [7-9].

Для стохастичних процесів МСД можна представити як стохастичне диференціальне рівняння виду:

$$dX = F(X^+, X^-, W) = \alpha X^+ - \beta X^- + \sigma(X, t)dW_t, \quad (9)$$

де  $\alpha, \beta > 0$ ,  $W_t$  – стандартний броунівський рух;  $\sigma$  – коефіцієнт мінливості (волатильности).

Для узагальнення поняття стану динамічної системи на стохастичний випадок припустимо, що розподіл імовірностей змінної стану  $x$  в майбутньому визначається однозначно значенням її стану на сьогодні. Вимагатимемо також, щоб система описувалася марківським процесом (моделлю). Для представлення стохастичної моделі динаміки системи в дискретному випадку можна використати різницеве рівняння у виді [8]:

$$x(t + 1) = f(x(t), t) + w(x(t), t), t \in T, \quad (10)$$

де  $f$  – умовне середнє від  $x(t + 1)$  при заданому  $x(t)$ , а  $w$  – випадкова величина з нульовим середнім.

Якщо рівняння (10) є стохастичною моделлю стану динамічної системи, то необхідно, щоб умовний імовірнісний розподіл  $x(t + 1)$  при заданому  $x(t)$  не залежав від минулих значень  $x$ . Модель (10), що має цю властивість, називається стохастичним різницевим рівнянням, а процес  $\{x(t), t \in T\}$  є марківським.

Якщо додатково припустити, що умовний розподіл  $w(t)$  при заданому  $x(t)$  є нормальним, то випадкову величину  $w(t)$  можна представити у виді  $w = w(x(t), t) = \sigma(x, t)e(t)$ , а рівняння (10) можна переписати у виді:

$$x(t + 1) = f(x(t), t) + \sigma(x(t), t)e(t), t \in T, \quad (11)$$

де  $\{e(t), t \in T\}$  – послідовність незалежних однаково розподілених випадкових величин з параметрами  $(0, 1)$ .

У безперервному випадку стохастична модель стану динамічної системи можна представити у вигляді стохастичного диференціального рівняння:

$$dx = F(x, t) + \sigma(x, t)dw. \quad (12)$$

Зауважимо, що в (12) другий член є стохастичним і дорівнює добутку функції стану на приріст вінерівського процесу. Відмітимо також, що якщо прийняти поняття білого шуму з безперервним часом, то рівняння (12) можна представити в наступному виді:

$$\frac{dx}{dt} = F(x, t) + \sigma(x, t)e(t), \quad (13)$$

де  $\{e(t), t \in T\}$  – білий шум з безперервним часом.

б. *Моделювання екологотипу – економічного оптимального управління техногенним регіональним підприємством (ТРП) [4].* Варіант еколого-економічної моделі ТРП. Оскільки приріст (зростання) забруднення дорівнює різниці між об'ємом створеного забруднення і об'ємом знищеного забруднення як за рахунок безпосередньої боротьби з ним, так і в результаті природного спаду (асиміляції), динаміку забруднення в загальному вигляді можна описати наступним диференціальним рівнянням:

$$\dot{Z} = Z^+ - Z^-,$$

де для ТРП  $Z^+ = \gamma f(k)$ ,  $Z^- = \lambda(1 - \alpha - \beta)f(k) + \delta z$ , а для регіональної економіки в цілому, зокрема для техногенного регіону (у разі взаємної незалежності ТРП) [10-12]:

$$Z^+ = \sum_1^n \gamma_i f_i(k_i), Z^- = \lambda \sum_1^n (1 - \alpha_i - \beta_i) f_i(k_i) + \delta z.$$

Припустимо, що величина норми накопичення є  $\rho = \alpha(t)$  – змінна величина. Тоді питоме споживання можна вичислити як  $c(t) = (1 - \alpha(t))(1 - \alpha)f(k) = (1 - \alpha)f(k) - \alpha(t)(1 - \alpha)f(k)$  чи  $\alpha(1 - \alpha)f(k) = (1 - \alpha)f(k) - c(t)$ .

При цьому рівняння динаміки фондів набуде виду  $\dot{k} = -(\mu + \nu)k + \alpha(1 - \alpha)f(k) = -(\mu + \nu)k + f(k) - c$  чи  $\dot{k} = f(k) - (\mu + \nu)k - c(t)$ ,  $k(0) = k_0$ .

Якщо, наприклад, випуск визначається як  $Y = F(K, L)$ ,  $Y = I + C$ , то модифікована модель динаміки фондів з

урахуванням запізнення інвестиційних потоків (з розподіленим лагом і коли функції ядра  $h(t - \tau) = h_0 \exp(-r(t - \tau))$ ), тобто для стаціонарного випадку) набуде наступного виду [1, 4] (14):

$$\begin{cases} \dot{K} = -\mu K + I_h(t), K(0) = K_0, \\ \dot{L} = \nu L \text{ чи } L = L_0 e^{\nu t}, L(0) = L_0, \\ \dot{I}_h = -r I_h + h_0 I, I_h(t_0) = h_0 I(t_0), \end{cases}$$

чи

$$\begin{cases} \dot{k} = -(\mu + \nu)k + i_h(t), k(0) = k_0, \\ i_h = -(r + \mu + \nu)i_h + h_0 \rho f(k), i_h(0) = i_{h0}, \\ c = (1 - \rho)f(k), \rho \equiv \alpha. \end{cases} \quad (14)$$

При цьому зауважимо, що потік інвестицій також є стохастичним процесом.

Рівняння (14) є основною динамічною моделлю керованого ТРП і в якості змінної, що керує, можна взяти питоме споживання  $c(t) = \frac{C(t)}{L(t)}$  або норму накопичення  $\rho$ , а змінна стану –  $k(t)$  – фондоозброєність, тобто  $k(t) = \frac{K(t)}{L(t)}$ .

Традиційна модель приросту капіталу за відсутності впливу випадкових чинників описується рівнянням [11, 12, 14]:

$$\frac{dK_t}{K_t} = \left( -\mu + \rho F \left( 1, \frac{L_t}{K_t} \right) \right) dt. \quad (15)$$

Динаміка капіталу може істотно залежати від випадкових чинників, які ми врахуємо, додавши в рівняння стохастичний доданок  $\sigma dW_t$  [13]:

$$\frac{dK_t}{K_t} = \left( -\mu + \rho F \left( 1, \frac{L_t}{K_t} \right) \right) dt + \sigma dW_t. \quad (16)$$

Тут  $W_t$  – стандартний броунівський рух;  $\sigma$  – коефіцієнт змінності (волатильності) приросту капіталу.

Стохастичний доданок  $\sigma dW_t$  в рівнянні (16) характеризує вплив екзогенних випадкових чинників (економічної кон'юнктури, виробничої невизначеності, наукових відкриттів та ін.) на динаміку галузі.

При переході в (16) до відносних показників: фондоозброєності  $k(t) = \frac{K(t)}{L(t)}$ , середньої продуктивності праці

$x(t) = \frac{X(t)}{L(t)}$ , питомим інвестиціям на одного зайнятого  $i(t) = \frac{I(t)}{L(t)}$ , середньодушовому споживанню  $c(t) = \frac{C(t)}{L(t)}$ , можна записати, користуючись формулою, стохастичне диференціальне рівняння для фондоозброєності:

$$dk_t = \left( -(\mu + \nu)k_t + \rho k_t F\left(1, \frac{1}{k_t}\right) \right) dt + \sigma k_t dW_t,$$

чи  $dk_t = (-(\mu + \nu)k_t + \rho F(k_t, 1))dt + \sigma k_t dW_t$ , оскільки виробнича функція  $F(K_t, L_t)$  є лінійно-однорідною, а значить,  $k_t F\left(1, \frac{1}{k_t}\right) = F(k_t, 1)$ .

Введемо позначення:  $\lambda = \mu + \nu$ ,  $f(k_t) = F(k_t, 1)$ , отримуємо остаточно односекторну стохастичну динамічну модель галузі розробки програмного забезпечення:

$$\begin{cases} dk_t = (-\lambda k_t + \rho f(k_t))dt + \sigma k_t dW_t, \\ k_0 = \frac{K_0}{L_0}, \\ x_t = f(k_t), i_t = \rho f(k_t), c_t = (1 - \rho)f(k_t). \end{cases} \quad (17)$$

*Модель праці* найчастіше класично представляють як модель експоненціального зростання Мальтуса:

$$\dot{L}(t) = \gamma L(t), L(0) = L_0.$$

Проте ця модель необмеженого зростання трудових ресурсів не знаходить відображення у практичному застосуванні. У цих випадках використовують моделі типу Ферхюльста або Гомперця відповідно:

$$\dot{L}(t) = \gamma L(t) \left[ 1 - \frac{L(t)}{L^0} \right], L(0) = L_0, \text{ чи} \quad (18)$$

$$\dot{L}(t) = \gamma L(t) \ln \frac{L^0}{L(t)}, L(0) = L_0. \quad (19)$$

Тут  $L^0$  – деяка константа, що визначає максимально можливу чисельність працюючих. При такому підході до моделювання трудових ресурсів не враховується вплив рівня споживання і рівня забруднення. Дотримуючись логіки моделювання, розширену модель трудових ресурсів можна представити в одному з наступних видів:

$$\dot{L}(t) = \gamma L(t) - \gamma_z Z(t) + \gamma_c C(t), L(0) = L_0, \quad (20)$$

$$\dot{L}(t) = \gamma L(t) \left( 1 - \frac{L(t)}{Q(Z, C)} \right), L(0) = L_0, \quad (21)$$

$$\dot{L}(t) = \gamma L(t) \ln \frac{Q(Z, C)}{L(t)}, L(0) = L_0. \quad (22)$$

У першому рівнянні константи  $\gamma_z, \gamma_c$  характеризують зміну чисельності населення (у тому числі у зв'язку зі зміною рівня смертності, рівня народжуваності і міграції) внаслідок екологічної ситуації і рівня споживання в регіоні. У другому і третьому рівнянні функція  $Q(Z, C)$  визначає зміну верхньої межі чисельності населення регіону. Особливе завдання полягає у визначенні виду функції  $Q(Z, C)$ .

Нелінійна модифікована динамічна модель системи при логістичному характері змінної  $L$  має вигляд [4]:

$$\begin{cases} \dot{k}(t) = \alpha f(k) - n_0(1 - \eta(t))k(t), k(t_0) = k_0, \\ c(t) = (1 - \alpha)f(k), \\ \dot{\eta}(t) = n_0\eta(t)(1 - \eta(t)), \eta(t) \equiv \frac{L(t)}{L_{max}}, \\ \eta(t_0) = \frac{L_0}{L_{max}}. \end{cases} \quad (23)$$

Динаміка праці також може істотно залежати від випадкових чинників, які ми можемо врахувати, додавши в рівняння (18) або (19) стохастичний доданок типу  $\sigma dW_t$ , наприклад, у вигляді стохастичного логістичного рівняння Ферхюльста [13]:

$$dL_t = (a + bL_t)(L^0 - L_t)dt + \sigma(L^0 - L_t)dW_{tL}, \quad (24)$$

як стохастичне диференціальне рівняння, де  $L^0$  – загальне (граничне) число працюючих;  $\dot{L} \equiv \frac{dL}{dt}$  – швидкість зміни числа працівників;  $(L^0 - L_t)$  – об'єм потенційного ринку праці;  $W_{tL}$  – стандартний броунівський рух (вінерівський процес [9]),  $\sigma$  – мінливість (волатильність) ринку, тобто  $\sigma(L^0 - L_t)dW_{tL}$  – випадковий доданок – випадковий процес, пропорційний неохопленій частині ринку праці.

Рішенням рівняння (тобто рішенням задачі Коші) є випадковий процес:

$$L_t = L^0 \frac{1}{E_t \left[ \frac{1}{L^0 - L_0} - b \int_0^t \frac{1}{E_\tau} d\tau \right]}, E_t = \exp[(a + bL^0)t + \sigma W_{tL}],$$

де  $E_t$  – «геометричний» броунівський рух:

$$dE_t = E_t[(a + bL^0 + \sigma^2)dt + \sigma W_{tL}]$$

за початкової умови  $E_0 = 1$  [13].

Зокрема, логістичне рівняння зростання чисельності працівників в детермінованому випадку має вигляд:

$$\dot{L}_t = aL_t[1 - bL_t].$$

Сучасна точка зору на екологічну проблему є такою, що дилема між економічним розвитком і збереженням довкілля може бути дозволена лише за допомогою коеволюційного розвитку економічного виробництва, природи і суспільства, створення нового «екологізованого» законодавства. Це знаходить своє відображення в концепції екологічної модернізації – сучасній науковій теорії, основним об'єктом якої є організаційна і менеджерська структура індустріальної економічної системи і їхнє перетворення в руслі одночасного забезпечення сталого розвитку і збереження довкілля.

При моделюванні еколого-економічного розвитку в руслі концепції екологічної модернізації і принципу сталого розвитку необхідно враховувати наступні взаємопов'язані системи: економіку (виробництво), працю (населення), ресурси (корисні копалини, природні ресурси), природу (ця система відображає стан довкілля). Називатимемо останню систему моделлю забруднення попри те, що вона включає і позитивні дії, такі як очищення, відновлення та ін. У якості регулюючого органу у базовій моделі виступає деякий центр (регіональне управління), який визначає еколого-економічну політику, тобто приймає рішення про рівень споживання, рівень видобутку і рівень забруднення.

Таким чином, базова модель включає чотири взаємопов'язані та взаємодіючі моделі: *Модель капіталу*, *Модель ресурсів*, *Модель забруднення*, *Модель праці* і деякий критерій вибору оптимальної екологічної політики.

Інтегральну модель можна представити як кортеж у виді:

**IM** =< Модель капіталу, Модель ресурсів,  
Модель забруднення, Модель праці та ін. >.

Зауважимо, що необхідно і важливо до системи моделей також включити моделі інших важливих чинників і активів.

Для формалізації базової моделі введемо деякі позначення:  $C$  – споживання,  $Z$  – забруднення,  $Y$  – обсяг «корисного» випуску,  $R$  – залишок ресурсу,  $K$  – капітал,  $L$  – праця (робоча сила),  $I$  – інвестиції,  $D$  – витрати на зниження забруднення.

Формалізація базової моделі може бути представлена в наступному загальному виді.

*Критерій вибору еколого-економічної політики, тобто ЕЕУ:*

$$M[\Phi(C, Y, D)] \rightarrow \max, \quad (25)$$

де  $\Phi(C, Y, D)$  – функція добробуту регіону, а  $M$  – символ математичного очікування.

*Модель капіталу:*

$$\dot{K}(t) = W(K, R, D, L, C, I, \xi_K), K(0) = K_0. \quad (26)$$

*Модель забруднення:*

$$\dot{Z}(t) = J(K, L, Y, Z, D, \xi_Z), Z(0) = Z_0. \quad (27)$$

*Модель ресурсів:*

$$\dot{R}(t) = G(R, K, L, Y, \xi_R), R(0) = R_0. \quad (28)$$

*Модель праці:*

$$\dot{L}(t) = S(L, C, Z, \xi_L), L(0) = L_0. \quad (29)$$

Тут  $J, G, W, S$  – деякі задані функції, а  $(\xi_K, \xi_Z, \xi_R, \xi_L)$  – стохастичні змінні, які описують нестабільне зовнішнє середовище.

*Модель ресурсів* складається з двох підсистем. Це обумовлено наявністю двох типів ресурсів: *поновлюваних і непоновлюваних* [15].

Для моделювання поновлюваних ресурсів використовують моделі, аналогічні моделям праці:

*Модель Мальтуса:*

$$\dot{R}(t) = \gamma_R R(t), R(0) = R_0.$$

*Модель Ферхюльста:*

$$\dot{R}(t) = \gamma_R R(t) \left(1 - \frac{R(t)}{Q_R}\right), R(0) = R_0.$$

*Модель Гомперця:*

$$\dot{R}(t) = \gamma_R R(t) \ln\left(\frac{Q_R}{R(t)}\right), R(0) = R_0.$$

*Модель Монода:*

$$\dot{R}(t) = \gamma_R R(t) \frac{\tilde{S}(t)}{Q_R + \tilde{S}(t)}, R(0) = R_0.$$

Тут  $\tilde{S}(t)$  – динаміка деякого допоміжного атрибуту, що обмежує приріст ресурсу (наприклад, харчування для біологічних ресурсів, світло для рослинних і тому подібне).

*Модель Лотки-Вольтерри*, що враховує динаміку двох взаємовпливаючих ресурсів. Наприклад, модель «хижак-жертва» у виді:

$$\begin{cases} \dot{R}_1(t) = \gamma_1 R_1(t) - \alpha R_1(t) R_2(t), \\ \dot{R}_2(t) = -\gamma_2 R_2(t) + \beta R_1(t) R_2(t), \\ R_1(0) = R_{10}, R_2(0) = R_{20}. \end{cases}$$

Облік дії інших підсистем соціально-еколого-економічної моделі приведе до розширення типової моделі поновлюваних ресурсів. Таке розширення можна провести шляхом додавання до моделі додаткових змінних:

$$\dot{R}(t) = \gamma_R R(t) + \gamma_K K(t) - Y(t) - \gamma_L L(t), R(0) = R_0.$$

Модель *непоновлюваних ресурсів*, на відміну від попередньої моделі, не містить доданку, що враховує відновлення  $\gamma_R R(t)$ , але враховує розвідку нових родовищ  $\Phi(K(t), L(t))$ :

$$\dot{R}(t) = \Phi(K(t), L(t)) + \gamma_K K(t) - Y(t) - \gamma_L L(t), R(0) = R_0.$$

Тут  $\Phi(K(t), L(t))$  – деяка функція, що визначає загальну технологію і дослідження залежно від витраченого капіталу  $K(t)$  і вкладеної праці  $L(t)$ .

*Модель забруднення.* До моделювання забруднення існує декілька підходів. Один із них представлений у монографії акад. Моїсеєва Н.Н. «Оптимізація, дослідження операцій і теорія управління», у якій автор пропонував розглядати



взаємодію держави, економіки і природи у рамках ієрархічної синергетичної / кібернетичної системи.

Система має синергетичний опис, якщо ефективно побудований оператор  $D$ , такий, що стан системи в кожний момент часу  $t \in (t_0, T(t_0))$  може бути побудований по значеннях вектору  $x(\tau)$ ,  $\tau \in (t_1, t_0)$  за умови, що всі зовнішні керуючі дії зафіксовані:

$$x(t) = D(x(\tau), \varepsilon, \eta, u), t \in (t_0, T(t_0)), \tau \in (t_1, t_0), \quad (30)$$

де  $\varepsilon(t, r)$  – випадкова дія з відомими ймовірнісними характеристиками,  $\eta(t, r) \in G_\eta$  – дія, задана мірою невизначеності,  $G_\eta, u \in R^k$  – дії, що управляють,  $r$  – просторова змінна (вектор).

У результаті комплексної формалізації отримаємо один із варіантів соціально-еколого-економічної моделі динаміки у вигляді наступної системи рівнянь:

$$\dot{K}(t) = -\alpha K(t) + e^{Qt} F(K(t), L(t), R(t)) - C(t) - D(t), \quad (31)$$

$$K(0) = K_0,$$

$$Y = F(K, L, R) = \left[ \beta_1 K^{\frac{\delta-1}{\delta}} + \beta_2 L^{\frac{\delta-1}{\delta}} + \beta_3 R^{\frac{\delta-1}{\delta}} \right]^{\frac{\delta}{\delta-1}}, \quad (32)$$

$$\dot{L}(t) = \gamma_L L(t) - \gamma_Z Z(t) + \gamma_C C(t), L(0) = L_0, \quad (33)$$

$$\dot{R}(t) = \gamma_R R(t) - \gamma_K K(t) - Y(t) - \gamma_L L(t), R(0) = R_0, \text{ чи} \quad (34)$$

$$\dot{R}(t) = d(K(t), L(t)) + \gamma_K K(t) - \gamma_L L(t) - Y(t), R(0) = R_0, \quad (35)$$

$$\dot{Z} = f^*(c, K, L, R)(1 - \eta c) - g(Z), Z(0) = Z_0, \quad (36)$$

де  $Y$  – обсяг «корисного» випуску,  $K$  – капітал,  $L$  – число працюючих,  $C$  – об'єм споживання,  $Z$  – об'єм забруднень («шкідливий» вихід),  $I$  – інвестиції,  $R$  – інші ресурси,  $D$  – витрати на заходи по зниженню забруднень. Тоді трійка  $(C, Y, D)$  визначає еколого-економічну політику розвитку, тобто  $U \equiv (C, Y, D)$  – вектор управління.

*Модель еколого-економічного управління.* Для управління ТРВ у якості еколого-економічної моделі динаміки можна

розглянути рівняння (31) та (36) з вектором стану  $x = (k, z)$  і керуючим вектором параметрів (змінних)  $u = (\alpha, \beta)$  [3-5].

Тепер завдання оптимального еколого-економічного управління (ЕЕУ) ТРВ може бути представленим наступним чином.

Нехай інтегральна модель динаміки СЕЕС є (31)-(34).

У якості функції корисності можна розглядати функцію:

$$U(q) \equiv U(k, z, \alpha, \beta) \equiv U(x, u), \quad (37)$$

а функціонал ефективності –

$$J(q) = \int_{t_0}^T \exp(-\delta t) U(q(t)) dt, \quad (38)$$

критерій оптимізації управління –

$$J(q) \rightarrow \max_{q \in Q}, \quad (39)$$

при обмеженнях:

$$Q = \{(\alpha, \beta, k, z) | 0 \leq \alpha, \beta \leq 1; \alpha + \beta \leq 1, k(t_0) = k_0, z(t_0) = z_0\},$$

чи

$$Q = \{(\alpha, \beta, k, z) | k(t_0) \in K_0, k(T) \in K_T, z(t_0) \in Z_0, z(T) \in Z_T\}. \quad (40)$$

7. Завдання еколого-економічного управління у даному випадку полягає у визначенні оптимальних коефіцієнтів  $\alpha$  і  $\beta$  випуску, призначених на споживання і боротьбу із забрудненням відповідно, тобто  $c = \alpha Y, z = \beta Y, 0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ , на основі, наприклад, наступної приватної моделі:

$$\begin{cases} Y(t) = F(K, L), \\ \dot{K} = (1 - \alpha - \beta)F(K, L) - \mu K, \\ \dot{Z} = (\varepsilon - \delta\beta)F(K, L) - \gamma Z, \\ \dot{L}(t) = \gamma L(t) \frac{1 - L(t)}{L^0}, L(0) = L_0. \end{cases} \quad (41)$$

$$0 \leq \alpha(t), \beta(t) \leq 1, \alpha(t) + \beta(t) \leq 1. \quad (42)$$

У випадку інтегральної моделі управління функція корисності (ФК) є функцією параметрів / змінних

$\tilde{u}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$ , де  $\{\alpha_k(t), k = 1, \dots, 4\}$  – долі витрат на невиробничі, екологічні потреби, на безпеку, інноваційні і інформаційні технології, а критерій оптимальності тепер є співвідношенням:

$$J(c, k, z, L, \tau, S) = \int_{t_0}^T \tilde{u}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) \exp(-\theta t) dt \rightarrow \max_{\{a_i\} \in \Omega} \quad (43)$$

Для вирішення завдань ЕЕУ на основі приведених стохастичних і детермінованих моделей можна скористатися відомими класичними методами оптимального управління з обмеженнями [3, 4, 11, 14].

**Висновки.** Розроблені та досліджені інтегральні соціально-еколого-економічні стохастичні моделі динаміки техногенних регіональних підприємств, придатні для умов криз. Зауважимо, що при моделюванні динаміки праці, ресурсів та інших факторів використано узагальнене логістичне рівняння Ферхюльста. Запропонований огляд і аналіз деяких отриманих останніми роками різними авторами результатів з макро- і мікромоделювання динаміки еколого-економічних і соціо-гуманітарних систем і процесів, які функціонують і розвиваються в складних умовах нелінійностей, нестабільностей і криз. Більшість створених раніше моделей соціально-еколого-економічних систем (СЕЕС) мають теоретичний і детермінований характер і досить проблемні з точки зору наявності інформації для їх реалізації. У зв'язку з цим завдання управління техногенним регіональним виробництвом (ТРВ) в умовах кризи обумовлює об'єктивну необхідність вдосконалення методів, моделей і інформаційних технологій на основі стохастичних рівнянь для управління СЕЕС.

#### **Список використаної літератури:**

1. Рамазанов С.К., Сергиенко А.В. Социо-эколого-экономическое моделирование и управление техногенным региональным производством в условиях кризиса. — С. 199-218; Моделирование и информационные технологии в исследовании социально-экономических систем: теория и

- практика: Монографія / Колектив авторів. // Під ред. д.э.н., проф. В.С. Пономаренко, д.э.н., проф. Т.С. Клебановой. – Бердянск, 2014. – 604 с.
2. Рамазанов С.К. Моделювання соціально-еколого-економічної динаміки в нестабільному середовищі / С.К. Рамазанов // Інформатика та системні науки (ІСН-2015): матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, (м. Полтава, 19–21 берез. 2015 р.). – Полтава: ПУЕТ, 2015.
3. Рамазанов С.К., Рогоза Н.Є., Мусасва Е.К. Нелінійні моделі та аналіз складних систем: навчальний посібник / Під ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ – Полтава: ПУЕТ, 2009. – 636 с.
4. Рамазанов С.К. Инструменты эколого-экономического управления предприятием: [монография] / С.К. Рамазанов. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2008. – 351 с.
5. Рамазанов С.К. Інноваційні технології антикризового управління економічними системами. Монографія / С.К. Рамазанов, Г.О. Надьон, Н.І. Кришталь, О.П. Степаненко, Л.А. Тимашова; Під ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 584 с.
6. Рамазанов С.К., Бурбело О.А., Вітлінський В.В. та ін. Ризики, безпека, кризи і сталий розвиток в економіці: методології, моделі, методи управління та прийняття рішень. Монографія / Під заг. ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2012. – 948 с.
7. Мировая динамика: Пер. с англ. / Д. Форрестер. – М.: ООО «Издательство АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2003. – 379 с.
8. Остром К. Введение в стохастическую теорию управления. – М.: Мир, 1970. – 326 с.
9. Ширяев А.Н. Вероятность: Т. 1. – М.: Физматлит, 2004. – 234 с.
10. Григоркив В.С. Моделирование многосекторной эколого-экономической системы // Кибернетика и системный анализ. – 1999. – №3. – С. 147-157.
11. Колемаев В.А. Экономико-математическое моделирование. Моделирование макроэкономических процессов и систем: учебник. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 295 с.

12. Липенков А.Д. Моделирование эколого-экономических систем: Учеб. пособ., 2005. – 130 с.
13. Соловьев В.И. Экономико-математическое моделирование рынка программного обеспечения: монография / В.И. Соловьев; ГУУ. – М.: Вега-Инфо, 2009. – 176 с.
14. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математические методы и модели для магистрантов экономики: учеб. пособие / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов. – СПб.: Питер, 2006. – 346 с.
15. Поносков Д.А. Динамическая коррекция задач управления для экономико-математических моделей. // Автореферат на соиск. к.э.н. – Пермь, 2012. – 24 с.

## РОЗДІЛ 2

### ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

#### **2.1. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖ ПЕТРІ ТА ВРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ**

З кожним роком логістичні системи як складні, структурні складові частини економіки відіграють все більшу роль у її розвитку. За їх допомогою на мікро-, мезо-, макроекономічному рівнях відбувається координований та узгоджений рух матеріальних, сервісних, інформаційних, фінансових потоків та потоку інтелектуально-трудова ресурсів. Завдяки цьому можна, зокрема, досягнути зниження запасів готової продукції за сталого задоволення потреб споживачів, зменшення часу, який потрібний на виготовлення та доставку продукції від виробника до споживача тощо. В цілому, для кожної логістичної системи повинні виконуватися правила «7R» (потрібна продукція – Right product, потрібна кількість – Right quantity, узгоджений час – Right time, узгоджене місце – Right place, узгоджена ціна – Right cost, потрібна якість – Right condition, потрібний споживач – Right customer), які формують мету логістики: доставка потрібної продукції у потрібній кількості належної якості за узгодженою ціною в узгоджене місце та в зручний час потрібному споживачеві.

Успіх досягнення цієї мети цілком залежить від якості побудованої логістичної системи та ефективності її функціонування, що потребує використання сучасного інструментарію аналітичного та імітаційного економіко-математичного моделювання. Окрім того, підвищене значення моделювання процесів логістичних систем зумовлено майже повсюдним використанням інформаційних засобів та технологій у бізнесі.

Однієї із особливостей функціонування логістичних систем наразі є невизначеність, яку з точки зору економічної теорії можна визначити як об'єктивну неможливість здобуття абсолютного знання про об'єктивні та суб'єктивні фактори функціонування логістичної системи, неоднозначність її параметрів тощо [1]. Розрізняють три види невизначеності [2]: невизначеність 1-го виду – це невизначеність, за якої відомі всі можливі результати та ймовірності цих результатів, одержані статистичними методами або експертним шляхом; невизначеність 2-го виду – це невизначеність, за якої відомі всі можливі результати, але неможливо оцінити ймовірність їх настання; невизначеність 3-го виду – це невизначеність, за якої неможливо точно оцінити можливі результати та ймовірності їх настання. Невизначеність 1-го виду ближче лежить до повної визначеності, а невизначеність 3-го виду – повної невизначеності.

Невизначеність у функціонуванні логістичної системи може проявлятися, зокрема, через неповноту та неточність інформації, яка необхідна для оцінювання параметрів перебігу логістичних процесів і т.п. Внаслідок цього неможливо однозначно передбачити результати функціонування логістичної системи, тобто досягнення мети логістики. Одним із способів подолання невизначеності є використання інструментарію нечітких множин та нечіткої логіки.

Сучасні імітаційні економіко-математичні моделі та їх комп'ютерна реалізація надають можливість відтворити процес функціонування логістичних систем за різних умов. Проте такі моделі не завжди надають повну картину про взаємодію компонент логістичної системи, особливо якщо система має складну структуру. Окрім того, при моделюванні логістичних систем існує потреба врахування розподільності таких систем, одночасності подій, які можуть в них виникати, паралельності функціонування логістичних процесів тощо.

Одним із інструментів, що може бути використаний для моделювання процесів логістичних систем та задовольнить зазначені вище потреби, є мережі Петрі. За допомогою таких мереж модель логістичної системи можна представити у графічній формі, яка є достатньо наочною та дозволяє відносно

просто масштабувати рівні розгляду компонент і процесів логістичної системи та моделювати не тільки статичні компоненти, але й динамічні процеси.

Мережа Петрі (МП) є математичною моделлю для представлення структури та аналізу динаміки функціонування логістичних систем в термінах «умова-подія» [3]. За допомогою такої моделі можна дослідити працездатність логістичної системи, оптимальність її структури, ефективність функціонування логістичних процесів, а також досягнення у процесі функціонування певних станів [3]. Графічно узагальнена МП зображається у вигляді орієнтованого дводольного мультиграфа з додатковими правилами, що визначають динаміку процесу функціонування МП [3].

Події в МП позначаються переходами, які рисуються у вигляді рисочок (вузьких прямокутників), а умови, за яких виконуються події, позначаються позиціями, які зображаються у вигляді кружечків. Всередині кружечків можуть міститися зафарбовані у чорний колір кружечки меншого розміру (або точки), які називаються маркерами (або фішками, мітками) та позначають виконання (або не виконання) умови. Дуги (орієнтовані ребра) мультиграфа з'єднують переходи тільки з позиціями, а позиції – тільки з переходами, тому мультиграф є дводольним. Перехід може здійснюватися миттєво, або із часовою затримкою, тобто, якщо виконується умова запуску переходу, то з усіх вхідних позицій (для даного переходу) маркери видаляються та добавляються у вхідні позиції миттєво, або після того, як сплине заданий час затримки [4].

Маркування мережі Петрі – це визначення для позицій наявності певної кількості маркерів. На рисунку це може бути одна або кілька точок, або натуральне число (що дорівнює кількості маркерів) всередині кружечків, що відповідають окремим позиціями МП. Маркування МП на початку функціонування МП називають початковим, а під час функціонування - поточним. Кількість точок в позиції МП дорівнює значенню відповідної компоненти вектора початкового або поточного маркування. Коли МП представляють графічно, то, зазвичай, зображається лише початкове маркування [5].



Зауважимо, що в нечітких мережах Петрі, які будуть розглядатися нижче, у процесі маркування будемо визначати не тільки кількість маркерів у позиціях, а й, зокрема, значення функції належності, що характеризує появу маркерів в позиції. Позначення маркування будуть однаковими, проте сутність їх буде різною.

Базовий формалізм мереж Петрі закладено у визначенні узагальненої маркованої МП, згідно якого мережа Петрі має такий вигляд [3]:

$$C = (P, T, I, O, m_0), \quad (1)$$

де  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_Q\}$  – скінчена множина позицій МП,  $Q$  – кількість позицій;  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_K\}$  – скінчена множина переходів,  $K$  – кількість переходів;  $I$  – вхідна функція переходів, що визначена як відображення  $I: P \times T \rightarrow N^0$ ;  $O$  – вихідна функція переходів, що визначена як відображення  $O: T \times P \rightarrow N^0$ ;  $m_0 = (m_1^0, m_2^0, \dots, m_Q^0)$  – вектор початкового маркування МП, при цьому  $m_i^0 \in N^0$  ( $\forall i \in \{1, 2, \dots, Q\}$ ) і  $m_i^0$  – компонента вектора початкового маркування МП, що відповідає позиції  $p_i \in P$ ;  $N^0$  – множина натуральних чисел та нуль.

Існує еквівалентна форма запису МП [3]:  $C = (N, m_0)$ , де  $N = (P, T, I, O)$ .

На основі базового формалізму (1) будуються різні узагальнення та розширення МП. При цьому слід пам'ятати, що той чи інший клас МП визначається не тільки своїм формальним або графічним представленням, але й правилами функціонування МП, різними початковими маркуваннями тощо. Серед типів (модифікацій) мереж Петрі виділяють, зокрема [5, 6]: мережі Петрі з інгібіторними зв'язками, імовірнісні, тимчасові, комбіновані, нечіткі мережі Петрі тощо.

Доведено, що мережі Петрі з інгібіторними зв'язками еквівалентні машині Тьюрінга [5]. Головною перевагою імовірнісних мереж Петрі є можливість моделювання як технічних, так і людино-машинних (соціотехнічних) систем. За

їх допомогою досить просто моделювати як інформаційні та матеріальні потоки логістичних систем, так і поведінку споживачів як компонент логістичних систем.

Нечіткі мережі Петрі є різновидом МП з невизначеністю та дозволяють розв'язувати задачі нечіткого моделювання та нечіткого управління, де невизначеність має нестохастичну, тобто суб'єктивну природу [3]. Зокрема, невизначеність в часових мережах Петрі може проявлятися наступним чином [3, 7]: у структурі мережі; в початковому маркуванні; у часових затримках маркерів в позиціях та спрацьовуванні активних переходів; в початковому маркуванні, часових затримках маркерів в позиціях та спрацьовуванні активних переходів; у правилах, які визначають процес функціонування мережі.

Розглянемо далі найбільш поширені варіанти врахування невизначеності в мережах Петрі.

Припустимо, що часові затримки маркерів в позиціях та часові затримки спрацьовування активних переходів дорівнюють нулеві, тоді при введенні невизначеності нечіткого характеру в початкове маркування та правила зміни маркування базового формалізму ординарної МП (1) буде отримано підклас нечітких МП такого типу [3]:

$$V_f = (N, M_0), \quad (2)$$

де  $N = (P, T, I, O)$ ;  $M_0$  – матриця початкового маркування розмірності  $(Q \times (d + 1))$ , елемент якої  $\mu_{ij}^0$  відповідає значенню функції належності нечіткої множини, що характеризує появу маркерів в позиції  $p_i$ , для елемента універсальної множини « $j - 1$  маркерів» в момент запуску нечіткої мережі Петрі (НМП). Універсальна множина буде визначати кількість маркерів та містити  $d + 1$  елементів:  $0, 1, 2, \dots, d$ , де  $0$  буде означати жодного маркеру,  $1$  – один маркер і т.д. Кількість нечітких множин дорівнює кількості позицій, а це в матриці  $M_0$  кількість рядків. Загальна кількість стовпців матриці  $M_0$  визначається збільшеною на одиницю максимальною кількістю введених в розгляд маркерів  $d$  в позиціях НМП  $V_f$ . За означенням класичної функції належності до нечіткої множини

$\mu_{ij}^0 \in [0, 1]$  для  $\forall i \in \{1, 2, \dots, Q\}, \forall j \in J$ , де

$J = \{1, \dots, d, d + 1\} \subset N^0$ , тобто є скінченною підмножиною  $N^0$ , що складається з  $d + 1$  перших натуральних чисел.

Динаміка зміни маркування НМП  $V_f$  визначається наступними правилами [3, 7]: 1)  $R_1$  – правило визначення поточного стану. Початкове маркування визначається матрицею  $M_0$ , а будь-яке інше – матрицею  $M$ , яка визначається аналогічно  $M_0$ ; 2)  $R_2$  – правило активності переходів. Деякий перехід є активним, якщо для поточного маркування  $M$  у всіх його вхідних позиціях є нечітка кількість маркерів, яка більша або дорівнює кількості дуг, що з'єднують відповідні вхідні позиції з даним переходом; 3)  $R_3$  – правило спрацювання переходів. Якщо перехід є активним за правилом  $R_2$ , то він може спрацювати, що приведе до нового маркування НМП, елементи якої визначаються певним чином.

Нечіткість у маркуванні пояснимо на такому умовному прикладі. Припустимо, в НМП  $V_f$ , яка моделює логістичну систему, є позиція  $p_1$ , яка відповідає таким умовам здійснення відвантаження продукції та передачі її компанії з експрес-доставки: згідно зробленого замовлення товар в повному обсязі наявний на складі – перший маркер в позиції; ідентифіковано клієнта для здійснення оплати, наприклад, банківською картою – другий маркер в позиції; визначено місце доставки – третій маркер в позиції. Максимальна кількість маркерів в НМП дорівнює  $d = 3$ , тоді матриця  $M_0$  буде розміру 4 на 4 елементи. В цій матриці, наприклад,  $\mu_{11}^0 = 0,1$  буде визначати ступінь належності до нечіткої множини, що характеризує появу маркерів в позиції  $p_1$ , для елемента універсальної множини «0 маркерів», тобто відсутності маркерів в позиції  $p_1$ ;  $\mu_{12}^0 = 0,6$ ,  $\mu_{13}^0 = 0,9$ ,  $\mu_{14}^0 = 0,9$  будуть означати ступені належності до нечіткої множини, що характеризує появу

маркерів в позиції  $p_1$ , відповідно для елементів універсальної множини «1 маркер» (будь-якого з трьох), «2 маркери» (будь-яких двох з трьох), «3 маркери».

Використовуючи припущення наведене раніше, що часові затримки маркерів в позиціях та часові затримки спрацьовування активних переходів дорівнюють нулеві, в результаті введення нечіткості в початкове маркування та правила спрацьовування переходів до формалізму ординарних МП отримують тип НМП  $C_f$ , яка формально може бути представлена наступним чином [3]:

$$C_f = (N, f, \lambda, \mu_0), \quad (3)$$

де  $N = (P, T, I, O)$  – структура ординарних мереж Петрі;  $f = (f_1, f_2, \dots, f_K)$  – вектор значень функції належності нечіткого спрацьовування переходів НМП  $C_f$ , що визначаються відповідними правилами нечітких продукцій функціонування НМП,  $f_j \in [0, 1] \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, K\}$ ,  $K$  – кількість переходів;  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_K)$  – вектор значень порогу спрацьовування переходів,  $\lambda_j \in [0, 1] \quad (\forall j \in \{1, 2, \dots, K\})$ ;  $\mu_0 = (\mu_1^0, \mu_2^0, \dots, \mu_Q^0)$  – вектор початкового маркування НМП  $C_f$ , в якому  $\mu_i^0 \in N^0 \quad (i = \overline{1, Q})$  визначає значення ступеня істинності висловлювання, яке відповідає присутності одного маркера в позиції  $p_i$ , в момент запуску НМП,  $\mu_i^0 \in [0, 1] \quad (\forall i = \{1, 2, \dots, Q\})$ ,  $Q$  – кількість позицій.

Динаміка переміщення маркерів по мережі визначається наступними правилами  $R(C_f)$  [3, 7]:

$R_1$  – правило визначення поточного маркування. Стан НМП  $C_f$  визначається вектором  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_Q)$ , компоненти якого  $(\mu_i \in [0, 1], i = \overline{1, Q})$  інтерпретуються як значення ступенів істинності висловлювань, які відповідають

присутності одного маркеру в позиціях  $p_i \in P$  НМП  $C_f$ . Початковий стан НМП  $C_f$  визначається вектором початкового маркування  $\mu_0$ ;

$R_2$  – правило (умова) активності переходу. Перехід  $t_k \in T$  НМП  $C_f$  є активним (дозволенним) при деякому доступному маркуванні  $\mu$ , якщо виконуються наступні умови:

$$\min_{(i \in \{1, 2, \dots, Q\}) \wedge (I(p_i, t_k) > 0)} \{\mu_i\} \geq \lambda_k, \quad (4)$$

де  $\lambda_k$  – значення порогу спрацьовування переходу  $t_k \in T$ . Іншими словами, перехід  $t_k \in T$  НМП  $C_f$  є активним, якщо у всіх його вхідних позиціях є ненульові значення компонентів вектора поточного маркування, а мінімальне з них – не менше порогу спрацьовування  $\lambda_k$  даного переходу  $t_k \in T$ ;

$R_3$  – правило нечіткого спрацьовування переходу. Якщо перехід  $t_k \in T$  НМП  $C_f$  є активним (виконується правило  $R_2$ ) за деяким поточним маркуванням  $\mu_l$  (тобто для нього виконується умова (4)), то нечітке спрацьовування даного переходу здійснюється миттєво і приводить до нового маркування  $\mu_{l+1} = (\mu_1^{l+1}, \mu_2^{l+1}, \dots, \mu_Q^{l+1})$ , компоненти вектора якого визначаються за наступними формулами:

- для кожної з вхідних позицій  $p_i \in P$ , для яких  $I(p_i, t_k) > 0$ :

$$\mu_i^{l+1} = 0, \quad (\forall p_i \in P) \wedge (I(p_i, t_k) > 0); \quad (5)$$

- для кожної з вихідних позицій  $p_j \in P$ , для яких  $O(t_k, p_j) > 0$ :

$$\mu_j^{l+1} = \max \left\{ \mu_j, \min_{(i \in \{1, 2, \dots, Q\}) \wedge (I(p_i, t_k) > 0)} \{\mu_i, f_k\} \right\}, \quad (\forall p_j \in P) \wedge (O(t_k, p_j) > 0), \quad (6)$$

де  $f_k$  – міра можливості спрацьовування (запуску) переходу

$t_k \in T$ , яке задається при визначенні конкретної НМП  $C_f$ .

Якщо деякі з позицій  $p_i \in P$  є одночасно вхідними та вихідними для дозволеного переходу  $t_k \in T$ , то для них компоненти вектора нового маркування розраховуються послідовно, спочатку за формулою (5), а потім – за формулою (6). Для позицій  $p_i \in P$ , що не є ні вхідними, ні вихідними по відношенню до переходу  $t_k$  маркування не змінюється.

Розглянемо далі приклад НМП  $C_f$  для логістичної системи, до складу якої входять такі компоненти: виробник, дистриб'ютор (магазин), перевізник та споживач. Сформулюємо наступні можливі правила НМП  $C_f$ :

Правило\_1. ЯКЩО «Існує потреба у споживача в продукції» ТОДІ «Споживач розміщає замовлення на продукцію у дистриб'ютора(магазину)» ( $f_1 = 0,9$ ).

Правило\_2. ЯКЩО «Споживач розміщає замовлення на продукцію у дистриб'ютора(магазину)» ТОДІ АБО «У дистриб'ютора (магазину) потрібна продукція відсутня» АБО «У дистриб'ютора (магазину) потрібна продукція є в наявності» ( $f_2^1 = 0,2$ ;  $f_2^2 = 0,9$ ). Тут мається на увазі кількість продукції, її характеристики тощо для повного задоволення потреб споживача.

Правило\_3. ЯКЩО «У дистриб'ютора (магазину) потрібна продукція відсутня» І «Споживач згоден очікувати продукцію» ТОДІ «Дистриб'ютор розміщає замовлення на продукцію у виробника» ( $f_3 = 0,6$ ).

Правило\_4. ЯКЩО «Дистриб'ютор розміщає замовлення на продукцію у виробника» ТОДІ АБО «У виробника потрібна продукція відсутня на складі» АБО «У виробника потрібна продукція є в наявності на складі» ( $f_6^1 = 0,3$ ;  $f_6^2 = 0,7$ ).

Правило\_5. ЯКЩО «У виробника потрібна продукція відсутня на складі» ТОДІ «Виробництво продукції» ( $f_7 = 0,6$ ).

Правило\_6. ЯКЩО «У виробника потрібна продукція є в наявності на складі» І [АБО «Вільний транспорт у виробника»

АБО «Вільний транспорт дистриб'ютора»] ТОДІ «Відвантаження продукції» ( $f_8 = 0,7$ ;  $f_{10} = 0,8$ ;  $f_{11} = 0,8$ ).

Правило\_7. ЯКЩО «Відвантаження продукції» ТОДІ «Перевезення продукції до дистриб'ютора» ( $f_{12} = 0,9$ ).

Правило\_8. ЯКЩО «У дистриб'ютора (магазину) потрібна продукція є в наявності» ТОДІ АБО [«Передача продукції перевізнику(експрес-доставка)» І «Покупка продукції споживачем»] АБО «Покупка продукції споживачем» ( $f_4^1 = 0,9$ ;  $f_4^2 = 0,8$ ;  $f_{14} = 0,8$ ).

Позиціям  $P_1 - P_{15}$  мережі поставлені у відповідність наступні нечіткі висловлювання:

$P_1$  – «Існує потреба у споживача в продукції» ;

$P_2$  – «Споживач розміщає замовлення на продукцію у дистриб'ютора(магазину)»;

$P_3$  – «У дистриб'ютора (магазину) потрібна продукція відсутня» ;

$P_4$  – «У дистриб'ютора (магазину) потрібна продукція є в наявності»;

$P_5$  – «Споживач згоден очікувати продукцію»;

$P_6$  – «Дистриб'ютор розміщає замовлення на продукцію у виробника»;

$P_7$  – «У виробника потрібна продукція відсутня на складі»;

$P_8$  – «У виробника потрібна продукція є в наявності на складі»;

$P_9$  – «Виробництво продукції»;

$P_{10}$  – «Вільний транспорт у виробника»;

$P_{11}$  – «Вільний транспорт дистриб'ютора»;

$P_{12}$  – «Відвантаження продукції»;

$P_{13}$  – «Перевезення продукції до дистриб'ютора»;

$P_{14}$  – «Передача продукції перевізнику (експрес-доставка)»;

$P_{15}$  – «Покупка продукції споживачем».

Припустимо, що відомо ступінь істинності деяких висловлювань, а саме:

- «Існує потреба у споживача в продукції» ( $E_1 = 0,8$ );
- «Споживач згоден очікувати продукцію» ( $E_2 = 0,5$ );
- «Вільний транспорт у виробника» ( $E_3 = 0,5$ );
- «Вільний транспорт дистриб'ютора» ( $E_4 = 0,5$ ).

Ці дані використовуються для визначення початкового маркування нечіткої мережі Петрі (рис. 1):

$$\mu_0 = (0,8; 0; 0; 0; 0,5; 0; 0; 0; 0; 0,5; 0,5; 0; 0; 0).$$

Зауважимо, що на рис.1 та рис. 2 для зручності сприйняття нумерація переходів не є наскрізною, а уведено позначення переходів типу  $t_i^a$ , де верхній індекс показує нумерацію переходів для позиції  $P_i$ .

Задача моделювання зводиться до оцінювання можливості попадання одного маркера в позиції  $P_9$ ,  $P_{13}$  і  $P_{15}$  (висловлювання «Виробництво продукції», «Перевезення продукції до дистриб'ютора» і «Покупка продукції споживачем» відповідно). Для її розв'язання послідовно визначаються активні переходи та використовуються правила їх нечіткого спрацьовування. Якщо не встановлені пороги  $\lambda_j$  ( $\forall j \in \{1, 2, \dots, K\}$ ) спрацьовування переходів, то моделювання представляється у вигляді наступних кроків. Дерево (граф) досяжних маркувань зображено на рис. 2.



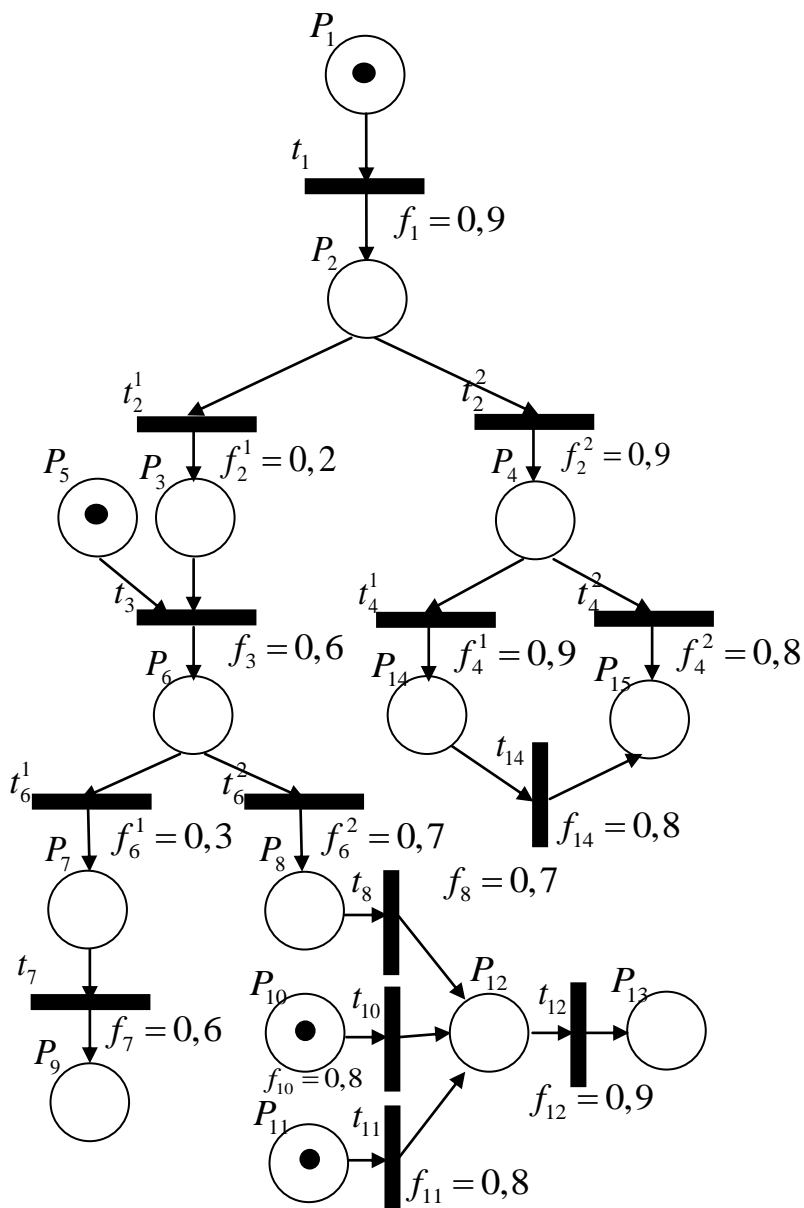
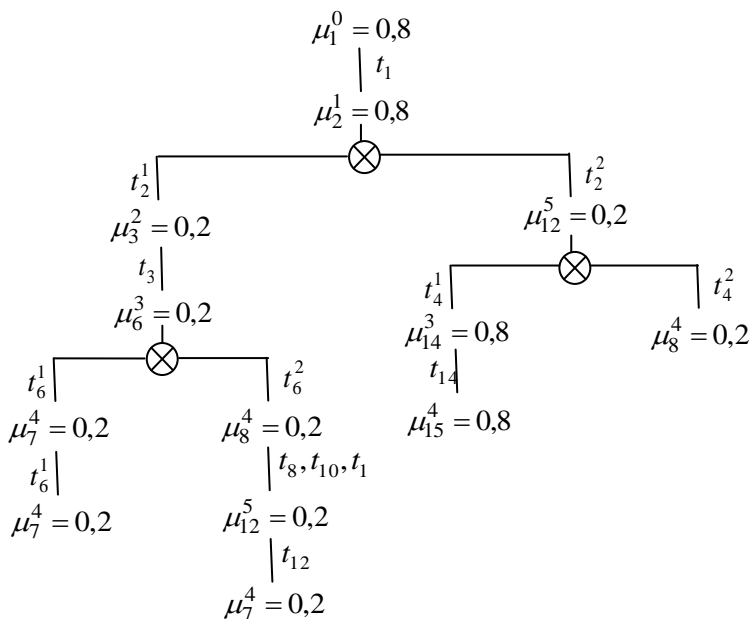


Рис. 1. Нечітка мережа Петрі з нечіткістю задання початкового маркування та спрацьовування переходів. Джерело: авторська розробка



**Рис. 2.** Дерево досяжних маркувань нечіткої мережі Петрі з рис. 1.  
*Джерело:* авторська розробка

На першому кроці за правилом  $R_2$  активним є перехід  $t_1$ , спрацьовування якого призводить до зміни маркування позиції  $P_2$ , яке, згідно правила  $R_3$  за формулою (6), набуде значення:  $\mu_2^1 = \max\{0; \min\{0,8; 0,9\}\} = 0,8$ .

За даного маркування активними є переходи  $t_2^1$  і  $t_2^2$ , що відповідають ситуації відсутності чи наявності потрібної продукції у дистриб'ютора (магазину). Якщо спрацює перехід  $t_2^1$  (товар відсутній, а споживач згідний очікувати продукцію), тоді згідно правила  $R_3$  позиція  $P_3$  змінить своє маркування на  $\mu_3^2 = \max\{0; \min\{0,8; 0,2\}\} = 0,2$ . Далі спрацьовує перехід  $t_3$  і позиція  $P_6$  змінить своє маркування на

$\mu_6^3 = \max\{0; \min\{0,2;0,5;0,6\}\} = 0,2$  (дистриб'ютор передає замовлення на продукцію виробнику). Наступними активними будуть переходи  $t_6^1$  і  $t_6^2$ .

Якщо спрацює перехід  $t_6^1$  (у виробника продукція відсутня на складі) зміниться маркування позиції  $P_7$  на  $\mu_7^4 = 0,2$ , а після наступного спрацьовування переходу  $t_7$  – маркування позиції  $P_9$  на  $\mu_9^5 = 0,2$  (виробництво продукції у виробника на замовлення дистриб'ютора).

Якщо спрацює перехід  $t_6^2$  зміниться маркування позиції  $P_8$  на  $\mu_8^4 = 0,2$ . З врахуванням початкового маркування позицій  $P_{10}$  та  $P_{11}$  та умови Правила 6 одночасно активними є переходи  $t_8$ ,  $t_{10}$  і  $t_{11}$ , спрацьовування яких призводить до зміни маркування позиції  $P_{12}$  на  $\mu_{12}^5 = 0,2$ . За цього маркування позиції  $P_{12}$  є активним тільки перехід  $t_{12}$ , після спрацьовування якого змінює своє маркування позиція  $P_{13}$ :  $\mu_{13}^6 = 0,2$ .

Розглянемо результат спрацьовування переходу  $t_2^2$  (у дистриб'ютора потрібна продукція є в наявності), що приведе до зміни маркування  $P_4$ :  $\mu_4^2 = 0,8$ . Для цього маркування активними є переходи  $t_4^1$  і  $t_4^2$ .

Спрацьовування переходу  $t_4^1$  змінює маркування позиції  $P_{14}$  на  $\mu_{14}^3 = 0,8$ . Далі активним є перехід  $t_{14}$ , спрацьовування якого змінює маркування позиції  $P_{15}$  на  $\mu_{15}^4 = 0,8$ .

Якщо ж спрацює перехід  $t_4^2$ , зміниться маркування позиції  $P_{15}$  на  $\mu_{15}^3 = 0,8$  (споживач здійснив покупку продукції).

Після виконання зазначених кроків отримуємо значення функцій належності нечіткої присутності маркера в позиціях:

$P_9$  «Виробництво продукції» – 0,2;

$P_{13}$  «Перевезення продукції до дистриб'ютора» – 0,2;

$P_{15}$  «Покупка продукції споживачем» – 0,8.

За значенням функції належності нечіткої присутності маркера у відповідних позиціях можна зробити висновок про результати функціонування даної логістичної системи, зокрема, щодо можливості здійснення покупки, отримання замовлення на виробництво продукції.

Третій підклас нечітких мереж Петрі типу  $C_{PTf}$  утворюють нечіткі мережі Петрі з нечіткістю задання початкового маркування, часових затримок маркерів в позиціях та часових затримок спрацьовування активних переходів. В загальному вигляді нечітка МП типу  $C_{PTf}$  може бути подана у вигляді [3]:

$$C_{PTf} = (N, m_0(\varpi), z(\varpi), s(\varpi)), \quad (7)$$

де  $N = (P, T, I, O)$  – структура ординарних мереж Петрі;  $m_0(\omega) = (m_1^0, m_2^0, \dots, m_Q^0)$  – вектор початкового маркування мережі Петрі ( $m_i^0 \in N^0, i = \overline{1, Q}$ ), з кожною компонентою  $m_i^0$  якого зв'язаний деякий простір з нечіткою мірою  $(\Omega_i, \mathfrak{F}_i, G_i) (\forall i \in \{1, 2, \dots, Q\})$ , де  $\Omega_i$  – базова множина (універсум),  $\mathfrak{F}_i$  –  $\sigma$ -алгебра на  $\Omega_i$ ,  $G_i$  – деяка нечітка міра, тобто функція множини, яка задовольняє аксіоми обмеженості, монотонності та неперервності;  $z(\omega) = (z_1, z_2, \dots, z_Q)$  – вектор параметрів часових затримок маркерів в позиціях мережі Петрі, з кожною компонентою якого  $z_j$  зв'язаний деякий

простір з нечіткою мірою  $(\Omega_i', \mathfrak{F}_i', G_i')$  ( $\forall i \in \{1, 2, \dots, Q\}$ );  $s(\omega) = (s_1, s_2, \dots, s_K)$  – вектор параметрів часових затримок спрацьовування дозволених (активних) переходів мережі Петрі, з кожною компонентою  $s_k$  якого зв'язаний деякий простір з нечіткою мірою  $(\Omega_k'', \mathfrak{F}_k'', G_k'')$  ( $\forall k \in \{1, 2, \dots, K\}$ ).

Динаміка зміни маркування НМП  $C_{PTf}$  визначається відповідними правилами визначення поточного стану, активності переходів, нечіткого спрацьовування переходів (які можуть бути аналогічні правилам  $R(C_f)$ , що наведені вище) та нечіткої затримки маркерів в позиціях [3, 7].

Такий тип нечітких МП у моделюванні логістичних систем дозволяє наблизитися до реальних умов їх функціонування, коли на виконання певних подій, процесів необхідний деякий час. Проте даний тип із зазначених вище найважче реалізувати програмно.

Велике різноманіття мереж Петрі зумовило й існування значної кількості програмних продуктів їх реалізації, серед яких частина є платними, а частина знаходиться у вільному доступі в Інтернеті. Зазвичай окремий програмний продукт дозволяє працювати з певним типом мереж. Зокрема, одним із потужних середовищ для побудови, симуляції та перевірки моделей розфарбованих мереж Петрі є пакет CPN Tools, дистрибутив якого знаходиться у вільному доступі в Інтернеті та безкоштовно розповсюджується компанією-розробником [9].

**Висновки.** Нами розглянуто актуальну проблему врахування невизначеності в економіко-математичних моделях логістичних систем. В роботі запропоновано здійснювати таке моделювання з використанням нечітких мереж Петрі. Нами здійснено аналіз, розвинуті концептуальні положення та інструментарій основних типів нечітких мереж Петрі, наведені відповідні приклади. Зокрема, нами побудовано НМП з нечіткістю задання початкового маркування та спрацьовування переходів, яка моделює взаємодію виробника, дистриб'ютора (магазину), перевізника та споживача.

Дана праця може бути відправною точкою для різних теоретичних та прикладних досліджень з проблем використання нечітких мереж Петрі у моделюванні соціально-економічних систем, в тому числі й логістичних. Зокрема, існує потреба у розробці простого у використанні програмного продукту, який би реалізовував різні типи нечітких мереж Петрі для моделювання логістичних систем.

### **Список використаної літератури:**

1. Клименко С.М. Обґрунтування господарських рішень та оцінка ризиків : Навч. посібник. / С.М. Клименко, О.С. Дуброва – К.: КНЕУ, 2005. – 252 с.
2. Вітлінський В.В. Теорія інтелектуальних систем прийняття рішень / В.В. Вітлінський, О.Д. Шарапов // Моделювання та інформаційні системи в економіці: Зб. наук. праць. – Київ: КНЕУ, 2008. – Вип. 78. – с. 58-69.
3. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб.:БХВ-Петербург, 2005. – 736с.
4. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. / І.В. Стеценко. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399с.
5. Кульба В. В. Модифицированные сети Петри / В. В. Кульба, А. Г. Мамиконов, А. Р. Швецов. – М.: ИПУ, 1991. – 45с.
6. Кульба В. В. Модифицированные функциональные графы как аппарат моделирования сложных динамических систем / В. В. Кульба, В. М. Назаретов, И. П. Чухнов. – М.: ИПУ, 1995. – 43с.
7. Борисов В.В. Нечеткие модели и сети. / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284с.
8. Симанков В.С. Моделирование сложных объектов в режиме реального времени на основе сетей Петри [Електронний ресурс] / В.С. Симанков, Д.М. Толкачев // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – Майкоп, 2012. - № 4 (110). – Режим доступу до статті: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-slozhnyh-obektov-v-rezhime-realnogo-vremeni-na-osnove-setey-petri>

9. CPN Tools Homepage. Режим доступа: <http://www.daimi.au.dk/CPNTools>. – Назва з екрану. – Дата звернення: 05.03.2015.

## **2.2. ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ УКРАИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ «ЗАТРАТЫ-ВЫПУСК»**

Эффективность функционирования национальной экономики можно считать важнейшим фактором, определяющим ее жизнеспособность и перспективы развития. Значимость данного фактора существенно возрастает в современных условиях глобализации экономических процессов и повышения уровня конкуренции на мировых рынках. Поэтому определение показателей эффективности экономики и анализ тенденций их изменения является актуальной задачей.

Высокий уровень достоверности и объективности экономического анализа, вообще, и оценки эффективности функционирования национальной экономики, в частности, может быть достигнут за счет использования возможностей надежных (общепризнанных) экономико-математических моделей и достоверных статистических данных. Для анализа эффективности системы взаимосвязанных отраслей экономики в качестве такой математической модели целесообразно рассматривать модель «затраты – выпуск».

В научной литературе уже имеются отдельные примеры использования математических моделей «затраты – выпуск» для исследования различных аспектов эффективности функционирования систем производителей, в том числе и для экономики Украины.

В статье Романова С.А. [12] предлагается на основе модели В. Леонтьева оценивать эффективность производства предприятия. С этой целью вводится вектор себестоимости выпускаемой продукции  $C=(c_1, c_2, \dots, c_n)$ . Анализ эффективности производства сводится к оценке экономического результата от снижения себестоимости

выпуска отдельного вида продукции  $C_i$  как изменения общей себестоимости  $S_k = \sum_{j=1}^n c_j b_{jk}$  некоторой продукции  $k$ , реализуемой на рынке. Необходимо отметить, что при реализации указанного подхода фактически исследуется не экономическая эффективность функционирования предприятия, а определяется экономический эффект от соответствующего снижения себестоимости производства отдельных видов продукции, которые рассматриваются в качестве комплектующих готовой продукции, поставляемой на рынок.

В [9] высказывается интересная идея относительно использования для анализа продуктивности модели «затраты-выпуск» (системы производителей, описываемых данной моделью) мажорирующего корня (число Фробениуса)  $\lambda^*$  матрицы коэффициентов прямых материальных затрат  $A$ .

Известно (теорема Фробениуса [1, с. 120]), что если матрица  $A$  полуположительна и неразложима, то  $\lambda^*$  является действительным положительным числом и отвечающий ему собственный вектор  $X^*$  строго положителен. (Заметим, что данный результат занимает центральное место в теоретических основах экономико-математического анализа моделей Леонтьева [2, с. 317]).

Тогда, для моделей «затраты-выпуск» вектор  $\lambda^* X^* = AX^*$  характеризует текущие производственные затраты в системе производителей, функционирование которых описывается моделью  $X = AX + Y$ . Чем меньше значение  $\lambda^*$ , тем меньше объем выпускаемой продукции, которая используется непосредственно на производственные нужды, и соответственно, тем большая ее часть произведенной продукции может быть направлена на конечное потребление (при  $\lambda^* < 1$ ). Поэтому действительно, величина  $\lambda^*$  (или предлагаемая авторами [9]  $1 - \lambda^*$ ) может интерпретироваться как некоторая интегральная оценка продуктивности



(экономической эффективности) функционирования рассматриваемой системы взаимосвязанных производителей.

Данный подход был реализован для оценки продуктивности экономики Украины и Кировоградской области.

Вместе с тем, величина  $1 - \lambda^*$ , как оценка экономической эффективности, имеет существенные недостатки, в частности:

- она не обладает необходимым экономическим содержанием;

- с помощью данной оценки можно получить некоторую обобщенную характеристику эффективности функционирования системы производителей в целом. Однако она не позволяет анализировать эффективность работы отдельного производителя или специально выделенной группы производителей.

Поэтому оценка эффективности функционирования системы производителей в форме  $1 - \lambda^*$ , имея несомненный теоретический интерес, предоставляет ограниченные возможности для ее использования в прикладном экономическом анализе.

В статьях [10,14] для сравнительного анализа экономик, их продуктивности (эффективности) предлагается использовать модель «затраты-выпуск», агрегированную посредством вектора равновесных цен  $T$ . Данный вектор может быть найден из равенства Хатанака  $TA = \lambda^*T$ , в котором  $\lambda^*$  - число Фробениуса матрицы  $A$  [7]. Используя вектор цен  $T$  модель Леонтьева можно представить в агрегированном до одномерного уровня виде  $TX = TAX + TY$ . Тогда доля производственных затрат  $TAX$  (или конечной продукции  $TY$ ) в величине валовых выпусков  $TX$  может характеризовать продуктивность (эффективность) рассматриваемой производственной системы.

Основное преимущество данного подхода авторы [10, 14] видят в том, что агрегирование модели «затраты-выпуск» осуществляется вектором равновесных цен  $T$ , который определяется на основе технологической матрицы  $A$  и значит,

указанные цены изменяются только тогда, когда изменяется технологический уклад производства. Это, по мнению авторов, делает оценку продуктивности системы более стабильной, т.к. она не зависит от скоротечных изменений реальных цен производства.

Данная оценка использовалась для сравнительного анализа продуктивности экономик Украины, России и США.

Однако проведенные расчёты на реальных данных матриц коэффициентов прямых затрат для экономики Украины показали, что матрицы  $A$  даже для двух смежных годовых периодов имеют значительные отличия. Соответственно изменяются и отвечающие им векторы равновесных цен  $T$ . Поэтому оценка продуктивности на основе модели «затраты-выпуск», агрегированной вектором  $T$ , фактически не обладает той стабильностью, о которой говорится в упомянутых работах [10, 14]. Кроме того, высокий уровень агрегирования данной оценки не позволяет ее использовать для проведения детального и глубокого анализа эффективности функционирования системы производителей.

Отмеченные недостатки имеющихся методов оценки эффективности систем производителей определяют актуальность разработки и применения иных подходов для исследования эффективности функционирования системы отраслей национальной экономики Украины. При этом представляют интерес экономико-математические методы оценки и анализа эффективности функционирования системы взаимосвязанных производителей, основные положения которых изложены в работах [5, 13].

В частности в работе [13] была введена система показателей оценки экономической эффективности внедрения различного типа инноваций в системе производителей, в основе построения которых лежит модель В. Леонтьева. Экономико-математический анализ свойств этих показателей проведен в [5]. В [4] предложено указанную систему показателей использовать для оценки эффективности функционирования отраслей национальной экономики. Суть подхода, развиваемого в данных работах, применительно к

анализу эффективности функционирования экономики состоит в следующем.

Пусть функционирование системы отраслей экономики описывается математической моделью «затраты – выпуск»

$$X = AX + Y. \quad (1)$$

Тогда показатели эффективности данной системы могут определяться следующим образом:

$$E_j(A) = 1 / \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (2)$$

$$E_j^*(B) = 1 / \sum_{i=1}^n b_{ij}, \quad (3)$$

где  $a_{ij}$  - соответствующий элемент матрицы коэффициентов прямых затрат  $A$ ,  $b_{ij}$  - элемент матрицы коэффициентов полных затрат  $B$ ,  $n$  - количество отраслей.

Согласно экономической интерпретации элементов матриц  $A$  и  $B$  особенности приведенных показателей состоят в следующем:  $E_j(A)$  отражает только совокупность прямых затрат отдельной отрасли экономики,  $E_j^*(B)$  использует комплекс затрат (не только прямых, но и косвенных) на производство соответствующей продукции, которые формируются с учетом всех технологических взаимосвязей системы. Поэтому с позиций представления специфики анализируемой системы в целом второй показатель является более информативным.

Используя показатели эффективности отдельных элементов экономической системы, можно строить показатели эффективности функционирования всей системы как их средние

$$\bar{E}(A) = (1/n) \sum_{j=1}^n E_j(A), \quad (4)$$

$$\bar{E}^*(B) = (1/n) \sum_{j=1}^n E_j^*(B), \quad (5)$$

или средневзвешенные значения, весами в которых могут выступать валовые объемы выпуска продукции отдельных отраслей  $X_j$

$$\bar{E}(A, X) = \sum_{j=1}^n \frac{X_j}{\sum_{j=1}^n X_j} E_j(A), \quad (6)$$

$$\bar{E}^*(B, X) = \sum_{j=1}^n \frac{X_j}{\sum_{j=1}^n X_j} E_j^*(B). \quad (7)$$

В развитие системы показателей (2) - (7) с целью более детального анализа и наглядного представления степени использования потенциальных возможностей системы отраслей могут рассматриваться показатели, которые являются производными от средних арифметических и средних взвешенных показателей эффективности

$$L(A, X) = \frac{\bar{E}(A, X)}{\bar{E}(A)}, \quad (8)$$

$$L(B, X) = \frac{\bar{E}^*(B, X)}{\bar{E}^*(B)}. \quad (9)$$

Показатели  $L(A, X)$  и  $L(B, X)$  можно трактовать следующим образом. Чем больше значения данных показателей, тем лучше используются возможности анализируемой системы. Если значения этих показателей превышают единицу, то это означает, что в системе в большей степени используются высокоэффективные производители

(относительно среднего значения соответствующего показателя), в противном случае – менее эффективные. При этом показатели  $L(A, X)$  и  $L(B, X)$  могут принимать значения, определяемые следующими неравенствами

$$\frac{\min_j E_j(A)}{\bar{E}(A)} \leq L(A, X) \leq \frac{\max_j E_j(A)}{\bar{E}(A)}, \quad (10)$$

$$\frac{\min_j E_j^*(B)}{\bar{E}^*(B)} \leq L(B, X) \leq \frac{\max_j E_j^*(B)}{\bar{E}^*(B)}. \quad (11)$$

Для того чтобы в явном виде определить насколько степень использования возможностей системы (показатели  $L(A, X)$  и  $L(B, X)$ ) при данном варианте загрузки отличается от максимально возможного ее значения могут использоваться следующие показатели.

$$I(A, X) = L(A, X) \Big/ \frac{\max_j E_j(A)}{\bar{E}(A)} = \bar{E}(A, X) \Big/ \max_j E_j(A), \quad (12)$$

$$I(B, X) = L(B, X) \Big/ \frac{\max_j E_j^*(B)}{\bar{E}^*(B)} = \bar{E}^*(B, X) \Big/ \max_j E_j^*(B). \quad (13)$$

Очевидно, что, чем ближе значения данных показателей к единице, тем лучше используются возможности данной системы в смысле эффективности ее функционирования.

Приведенные выше показатели использовались для оценки и анализа эффективности функционирования экономики Украины. При этом в расчетах в качестве исходных данных были использованы официальные статистические показатели статистических ежегодников Украины за 2003 – 2012 годы относительно валовых объемов производства ( $X_j$ ) и распределения (промежуточного потребления) продукции ( $X_{ij}$ ),

представленные по схеме «затраты – выпуск» в разрезе агрегированных отраслей национальной экономики [15 – 24].

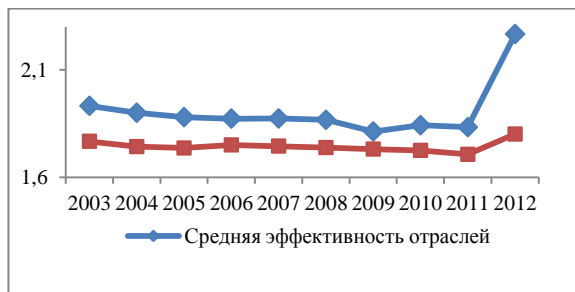
На основе этой информации для каждого года рассматриваемого периода были рассчитаны матрицы  $A$  коэффициентов прямых материальных затрат  $a_{ij} = X_{ij}/X_j$  и коэффициентов полных затрат  $B = (E - A)^{-1}$  отраслей национальной экономики, что позволяет определять показатели эффективности ее функционирования (2) – (13).

Необходимо подчеркнуть, что форма представления данных в разрезе «затраты – выпуск» за 2012 год [24, с. 40-41] изменилась по сравнению с предыдущими годами. Если ранее указанные данные группировались по 8 агрегированным отраслям экономики, то за 2012 год они представлены уже по 19 отраслям. В связи с этим возможности сравнения показателей, полученным по этим данным, с аналогичными за другие годы анализируемого периода в значительной степени ограничены. Поэтому рассчитанные показатели эффективности по этим данным носят исключительно справочный характер и в общем анализе национальной экономики не рассматривались.

Перейдем непосредственно к оценке и анализу эффективности функционирования экономики Украины.

На графиках рис. 1 представлена динамика показателей эффективности функционирования экономики Украины  $\bar{E}(A)$  и  $\bar{E}(A, X)$ , в которой просматривается в целом тенденция их снижения на всем анализируемом периоде: показатель  $\bar{E}(A)$  в 2003 и 2011 годах соответственно имеет значения 1,93 и 1,83 (снижение 5,2%), для  $\bar{E}(A, X)$  аналогичные величины составляют – 1,77 и 1,71, т.е. снижение составляет 3,4%.

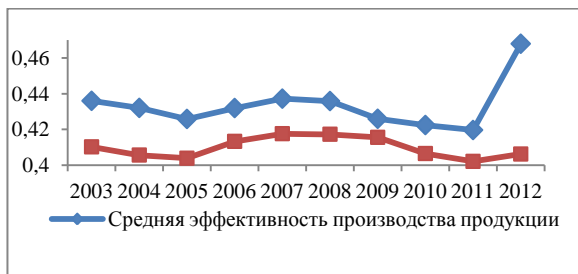
Рассмотрим далее изменение оценок эффективности функционирования национальной экономики на основе показателей  $\bar{E}^*(B)$  и  $\bar{E}^*(B, X)$ , значения которых для рассматриваемого периода представлены на графиках рис. 2.



**Рис.1. Динамика показателей эффективности функционирования экономики Украины  $\bar{E}(A)$  и  $\bar{E}(A, X)$**

Графики показателей  $\bar{E}^*(B)$  и  $\bar{E}^*(B, X)$  характеризуют их неоднозначную динамику в течение 2003 – 2011 годов. Кроме того, анализируя графики рис. 1 и 2 можно видеть, что показатели эффективности функционирования экономической системы Украины на этих графиках имеют качественные различия в траекториях своего развития - если показатели  $\bar{E}(A)$  и  $\bar{E}(A, X)$  имеют, в общем, тенденцию к снижению в течение всего рассматриваемого периода, то для  $\bar{E}^*(B)$  и  $\bar{E}^*(B, X)$  наблюдается рост в 2006 и 2007 годах.

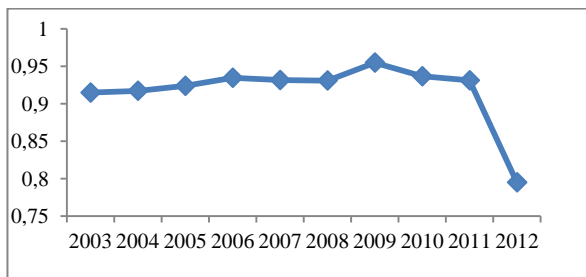
Приведенные результаты являются практическим подтверждением полученных в результате экономико-математических исследований в работе [5] теоретических выводов о том, что факторы, определяющие снижение/повышение показателей  $\bar{E}(A)$  и  $\bar{E}(A, X)$ , могут приводить к росту/снижению показателей эффективности  $\bar{E}^*(B)$  и  $\bar{E}^*(B, X)$ . Учитывая, что последние показатели, в отличие от показателей эффективности  $\bar{E}(A)$  и  $\bar{E}(A, X)$ , аккумулируют в своих значениях всю совокупность технологических взаимосвязей в системе отраслей, то в данном случае можно утверждать, что национальная экономика в целом демонстрирует в определенные периоды времени качественно иное поведение, чем ее отдельные отрасли.



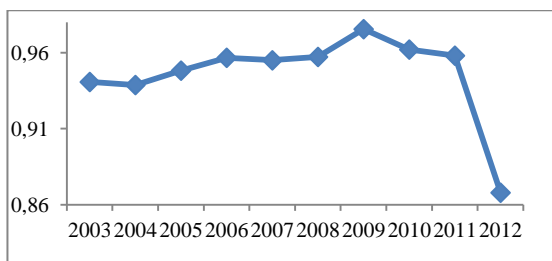
**Рис.2. Динамика показателей эффективности функционирования экономики Украины  $\bar{E}^*(B)$  и  $\bar{E}^*(B, X)$**

Проанализируем далее степень использования экономикой Украины своих потенциальных возможностей (в плане эффективности функционирования) в течение рассматриваемого периода. Графики рис. 3 и 4 показателей  $L(A, X)$  и  $L(B, X)$  синхронно показывают устойчивую тенденцию роста с 2003 по 2009 год, которая в 2010 – 2011 годах сменилась спадом этих показателей. Причем, оба показателя оставались меньшими единицы, что свидетельствует о том, что в течение всего рассматриваемого периода в экономике государства преимущественно использовались (загружались) отрасли, обладающие низкими показателями эффективности как  $E_j(A)$ , так и  $E_j^*(B)$ . При этом значение показателя  $E_j^*(B)$  в течение всего рассматриваемого периода остается большим, чем  $E_j(A)$ . Это означает, что экономика в целом лучше использует свои возможности, нежели ее отдельные отрасли.





**Рис.3. Динамика показателя  $L(A, X)$  использования возможностей экономики Украины**

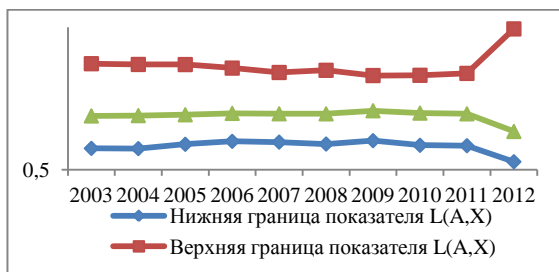


**Рис.4. Динамика показателя  $L(B, X)$  использования возможностей экономики Украины**

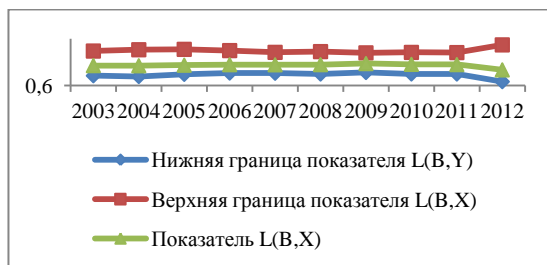
Графики рис. 3, 4 позволяют также выявить еще одну любопытную особенность динамики показателей  $L(A, X)$  и  $L(B, X)$  – резкое увеличение значений данных показателей в 2009 году. В этом году показатель  $L(A, X)$  вырос с 0,93 до 0,96, т.е. более чем на 3%, а показатель  $L(B, X)$  на 2,0% - с 0,96 до 0,98 при том, что в предыдущие годы они изменялись в значительно меньшей степени. Известно, что 2009 год характеризуется максимальным развитием кризисных явлений в мировой экономике и соответственно экономике Украины. Таким образом, изменение значений показателей  $L(A, X)$  и  $L(B, X)$  в этом году свидетельствует о том, что ухудшение условий функционирования стимулирует экономику к повышению уровня использования своих потенциальных

возможностей, т.е. к загрузке в первую очередь максимально эффективных отраслей. Преодоление экономического кризиса возвращает рассматриваемые показатели к практически докризисным значениям.

На рис. 5 и 6 приведена динамика показателей  $L(A, X)$  и  $L(B, X)$  с учетом возможного диапазона их значений.



**Рис.5. Динамика показателя  $L(A, X)$  и границ его возможных значений**



**Рис.6. Динамика показателя  $L(B, X)$  и границ его возможных значений**

Графики рис. 5 и 6 показывают, что коридор возможного изменения показателей  $L(A, X)$  и  $L(B, X)$  в течение 2003 – 2011 годов несколько сузился. Для показателя  $L(A, X)$  снижение произошло с 0,65 до 0,56 (13,8%), для  $L(B, X)$  - с 0,42 до 0,37 (11,9%). Таким образом, разброс в эффективности функционирования отдельных отраслей национальной

экономики уменьшается, что в целом может рассматриваться как позитивное явление. Отметим также, что минимальной величины указанные диапазоны достигают в кризисный 2009 год.

На графиках рис. 3 – 6 представлена динамика изменения значений показателей средней фактической эффективности функционирования национальной экономики  $\bar{E}(A, X)$  и  $\bar{E}^*(B, X)$  относительно средней эффективности отдельных отраслей  $\bar{E}(A)$  и  $\bar{E}^*(B)$ . Вместе с тем, представляет интерес анализ изменений  $\bar{E}(A, X)$ ,  $\bar{E}^*(B, X)$  и относительно максимальных значений  $E_j(A)$  и  $E_j^*(B)$ , т.е. эволюция показателей  $I(A, X)$  и  $I(B, X)$ , которая приведена на рис. 7 и 8.

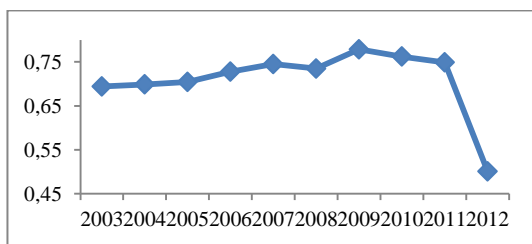


Рис.7. Динамика показателя  $I(A, X)$

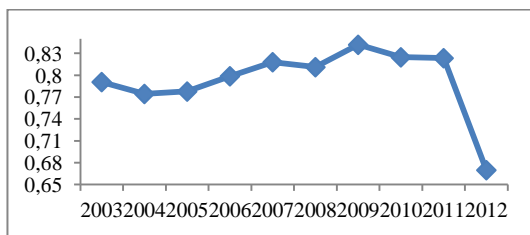


Рис.8. Динамика показателя  $I(B, X)$

Графики рис. 7, 8 показывают, что на протяжении 2003 – 2009 годов значения показателей  $I(A, X)$  и  $I(B, X)$  постоянно увеличивались, скачкообразно достигнув

максимума опять же в 2009 году. При этом в указанном году  $I(A, X)$  составлял от своего максимально возможного значения (показателя  $E_j(A)$  наиболее эффективной отрасли) 77,8%, а показатель  $I(B, X)$  - 84,2%, что свидетельствует о несколько более эффективном (с позиции использования имеющихся возможностей) функционировании экономики Украины в целом по сравнению с ее отдельными отраслями.

Таким образом, можно сделать вывод, что на основе экономико-математических возможностей модели «затраты-выпуск» нами проведен анализ эффективности функционирования национальной экономики, результаты которого позволили выявить отдельные негативные (особенно в последние годы анализируемого периода) тенденции ее развития. Очевидно, что дальнейшие исследования в этой области должны концентрироваться на определении реальных механизмов, формирующих указанные тенденции, и разработке рекомендаций по их соответствующей корректировке.

Следует также отметить, что рассмотренные вопросы анализа эффективности функционирования национальной экономики могут исследоваться для реальных экономических систем и других уровней. Например, несмотря на определенные сложности [8], имеются процедуры расчета по данным статистической отчетности таблиц межотраслевого баланса и матриц коэффициентов прямых и полных затрат для отдельных регионов страны [3, 0, 9,11]. Это позволяет проводить аналогичный анализ эффективности функционирования экономики государства в разрезе его региональных систем.

#### **Список использованной литературы:**

1. Артамонов В.А. Линейная алгебра и выпуклая геометрия / В.А. Артамонов, В.Н. Латышев. – М.: Факториал Пресс, 2004. – 160 с.
2. Беллман Р. Введение в теорию матриц / Р. Беллман. — М.: Наука, 1976. — 367 с.

3. Гамалий В.Ф. Составление и прогнозирование динамики коэффициентов межотраслевого баланса региона / В.Ф. Гамалий, Б.В. Дмитришин // Бизнес Информ. – 2009. - №2. – С. 102 – 106.
4. Диленко В. А. Анализ конкурентоспособности экономической системы на основе моделей «затраты–выпуск» / В. А. Диленко // Моніторинг, Моделювання та Менеджмент Емерджентної Економіки : збірник наукових праць Другої міжнародної науково-практичної конференції (Черкаси–Одеса, 8–10 вересня 2010р.). – Черкаси : Брама-Україна, 2010. – С. 80–81.
5. Диленко В.А. Анализ эффективности инновационной деятельности в системе взаимосвязанных производителей / В.А. Диленко // Актуальні проблеми економіки. - 2005. - № 11. - С. 183 – 190.
6. Дмитришин Б.В. Складання матриць коефіцієнтів прямих та повних матеріальних витрат на базі балансових таблиць регіонального міжгалузевого балансу / Б.В. Дмитришин // Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету: Економічні науки, вип.13.– Кіровоград: КНТУ, 2008.– С.207-214.
7. Итеративное агрегирование и его применение в планировании / Под ред. Л.М. Дудкина. – М.: Экономика, 1979. – 328 с.
8. Макаркіна Г.В. Моделі та методи планування соціально-економічного розвитку індустріального регіона: Монографія / Г.В. Макаркіна. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 280 с.
9. Малаховський Ю.В. Аналіз продуктивності моделей «витрати-випуск» на регіональному та національному рівнях / Ю.В. Малаховський, Б.В. Дмитришин // Бизнес Информ. – 2010. - № 4. – С. 59 – 63.
10. Оніщенко І. Порівняльний аналіз економік на основі результатів агрегування цінами моделі Леонтьєва «витрати-випуск» / І. Оніщенко // Економіст. - 2010.- № 9.- С.54 – 56.
11. Прекрасный Д.Е. Построение таблиц межотраслевого баланса региона на основе данных первичной статистической отчетности предприятий / Д.Е. Прекрасный, А.В. Макаркина // Бизнес Информ. – 2009. - № 4. – С. 122 – 125.

12. Романова С.А. Использование модели В. Леонтьева в экономическом анализе эффективности производства на предприятии / С.А. Романова // Проблемы повышения эффективности функционирования предприятий различных форм собственности: Сб. науч. тр.: В 3 т. / НАН Украины. Ин-т экономики пром-сти.- Донецк, 2004.- Т. 2.- С. 289 - 294.
13. Савчук А.В. Экономическая оценка результатов инновационной деятельности в системе промышленных предприятий / А.В. Савчук, В.А. Диленко // Актуальні проблеми економіки. - 2002. - № 12. - С. 89 – 97.
14. Сатир В.В. Економіко-математичне моделювання впливу на державне регулювання економіки / В.В. Сатир // Актуальні проблеми економіки.- 2011.- № 3. – С. 256 –270.
15. Статистичний щорічник України за 2004 р. - К.: Консультант, 2005. – 588 с.
16. Статистичний щорічник України за 2005 р. - К.: Консультант, 2006. – 575 с.
17. Статистичний щорічник України за 2006 р. - К.: Консультант, 2007. – 551 с.
18. Статистичний щорічник України за 2007 р. - К.: Консультант, 2008. – 571 с.
19. Статистичний щорічник України за 2008 р. - К.: Інформаційно-аналітичне агентство, 2009. – 566 с.
20. Статистичний щорічник України за 2009 р. - К.: Інформаційно-аналітичне агентство, 2010. – 566 с.
21. Статистичний щорічник України за 2010 р. - К.: ТОВ Август Трейд, 2011. – 559 с.
22. Статистичний щорічник України за 2011 р. - К.: ТОВ Август Трейд, 2012. – 558 с.
23. Статистичний щорічник України за 2012 р. - К.: ТОВ Август Трейд, 2013. – 552 с.
24. Статистичний щорічник України за 2013 р. - К.: ТОВ «Видавництво «Консультант», 2014. – 533 с.

## 2.3. ТРАНСФОРМАЦІЙНИЙ ЦИКЛ В ЕКОНОМІЦІ КУРОРТНО-РЕКРЕАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У дослідженні обґрунтовано поняття трансформації, як певного періоду циклічної динаміки, та отримано сценарій трансформаційної взаємодії курортно-рекреаційної системи в цілях отримання синергетичного ефекту. Запропонований підхід передбачає можливість розглядати розвиток економіки курортно-рекреаційних систем як взаємодію економічних циклів та трансформаційних процесів. Також введено поняття трансформаційного циклу та показано механізм його функціонування. На цій основі побудовано модель, яка дозволяє здійснювати опис трансформаційних стратегій у вигляді трансформаційного циклу.

**Ключові слова:** курортно-рекреаційний комплекс, економічні трансформації, синергетичний ефект, трансформаційний цикл, модель трансформаційних змін.

**Вступ.** Починаючи з кінця ХХ ст. світова економіка вступила в тривалий період радикальних змін, глобальних криз і важливих інновацій. Посилилася хаотичність динаміки, економічна діяльність ускладнилася із-за погано прогнозованих результатів. Світ виявився в стані наростаючого хаосу, посилення невизначеності, непередбачуваності раптово виникаючих змін. Проте в цьому хаосі, згідно І. Пригожіну [1], поступово вимальовуються контури майбутнього економічного порядку. Його основою стосовно національної економіки виступає трансформація соціально-економічних систем та їх адаптація до нових умов зовнішнього середовища, що динамічно змінюється. Це складний і суперечливий процес, успіх якого залежить, зокрема, від розуміння реальних механізмів цих трансформацій і здатності систем сприймати дані процеси.

У сучасній світовій економіці курортно-рекреаційна діяльність - одна з самих високоприбуткових сфер, а також одна з тих, що найбільш динамічно розвивається. Для багатьох країн це не лише постійно зростаюче джерело фінансових надходжень, але і за рахунок залучення мільйонів туристів

джерело розвитку інфраструктури територій, створення додаткових робочих місць.

Україна володіє потужним курортно-рекреаційним потенціалом, ефективне використання якого може забезпечити не лише повне задоволення потреб населення в рекреаційних послугах, але і принести реальну економічну вигоду. Тому курортно-рекреаційна сфера в процесі ринкової трансформації економіки повинна зайняти одне з провідних місць в структурі господарського комплексу [2]. Таку перспективу для національних курортно-рекреаційних комплексів покликано забезпечити відповідні методології системних економічних трансформацій, засновані на сучасних концепціях дослідження складних економічних систем, і, перш за все, на методах системного дослідження та економіко-математичного моделювання.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Проблема трансформації економічних систем має глибокі підстави в проблематиці загальної економічної теорії. З нею безпосередньо пов'язані проблеми формування, розвитку, зміни економічних систем, які досліджувалися в роботах багатьох вчених впродовж тривалого періоду часу. У процесі дослідження економічної трансформації курортно-рекреаційних системи автори спиралися на теоретичні розробки, що містяться в працях Д. Бела, Е. Денісона, П. Друкера, С. Коваля, Р. Солоу, Дж. Стігліца, Я. Тінбергена, Й. Шумпетера та інших вчених [3, 4]. Загальним проблемам перехідних процесів у економіках різних країн, а також проблемі трансформаційної економіки присвячені роботи таких українських вчених, як М. Долішній, А. Гальчинський, В. Геєць, А. Грищенко та ін. [5, 6].

У той же час багато аспектів трансформації економічних систем продовжують залишатися недостатньо дослідженими. Зокрема, значне прискорення та ускладнення світових економічних процесів, посилення міжсистемних інтеграцій інтенсифікують трансформаційні зміни і в курортно-рекреаційних системах, що вимагає їх ретельного дослідження. На сьогоднішній день ще не до кінця розкритий процес структурної трансформації систем з врахуванням його



складності і невизначеності майбутніх етапів розвитку [7]. Ще не склалася цілісна концепція трансформації курортно-рекреаційних систем, яка б ґрунтувалася на чіткому розумінні її параметрів та їх органічного взаємозв'язку в єдиній цілісній системі.

**Постановка проблеми.** Цілісне сприйняття складних і неоднозначних явищ сучасної економіки, формування комплексної системної концепції економічного розвитку курортно-рекреаційних систем, її закономірностей значною мірою обумовлено осмисленням економічного середовища функціонування. Тенденція системних трансформацій, економічних криз, дисипативних явищ, збільшення ризиків супроводжуються зміною внутрішніх механізмів функціонування курортно-рекреаційних систем. Базисом для таких змін виступають трансформації економічних процесів, властивих курортно-рекреаційної економіці. Слід зазначити, що застосування поняття «економічна трансформація» в більшості випадків ґрунтується не на розробленій теоретичній і методологічній базі, а частіше на інтуїтивному розумінні. Таким чином, виникає необхідність розробки інструментарію для аналізу та практичного застосування трансформаційних перетворень в економіці курортно-рекреаційних систем.

Мета статті полягає в розробці підходу до моделювання економічних трансформацій курортно-рекреаційних систем, в яких трансформація виступає як їх внутрішня і необхідна частина.

**Результати досліджень.** Сучасний етап розвитку економічної науки про трансформації соціально-економічних систем характеризується одночасним співіснуванням і конкуренцією чотирьох основних теоретичних парадигм, які визначають підходи дослідників щодо аналізу та моделювання трансформаційних процесів на всіх рівнях економіки:

1. Телеологічний підхід – розглядає трансформацію соціально-економічної системи, як швидкий перехід від одного стану до іншого, відповідного певному критерію [8].

2. Абсолютизований еволюціонізм – широко поширений у зарубіжних економічних теоріях і реалізований рядом держав

підхід, який передбачає формування ринкової економіки протягом тривалого проміжку часу [9].

3. Генетичний підхід – представлений, низкою наукових концепцій: методологією поступової поетапної соціальної інженерії К. Поппера; підходом, який базується на необхідності врахування об'єктивних тенденцій розвитку підходу М. Кондратьєва щодо формування цілей та розробок планових завдань; концепцією «перспективних траєкторій розвитку» В.М. Полтеровича [10].

4. «Перехід через запозичення» – підхід, що існує в найбільш розвинених державах, який базується на здійсненні наздоганяючої модернізації [11].

Узагальнення результатів досліджень у рамках зазначених парадигм дає підстави стверджувати, що поняття трансформації, як певного періоду циклічної динаміки економіки, включає та об'єднує три фази середньострокових, довгострокових і сверхдовгострокових циклів. Зокрема, фазу кризи застарілої, але все ще переважаючою економічної системи; фазу депресії, фазу відносної рівноваги співвідношень між передуючими та новітніми елементами системи; фазу інноваційного оновлення, коли зміцнілі елементи нової системи або нового етапу розвитку системи стрімко розширюються і зміцнюються, тим самим витісняючи і замінюючи застарілі елементи системи. Після завершення періоду трансформації система знаходиться в стані невпорядкованості, тобто синергетичний ефект системи негативний. Проте потім система переходить на певний період часу в стан порівняно еволюційного розвитку, коли проявляється позитивний синергетичний ефект та процес взаємодії елементів системи впорядковується.

Розглянемо сценарій трансформаційної економічної взаємодії двох підсистем курортно-рекреаційної системи в цілях отримання синергетичного ефекту. Як було вказано вище, суть подібної трансформації полягає в тому, що в результаті утворюється нова економічна структура, яка повинна володіти певними емерджентними властивостями, тобто виникає деяке явище, яке забезпечує перевищення

ефекту загального функціонування підсистем над сумою ефектів їх автономної діяльності в попередні періоди:

$$Z_1 + Z_2 < Z^S,$$

де  $Z_1, Z_2$  – ефекти самостійного автономного функціонування підсистем курортно-рекреаційної системи в попередні періоди;  $Z^S$  – трансформаційний ефект їхньої діяльності.

Тоді синергетичний ефект  $Z^U$  вимірюється величиною, яка дорівнює:

$$Z^U = Z^S - (Z_1 + Z_2).$$

При цьому, чим більший синергетичний ефект  $Z^U > 0$ , тим глибший процес економічних трансформацій, і тим більш стійка нова трансформована курортно-рекреаційна система; а чим менша величина  $Z^U > 0$ , тим менше цей ефект і більш нестійка новостворена структура; при  $Z^U < 0$  економічна взаємодія має хаотичний характер, тобто рекреасистема знаходиться в стані неупорядкованості.

У разі аналогічної взаємодії між  $n$  підсистемами курортно-рекреаційної системи, розрахунки модифікуються наступним чином:

$$\sum_{i=1}^n Z_i \leq Z^S,$$

$$Z^U = Z^S - \sum_{i=1}^n Z_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

Загальний синергетичний ефект від трансформацій  $Z^U$  повинен розподілятися між підсистемами курортно-рекреаційної системи, оскільки, якщо хоча б одна з них не одержує користь від трансформацій, вона буде прагнути до автономії. Звідси:

$$Z^U = \sum_{i=1}^n Z_i^U,$$

де  $Z_i^U > 0$  – ефект від трансформації для кожної  $i$  підсистеми курортно-рекреаційної системи.

Використовуючи наведене співвідношення для аналізу ефектів економічної взаємодії, отримуємо наступний вираз:

$$Z^U = \sum_{i=1}^n (Z_i + Z_i^U).$$

Цей результат може бути інтерпретований наступним чином: ефект від загального функціонування курортно-рекреаційних систем, як єдиного територіального курортно-рекреаційного комплексу, складається з суми ефектів їх автономного функціонування, скоригованих з урахуванням виникаючих позитивних синергетичних ефектів.

У найбільш загальному випадку кожна рекреасистема вносить свій вклад в трансформаційні процеси та несе певні витрати  $y_i \geq 0$ , які пов'язані з процесами трансформацій, а з іншого боку отримує додаткову користь  $d_i$ . Таким чином,  $Z_i^U = d_i - y_i$ . Крім того, можна стверджувати наступне: чим

більше величина  $\sum_i^n d_i$ , тим більш тісним є економічний взаємозв'язок, і тим більш стійким та життєздатним є територіальний курортно-рекреаційний комплекс.

У тому випадку, якщо заданий деякий поріг стійкості комплексу до збурень зовнішнього середовища  $\theta$  (що відображає, наприклад, прогнозовану середню величину його можливих втрат під впливом ринкової кон'юнктури), то має місце наступне співвідношення  $Z^U \geq \theta$ , яке описує необхідні умови існування територіального курортно-рекреаційного комплексу. Представимо це співвідношення у вигляді

$$Z^U + \sum_i^n Z_i \geq \theta.$$

Звідси отримуємо наступне:

$$Z^U \geq \theta - \sum_i^n Z_i.$$

Отриманий результат відображає необхідні умови стійкого існування територіального курортно-рекреаційного комплексу в ринковому середовищі, а саме синергетичний ефект повинен покривати збитки від трансформацій.

Дослідження процесів виникнення та функціонування трансформаційних циклів в економіці ґрунтується на результатах, отриманих в області теорії економічних циклів [12]. В той же час зазначимо, що в цій теорії трансформаційні цикли раніше не виділялися, що свідчить про особливу природу і характер їх функціонування. З метою подальшого дослідження введемо наступне визначення трансформаційного циклу.

**Визначення.** Трансформаційний цикл – прогресуюче перетворення соціально-економічної системи, що здійснює закінчений круг розвитку, і причиною якого служить зміна її структурних елементів та зв'язків між ними, що виходить за рамки можливостей самоорганізації системи на попередньому рівні.

Особливості трансформаційних циклів полягають у наступному:

- вони є особливою складовою частиною економічних циклів, яка виражає зміст трансформаційного періоду економіки і включають дві основні фази: період кризи завершуючого циклу (рис. 1 (1)) і період інноваційного становлення нового циклу (рис. 1 (4)). В якості проміжних слід також ввести наступні фази: латентний період накопичення передумов становлення нового циклу (рис. 1 (2)) та період дифузії, розповсюдження нового циклу на базі інновацій, їх розширення в просторі та за сферами діяльності (рис. 1 (3)). Точка, в якій відбувається зміна тенденцій, називається точкою трансформації, точкою стрибка якості. Саме тому трансформація і розуміється як якісна зміна, де вид якості протилежний попередньому. Отже, формальний опис трансформаційного циклу може бути виконано з урахуванням чотирьохфазової моделі циклу в загальному потоці економічної динаміки, де трансформації виступають переломним моментом руху циклу та виконують місію «перехідного містка» під час зміни циклів;

- залежно від тривалості змінюючих один одного циклів періоди трансформації можна поділити на короткострокові, середньострокові, довгострокові і сверхдовгострокові. Підвищувальні і понижувальні хвилі циклів різної тривалості

накладаються одна на одну, що забезпечує резонансний ефект їх взаємодії;

- трансформаційні цикли розрізняються по простору своєї дії. Вони можуть бути точковими (в рамках однієї курортно-рекреаційної системи), локальними, регіональними, національними чи глобальними;

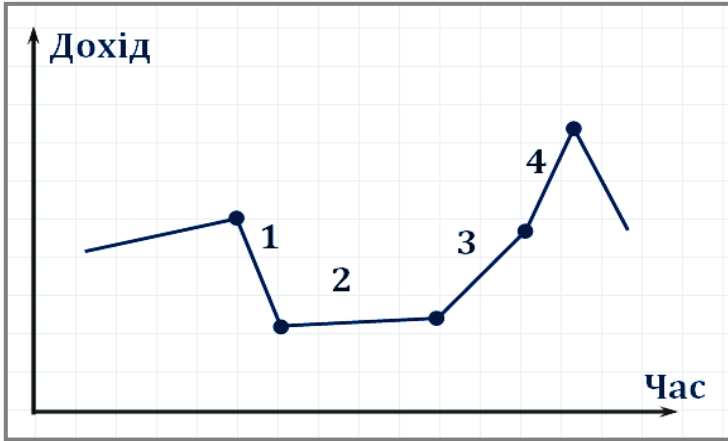


Рис. 1. Етапи трансформаційного циклу

- трансформаційні цикли істотно різняться залежно від свого об'єкта: національної економіки, галузі чи виду діяльності. У суміжних сферах трансформаційні цикли взаємодіють, створюючи синергетичний ефект (негативний в період криз і позитивний в період інноваційного оновлення);

Характер економічних трансформацій в моделі трансформаційного циклу можна представити наступним чином. У фазі зрілості (сталого розвитку) система рухається по інерційній траєкторії, функціонування її припускає наявність синергетичного ефекту. Однак, під час настання періоду трансформацій, все кардинально змінюється. Система переходить в нестійкий стан, виникає криза і, відповідно, хаотична динаміка, яка сприяє виникненню нового впорядкованого стану економіки. Достатньо невеликого

збурення, щоб траєкторія системи змінилася, і був вибраний той чи інший сценарій з множини можливих варіантів. Система стає неефективною, її синергетичний ефект негативний, оскільки частина внутрішньої енергії витрачається на протиборотство елементів. У підсумку цього протиборотства обирається одна з чисельних траєкторій і стан системи знову стає стійким і впорядкованим.

Співвідношення і взаємозв'язок трансформаційних та економічних циклів слід розглядати за урахуванням аналізу їх тривалості по фазовій складовій. Між ними існує закономірний зв'язок, який може бути знайдений в динаміці елементів даних циклів. Для цього введемо наступне твердження: трансформаційний цикл – обумовлюється неминучістю та дією різних рушійних сил, перетворюючих економічну систему, на тлі яких протікають середні та малі економічні цикли.

Для аналізу трансформаційного циклу слід звернутися до сутності підвищувальних та понижувальних хвиль, які дозволяють встановити наступні риси в його розвитку:

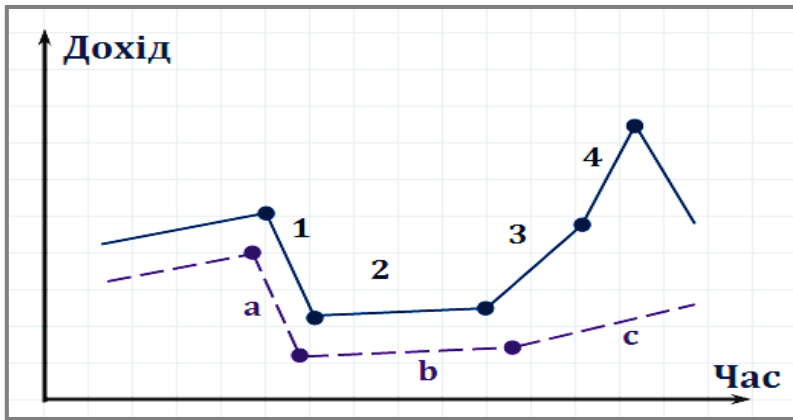
1. Перед початком трансформаційного циклу спостерігаються глибокі зміни в умовах економічного життя суспільства. Ці зміни виражаються в становленні нових господарських відносин та у перерозподілу економічних інтересів новими суб'єктами господарювання;

2. На періоди висхідної хвилі трансформаційного циклу, припадає найбільша кількість соціально-економічних потрясінь та різних криз;

3. Періоди знижувальної хвилі трансформаційного циклу супроводжуються тривалою та різкою депресією;

4. В період підвищувальної хвилі трансформаційного циклу середні та малі економічні цикли, характеризуються також затяжним характером депресії та слабкою інтенсивністю підйомів; в період знижувальної хвилі спостерігається та ж сама картина. В процесі малого циклу підйом рано чи пізно наштовхується на перешкоди, що виражається у недостатній місткості ринку і рух трансформаційного циклу зтягується на певному етапі. Настає момент реорганізації економічної діяльності та на даному етапі економічна система призупиняється в фазі депресії.

Грунтуючись на результатах попередніх досліджень можна стверджувати, що трансформаційний цикл відображає поетапний перехід економічної системи від однієї стадії розвитку до іншої. Отже, економічний цикл може протікати паралельно етапам трансформаційного циклу, а також може здійснюватися в рамках окремого етапу в залежності від часової ознаки. Таким чином, існує збіг довгострокового трансформаційного та економічного циклу по фазовій складовій (рис. 2).



**Рис. 2. Пофазовий збіг трансформаційного та економічного циклу:** Економічний цикл: *a* – фаза кризи, *b* – депресії, *c* – пожвавлення і підйому; Трансформаційний цикл: 1 – етап кризи минаючого циклу, 2 – накопичення передумов становлення нового циклу, 3 – етап поширення нового циклу, 4 – період становлення нового циклу

Перший етап трансформаційного циклу співпадає із фазою (*a*) економічного циклу. Такий збіг характеризується безпосередньою трансформацією економічної системи, яка знаходиться в стані системної кризи. Наступний збіг характеризується тим, що етап накопичення передумов становлення нового трансформаційного циклу (2) і процеси невизначеності та нестійкості, які в ньому відбуваються, відображають фазу депресії (*b*) економічного циклу. Слід зазначити, що на етапах (3 та 4) трансформаційного циклу



спостерігається розбіжність з економічним циклом (*c*). Таку розбіжність можна пояснити тим, що етапи поширення нового циклу на базі інновацій та інноваційне становлення нового циклу відбуваються стрибкоподібно за невеликі проміжки часу. В економічному циклі цьому відповідає починаюче зростання економіки, яке цілком укладається в інтервал малого циклу.

Перебування економічної системи в фазі депресії та на відповідному етапі трансформаційного циклу обумовлює: з одного боку, посилення пошуку і розробки стратегій для ефективного завершення трансформаційного циклу, а з іншого – знаходження умов для росту та розвитку економіки. Все це створює передумови для нового підйому економічного циклу, і він повторюється знову на новому рівні розвитку.

**Висновки.** Проведене наукове дослідження дозволило сформулювати наступні висновки:

розроблено та обґрунтовано концептуальні засади системного дослідження функціонування економіки курортно-рекреаційних утворень, які містять сукупність положень про сутність і дослідження процесу розвитку таких систем, як сукупності трансформаційних перетворень. Запропонований підхід, на відміну від інших альтернативних підходів, передбачає можливість розглядати розвиток економіки курортно-рекреаційних систем як взаємодію економічних циклів та трансформаційних процесів;

з метою дослідження проблеми економічної трансформації курортно-рекреаційних систем побудовано модель, яка дозволяє здійснювати опис трансформаційних стратегій у вигляді трансформаційного циклу.

### **Список використаної літератури:**

1. Пригожин И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс; пер. с англ. Ю.А. Данилова. – [6-е изд.]. – М.: УРСС, 2011. – 296 с.
2. Захарченко П.В. Модели экономики курортно-рекреационных систем: монография / П.В. Захарченко. – Бердянск: Издательство Ткачук, 2010. – 392 с.

3. Проблемы трансформации и перехода к регулируемой рыночной экономике / под ред. К.И. Микульского. – М.: Экономика, 2012. – 757 с.
4. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития / Й.А. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982. – 456 с.
5. Гальчинский А. Цикличность как общая закономерность рыночной экономики / А. Гальчинский // Экономика Украины. – 1991. – № 8. – С. 7-15.
6. Геєць В.М. Трансформаційні перетворення. Економіка України: стратегія і політика довгострокового розвитку / В. М. Геєць, Б. Є. Кваснюк. – К. : Фенікс, 2003. – 377 с.
7. Dunn J. Modern Economic Revolutions / J. Dunn. – Cambridge: Cambridge University Press, 2009. – 412 p.
8. Friedman M. The Methodology of Positive Economics / M. Friedman. – Chicago: University of Chicago Press, 2003. – 433 p.
9. Perez-Perez C. Structural Change and the Assimilation of New Technologies in the Economic and Social Systems / C. Perez-Perez // Futures. – 2013. – vol. 15. – P. 57–75.
10. Полтерович В.М. Стратегии институциональных реформ. Перспективные траектории / В.М. Полтерович. – // Экономика и математические методы. – 2011. – Т. 42. – С. 3-18.
11. Furman J. The determinants of national innovative capacity / J. Furman, M. Porter, S. Stern. – // Research Policy. – 2012. – vol. 31. – P. 899–933.
12. Мизес Л. Теория экономического цикла / Л. Мизес. – М.: Litres, 2013. – 491с.

## **2.4. MODEL OF DOUBLE ELECTRONIC VICKREY AUCTION**

### **1.Introduction**

The current phase of civilization development is characterized by drastic transformations in all spheres of life: from culture and sport to politics and economics. Taking advantage of new methods, changing subject matter of investigations, using neologisms such as digital economy, information economy, info-networks economy, knowledge-based economy, Internet economy, «new» economy,

virtual economy, service economy. The variety of modern categories is typical for the modern stage of evolutionary development of international economy, placing special emphasis on the leading role of the triad of determinants of economic growth and development of today, which includes intellectual capital, creative and innovative factor as the basis for developing of knowledge-based economy.

Another feature of the modern epoch of human development is asymmetry of socio-economic development of the international economic system, which is deepening due to globalization. Most scientists think that essential determinants of escalation of global asymmetries lie in ICT-sphere: 'Innovation impulses originate in the most developed parts of the world and then are spread all over the world. However, these are the centres of global economic networks which receive earnings from innovations. This leads to more considerable disproportion in international economy and increases social polarization' [1]. 'The Golden Billion' are enjoying their successful development due to unequal relationships with peripheries, as the number of «profitable niches» in global space is highly limited; therefore the way to the civilized «floor» can be easily made due to innovation-information achievements by means of integration the market mechanism into the networked information economy [2].

The technological component of modern economic processes contributes to the development of the networked economy as the synthesis of information and global economies [3].

Rapid development of the Internet and networking technologies, creation of new categories of web-thinking and new web-strategies build up the form, the subject-matter and the philosophy of the new phase of world economic development.

Works of W. Vickrey, E. Daniel, Gr. Duncan, G. Karypis, J. Konstan, P. Cotler, B. Mahadevan, J. Riedl, A. Summer and B. Sarwar are devoted to the problems of establishment and development of global and local e-commerce markets in terms of globalization processes. National scientists, namely A. Bereza, A. Berko, V. Vysotska, I. Kozak, F. Levchenko, Y. Lyenshyna, V. Pasichnyk, L. Patramanska, E. Strelchuk, T. Tardaskina do not stand apart of such scientific research. Theoretical and statistical

investigations of this category are being conducted by some international organizations such as OECD, UNKTAD, UNISTRAL, WTO and ITU, development projects and strategic programs in regard to e-commerce are being elaborated by World Bank and EBRD.

The paper goal is to ground the impact of e-commerce on the participants' welfare through empirical experiment for electronic auctions, implemented by the means of the relevant transactions via designed software that is economically desirable distribution of goods and payments irrespective of strategic behavior of participants.

The paper has the following structure: the second part is devoted to literature review; the third one determines auction formats; the fourth part constructs the general model of double electronic Vickrey auction for true type and hidden type agents; the fifth part concludes.

## **2.Double electronic Vickrey auction model**

To construct the auction model, we introduce the following assumptions. Seller offers one indivisible good to  $N$  buyers, who are risk neutral. Buyer  $i$  has purchase capacity  $v_i$ ,  $i=1,\dots,N$ . Evaluation of solvency of buyer  $i$  is obtained from the interval  $[1;100]$  in accordance with the distribution function  $F_i(v_i)$  and distribution density  $f_i(v_i)$ . Buyers' values of good are mutually independent. Every buyer knows his/her own value and does not know the values of other buyers. However, density distribution functions  $f_1,\dots,f_N$  are common knowledge and are known to both buyers and the seller. Although the seller is uninformed about the exact solvency value of the buyer, he knows the distribution from which each value is received. If the solvency of the buyer who wins the product is  $v_i$ , and he pays the price  $p$ , his consumer surplus equals  $CS_i = v_i - p_i$ . The seller's short-run profit will change when the auction format changes.

### **Sealed bid first-price auction**

Buyers make sealed bids  $b_i$  that depend on their ability to pay  $v_i$ . Buyers' bids are considered as a strategy in the form of

functions mapping their solvency in non-negative bid:  $b_i \rightarrow R_+$ . Expected payoff of buyer  $i$  will be:

$$CS(r; v) = F^{N-1}(r) \cdot (v - \hat{b}(r)), \quad (1)$$

where  $r$  - buyer bid,  $v$  - buyer reservation price,  $F^{N-1}(r)$  - the probability that the buyer bid on the goods is the highest among all applicants. After first order condition for function maximization (1):  $\frac{\partial CS(r; v)}{\partial r} = 0$  and for conditions  $F(v) = v$  and  $f(v) = 1$  we get size of equilibrium bid for sealed bid first-price auction:

$$\hat{b}(v) = v - \frac{v}{N}. \quad (2)$$

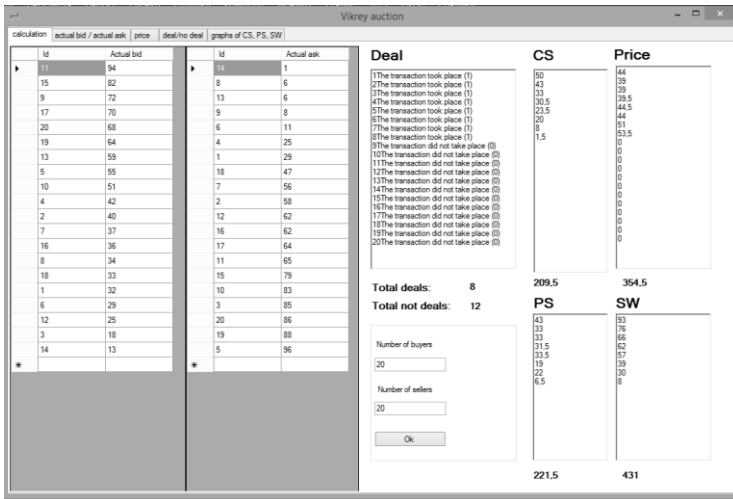
So in this auction format, each buyer conceals his true solvency, relying on a lower bid level than its reservation price.

### **Double electronic Vickrey auction for true type's agents**

Buyers will behave differently in sealed bid first price auction and Vickrey auction. First price auction offers 2 motives for buyer: (i) an incentive to rise his stake to increase his chance of winning; (ii) an incentive to reduce his bid to reduce the price he pays when winning. For Vickrey auction the second motive is not valid, because the winner pays the price which does not depend on his bid. This allows to expect aggressive competition for the good at Vickrey auction. Let  $B$  be the second largest bid at the auction, then a winner disclosing his reservation price will win payoff  $CS(v) = v - B$ .

Suppose that  $M$  risk neutral sellers operate in the market. The cost distributions for sellers are obtained from the interval  $[1; 100]$  in accordance with the known distribution functions. Sellers make sealed asks  $a_i$  that depend on their costs  $c_i$ . If the seller's cost is  $c_i$ , and he gets the price  $p$ , his producer surplus (profit) is  $PS_i = p_i - c_i$ .

Consider our software module for electronic Vickrey auction in Fig. 1.



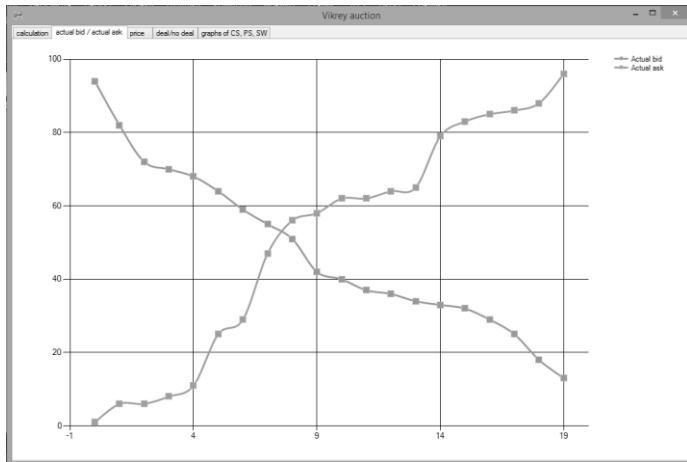
**Fig. 1. Double electronic Vickrey auction for true type's agents**

In general the number of buyers and sellers may differ  $N \neq M$ . The buyers' ability to pay is ordered from maximum to minimum and for sellers it is from minimum to maximum.

The agreement between agents (deal = 1) occurs when a price offered by buyer is not below the price set by the seller ( $b(v_i) \geq a(c_i)$ ), otherwise the agents refuse the transaction (deal = 0). The price for each transaction for each pair of buyer and seller is set at the average level:

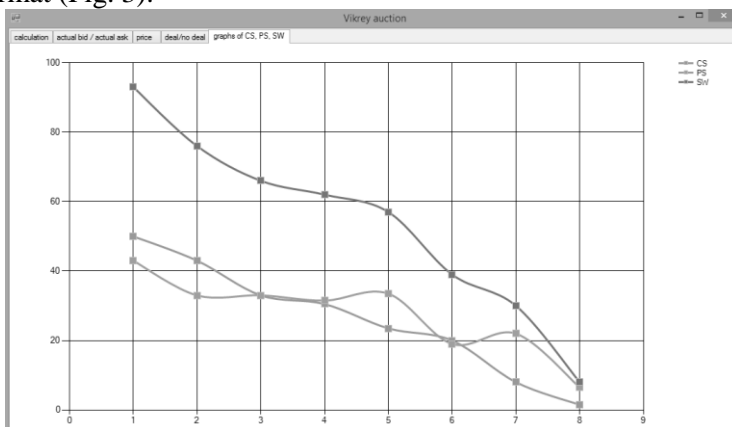
$$P_i = \frac{v_{i+1} + c_{i+1}}{2}, \quad (3)$$

The auction continues until the highest price offered by a buyer will be lower than the minimum price charged by the seller:  $b(v_i) < a(c_i)$  (Fig. 2).



**Fig. 2. Bids and asks distribution at double electronic Vickrey auction for true type's agents**

After each transaction the benefits of buyers are defined in the form of consumer surplus  $CS$  and sellers gains – as producer surplus  $PS$ . The sum of consumer and producer surplus forms social welfare  $SW$  as efficiency indicator of Vickrey auction format (Fig. 3).

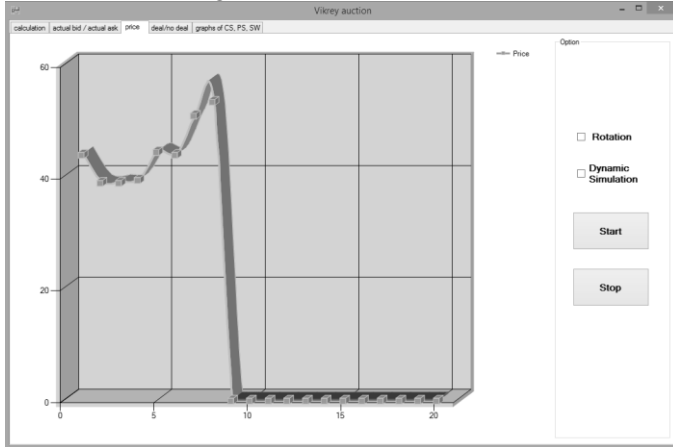


**Fig. 3. Dynamics of consumer and producer surplus, social welfare at double electronic Vickrey auction for true type's agents**

Fig. 10 shows that functions  $CS$ ,  $PS$  and  $SW$  are decreasing in the number of transactions, because during each round of the

auction buyers with the highest ability to pay and sellers with lowest cost will benefit.

In each round of double Vickrey auction the price of good at first increases and then remains constant, then begins to decrease until it reaches zero (Fig. 4).



**Fig. 4. Price dynamics in double electronic Vickrey auction for true type’s agents**

Since the maximum number of transactions between agents is the minimum number of agents on the demand or supply side, then  $T = \min(N; M)$ . For this random distribution we find that  $T = \min(100; 120) = 100$ , then the share of deals at auction is 58%, and the share of no deals is 42%.

Vickrey auction agents’ underestimating their ability to pay or overestimating their costs will result in reducing consumer surplus, producer surplus and social welfare. As soon as agents with larger ability to pay and lower cost can not deal in auction, they will discover during few periods that revealing their true type will allow them to maximize their own surplus.

**Double electronic Vickrey auction for hidden type’s agents**

During the sale of goods through the auction mechanism a buyer tends to undercharge his own ability, while the sellers tend to overvalue their own costs. So electronic Vickrey auction for true type’s agents is less likely than e-auction for hidden type’s agents. In theory double Vickrey auction motivates participants to fully



disclose their types, because they pay the second largest cost. However, the proposed here new model of double Vickrey auction for hidden type's agents demonstrated that some of agents can hide their true type, despite the existing incentives for disclosure. According to traditional models of double Vickrey auction agent type is disclosed completely.

Consider software module 'Vickrey auction' for double electronic Vickrey auction for hidden type's agents (Fig. 5).

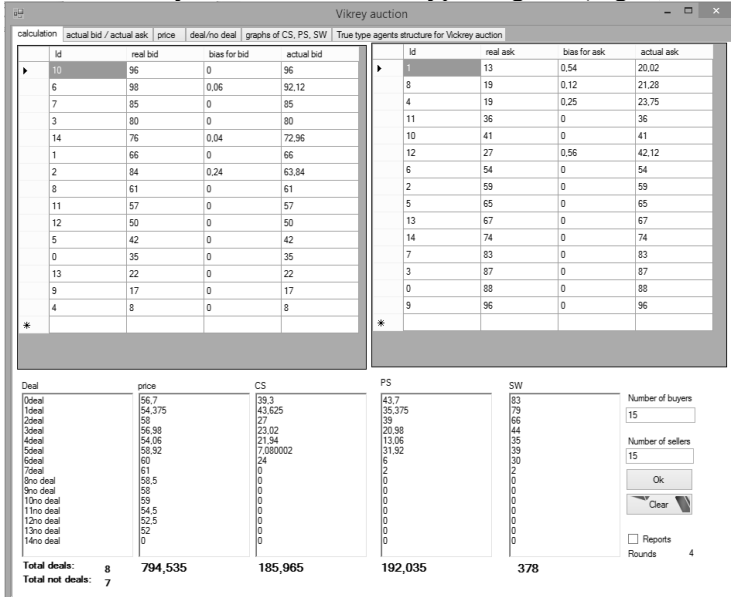


Fig. 5. Double electronic Vickrey auction for hidden type's agents

In this module first we enter *Numbers of buyers* and *Numbers of sellers*. Consider equal numbers of buyers (15) and sellers (15). After entering the data into the appropriate field (Fig. 12), we obtain buyers' real ability to pay *real bid* (as a random number between 1 and 100) and deviation *bias for bid* (as a random number in the interval (0, 1)), which reduces percent of real solvency and gives us actual ability to pay *actual bid*. Therefore the relationship between indicators for buyers looks like:  $actual\ bid = real\ bid * (1 - bias\ for\ bid)$ . Similarly, we obtain the real costs of seller *real ask* and deviation *bias for ask*, percent of which overstates the actual costs, and reported expenses *actual ask* are received. Thus, the

relationship between indicators for sellers is as follows: *actual ask* = *real ask*\*(1+bias for ask).

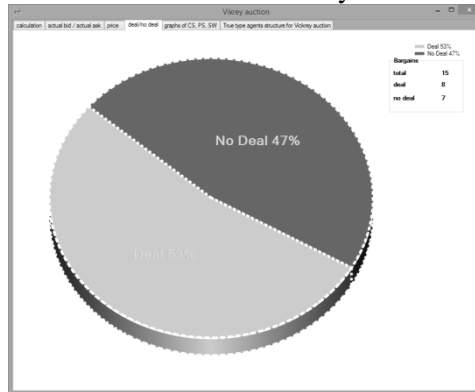
After that reported solvency *actual bid* is arranged in descending order, and reported costs *actual ask* is arranged in ascending order. Then pair-wise comparison takes place between the buyer with the highest ability to pay and seller with lowest cost. If  $b_i \geq a_i$  then there is an agreement (deal=1) between buyer  $i$  and seller  $i$  at the price of  $P_i = \frac{b_{i+1} + a_{i+1}}{2}$ . For deal  $i$  consumer surplus of buyer is  $CS_i = b_i - P_i$ , producer surplus is  $PS_i = P_i - a_i$ , social welfare is  $SW_i = CS_i + PS_i$ . Otherwise, the agreement between the buyer and the seller does not take place (deal=0). Buyers and sellers who do not deal have the incentive to reveal their true types (solvencies or costs).

But the agreement between buyers and sellers is not completed. Those buyers and sellers who have no deals may revise their bids, that is to reveal their real types. They have an incentive to do so because they haven't got the desired unit of good. After revealing their true type their deviation will be zero: *bias for ask* = 0, *bias for bid* = 0. Further agreements will be revised to reflect the new bids. Then those agents who in the first round were able to buy (sell) goods at their bid and concealed their true type in the second round may lose this opportunity. Then they will get an incentive to disclose their true types. This procedure continues until the final round yields no changes in the redistribution of goods compared to the previous round. It means that the double Vickrey auction for hidden type's agents is completed.

Fig. 5 demonstrates that the buyers' solvency of 2, 6 and 14 remains hidden while the remaining buyers fully reveal their types. Similarly, sellers 1, 4, 8 and 12 did not disclose their true costs, while the rest of the sellers do it. Thus our Vickrey auction model compared with other auctions formats (e.g., sealed bid first-price auction) reveals some true types of agents, but this auction format does not motivate all to do as stated in classical Vickrey auction model. In proposed auction model low cost sellers and high solvency buyers can conceal their true types.

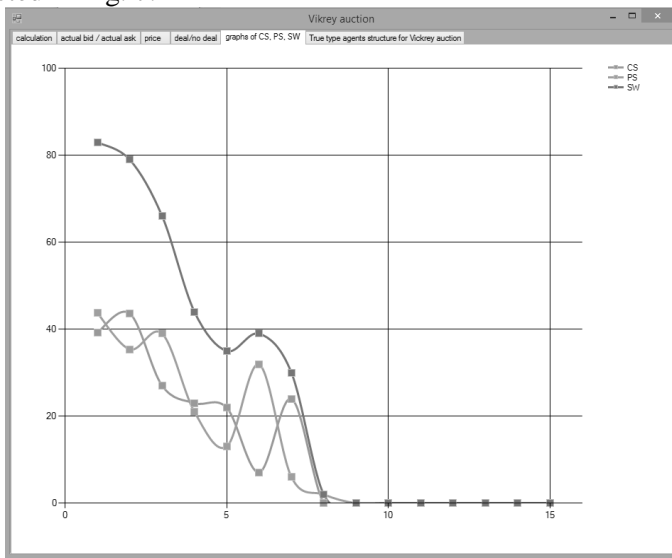
For our example 80% of buyers and 73% of sellers reveal their types (i.e. 76% of all traders). 20% of buyers and 27% of sellers conceal their types (i.e. 24% of all traders).

The number of transactions in Vickrey auction shown in Fig. 6.



**Fig. 6. Deal structure for double electronic Vickrey auction for hidden type's agents**

The value of consumer and producer surplus and social welfare in double Vickrey auction for hidden type's agents are depicted in Fig. 7.



**Fig. 7. Dynamics of consumer and producer surplus, social welfare for double electronic Vickrey auction for hidden type's agents**

### **3. Conclusions**

The determinants of modern economic growth include intellectual capital, creative and innovative component as the basis of intellectual and innovative economy, a part of which is e-commerce. The main subjects of e-commerce are such types of interaction as B2B (business to business), B2C (business-to-consumer), B2A (business-to-administration) and others.

The main consequences of e-commerce are goods price reducing; deal time acceleration and space transformation (elimination of borders); creating of direct contact between the agents.

To improve e-commerce efficiency there are special mechanisms for distribution of goods and payments such as auctions models that are designed to convert private information about the value of goods for buyers and sellers into common knowledge. Other formats auctions allow changing the social welfare of their agents.

Vickrey auction (sealed bid second price auction) best of the existing auction formats reveals the types of participants. Software modules for dynamic double electronic Vickrey auction were first developed to generalize this auction format. It is determined that in double electronic Vickrey auction incentives are created for *most* buyers and sellers to reveal their true solvencies and costs. But for *some* buyers and sellers these incentives are not enough to disclose their types, which reduces the efficiency of the auction format. The designed program of dynamic double electronic Vickrey auction is closest to perfect competition market and in terms of social welfare ahead of alternative auction formats such as first price auction, English and Dutch auctions, in which the vast majority of agents are hiding and not revealing their types.

### **4. References**

1. Izmalkov, S., Sonin, K., Yudkevych, M.: The Theory of Economic Mechanisms. Problems of Economics 1, 4--26 (2008)
2. Nikolenko, S. I.: The Theory of Economic Mechanisms. Knowledge Laboratory (2009)

3. Nisan, N., Roughgarden, T., Tardos, E., Vazirani, V.: *Algorithmic Game Theory*. Cambridge University Press (2007)
4. Kobets, V., Poltoratskiy, M: Forming an evolutionarily stable firm strategy under Cournot competition using social preferences. In: Ermolayev, V. et al. (eds.) *ICT in Education, Research, and Industrial Applications. Revised Extended Papers of ICTERI 2014*, CCIS 469, p. 343-361, Springer Verlag, Berlin Heidelberg (2014) DOI: 10.1007/978-3-319-13206-8\_17

## **2.5. МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ CALL-ЦЕНТРІВ: ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ**

У сучасних ринкових умовах, для яких характерне збільшення ролі задоволення потреб клієнтів, все більшого значення набуває взаємозв'язок із ними засобами телефонного зв'язку. Call-центри розглядаються як ефективний інструмент взаємодії суб'єктів господарювання із клієнтами. Більшість підприємств вбудовують call-центри до своєї структури, так, наприклад, для телекомунікаційних, торгівельних підприємств, страхових компаній і комерційних банків call-центри є незамінним засобом зв'язку та ефективного управління взаємовідносинами з клієнтами.

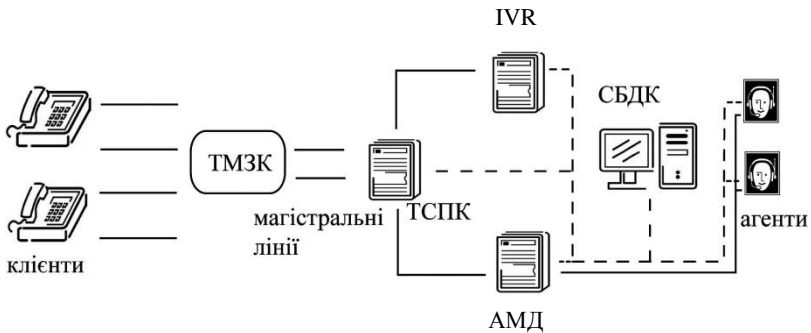
Створення центрів обробки викликів (ЦОВ) швидкого реагування, як ще називають call-центри, є частиною бізнес-процесів підприємства, удосконалення яких передбачає зміщення роботи з бек-офісу до фронт-офісу. Це призведе до підвищення задоволеності клієнтів за рахунок прямого спілкування та скорочення часу реагування в адміністративних бізнес-процесах.

Call-центри стали важливою частиною сучасного бізнесу. Саме тому розробка їх адекватних моделей є досить актуальною задачею при проектуванні call-центрів з метою визначення та покращення показників функціонування, а отже зменшення витрат їх експлуатації.

Call-центр – це сукупність ресурсів, яка включає в себе, зазвичай, персонал, комп'ютери і телекомунікаційне обладнання, та надає інформаційні послуги за допомогою

телефону (рис.1).

До складу сучасних call-центрів входять оператори (агенти), телефонна мережа загального користування (ТМЗК), телефонна система приватного користування (ТСПК), автоматичний маршрутизатор дзвінків (АМД, ACD), система інтерактивної голосової відповіді (IVR), сервер бази даних клієнтів (СБДК), програмне забезпечення для вводу команд управління викликами і видачі інформації. Call-центр також може містити пристрій попереднього набору телефонних номерів за заздалегідь встановленою програмою для здійснення значної кількості вихідних дзвінків (Predictive Dialing) і автоматичний визначник номеру (ANI).



**Рис. 1.** Структурна схема call-центру

*Джерело:* [7].

Call-центр є системою, що забезпечує управління каналами зв'язку між підприємством та його клієнтами, передбачає оптимізацію бізнес-процесів шляхом усунення тих, що дублюються, та ефективного використання часу.

На основі застосування методу опису бізнес-процесів IDEF0 побудовано функціональну модель процесу управління call-центром (рис. 2).

Останнім часом call-центри трансформуються у контактні центри (КЦ), які характеризуються наявністю не тільки засобів телефонного зв'язку, а й контактами через електронну пошту, соціальні мережі тощо. Ці фактори значно впливають на функціонування call-центрів і характер інформації, що

передається. Контактні центри дозволяють персоналізувати відносини господарюючих суб'єктів зі своїми клієнтами, надавати їм широкий спектр послуг і, звичайно, зекономити час, як самого клієнта, так і персоналу підприємств.

Слід зазначити, що ринок контактних центрів України поділяється на аутсорсингові та корпоративні КЦ (табл. 1).

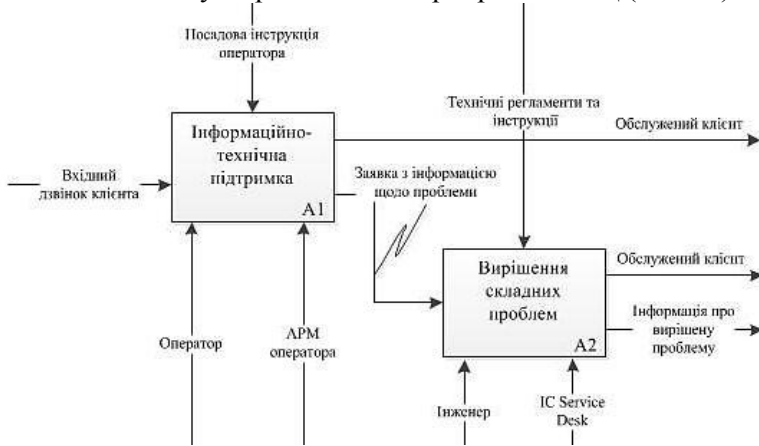


Рис. 2. Декомпозиція бізнес-процесу управління call-центром  
Джерело: складено автором самостійно в MS Visio.

Таблиця 1

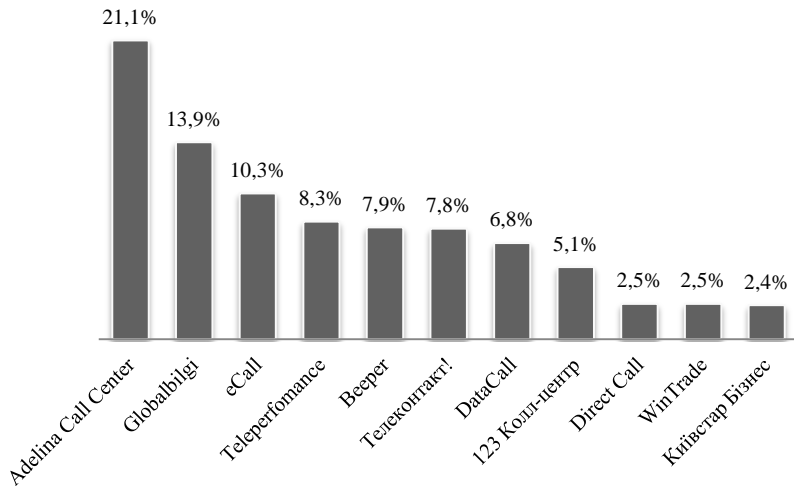
### Класифікація контактних центрів

Клас	Опис	Частка на ринку
<b>Корпоративні КЦ</b>		
IhCC (In-house Contact Centers)	Внутрішній КЦ, що створюється з метою підтримки діяльності підприємства та його структури	<b>50%</b>
PBCC (Part of	Внутрішній КЦ, що створюється з метою забезпечення основної діяльності	<b>38%</b>

Business Contact Centers)	підприємства (наприклад, КЦ служби доставки, таксі тощо). Такі суб'єкти господарювання не можуть розвиватися за відсутності КЦ	
<b>Аутсорсингові КЦ</b>		
ССВ (Contact Centers as a Business)	Діяльність підприємства ґрунтується на роботі КЦ	<b>12%</b>

*Джерело:* створено автором на основі [5].

За результатами аналітичних досліджень Всеукраїнської асоціації контактних центрів визначено рейтинг лідерів – аутсорсингових КЦ за частками обсягу ринку вітчизняних та іноземних замовників (рис. 3).



**Рис. 3. Частки лідерів ринку аутсорсингових КЦ**

*Джерело:* Розроблено автором за даними [5].



Оскільки багато сучасних підприємств розглядають call-центри як засіб налагодження взаємозв'язків з клієнтами, то їх кількість в Україні стрімко зростає: з 8 у 2000 р. до 1015 на початку 2013 р.

Основною тенденцією є зростання кількості аутсорсингових КЦ, що спричинене підвищенням вимог клієнтів до якості обслуговування та зниженням якості роботи внутрішніх КЦ. Разом з тим, зменшується кількість невеликих внутрішніх КЦ. Таким чином, український ринок КЦ перебуває на стадії екстенсивного розвитку.

За результатами аналізу inContact були виявлені основні пріоритетні напрями в діяльності КЦ (рис. 4).

Дослідження call-центрів дозволило виявити певні проблеми в їх діяльності, а саме:

- значна тривалість обробки операторами call-центру кожного виклику призводить до зниження ефективності (якості) роботи;
- відмова в обслуговуванні частини викликів клієнтів через зайнятість операторів призводить до втрати потенційних клієнтів;
- нерівномірний розподіл навантаження агентів call-центру в різні часові періоди негативно впливає на режим роботи персоналу та якість обслуговування клієнтів;
- відсутність системи збору статистичних даних про виклики клієнтів не дозволяє оптимізувати роботу call-центру.



**Рис. 4. Пріоритети діяльності call-центрів**  
*Джерело:* розроблено автором за даними [2].

Отже, основним завданням діяльності сучасних КЦ є забезпечення їх ефективності, тобто балансу якості обслуговування, яка може бути охарактеризована, наприклад, тривалістю виклику, задоволеністю клієнта отриманою інформацією, та операційних витрат.

В науковій та практичній літературі виділяють різні підходи до визначення якості й ефективності роботи call-центрів. Так, наприклад, деякі вчені вважають, що це залежить від максимально точного прогнозування обсягів вхідних викликів. За іншим підходом якість визначається здатністю підприємств забезпечити достатню кількість ресурсів для того, щоб досягти гарантованого рівня обслуговування прогнозованого обсягу вхідних дзвінків. Модифікацією такого підходу є врахування показників вартості, тобто бажаний рівень обслуговування клієнтів call-центру має досягатися з мінімальними витратами. Таким чином, діяльність будь-якого ЦОВ має бути націлена на те, щоб досягти високого рівня обслуговування з мінімальними витратами.

Рівень обслуговування клієнтів агентами call-центру, в свою чергу, характеризується певним набором критеріїв, а саме: час очікування, час простою або перевантаженості агентів, кількість втрачених дзвінків.

З точки зору задоволеності клієнтів рівень їх обслуговування може бути охарактеризований більш широким колом критеріїв, до складу яких включають такі:

- час очікування (Wait Time) – це середня тривалість часу, який клієнт витрачає на очікування на з'єднання з агентом;

- середній час обробки виклику (Average Handle Time, АНТ) – це середня тривалість часу, який потрібен для агента, щоб завершити виклик клієнта. Цей показник визначається з моменту відповіді на виклик, і складається з часу розмови і утримання;

- час розмови (Talk Time) – це загальний час, протягом якого агент говорить з клієнтом;

- час утримання (Hold Time) – це час, який агент витрачає на утримання клієнта на лінії з метою проведення певних досліджень або звернень за допомогою;

- якість дзвінка (Call Quality) – це показник того, як добре агент задовольняє інформаційні потреби клієнта. Вдалий перший дзвінок може заощадити час співробітників та зменшити кількість повторних викликів;

- час після виклику (After Call Work, АСW) – це загальний час, який агент витрачає на завершення операцій шляхом додавання примітки до справи або завершення завдання. Клієнт не повинен залишатися на лінії під час АСW.

Найпростіший спосіб визначити рівень обслуговування за таким правилом: « $a\%$  клієнтів повинні очікувати на з'єднання менше ніж  $a$  секунд». Своєрідним «галузевим стандартом» є значення  $a = 80$ ,  $\alpha = 20$ . Інший спосіб передбачає визначення кількості втрачених викликів, що залежить від часу очікування. На практиці прийнятним вважається рівень в 3-5% від загальної кількості дзвінків.

Аналізуючи витрати, що пов'язані з діяльністю call-центру, слід зазначити, що 60-70% від їх загальної суми – це витрати на персонал. Виходячи з цього витрати на забезпечення

інформаційно-комунікаційних ресурсів не є критичними в дослідженні питань ефективності діяльності call-центрів.

Отже, вважаємо, що основним завданням забезпечення ефективності call-центрів є кількісне дослідження раціонального використання трудових ресурсів, основними питаннями в якому є планування кількості агентів та маршрутизації (розподілу) викликів на основі їх кваліфікації. Звичайно, і апаратне забезпечення утворює певні якісні обмеження, як, наприклад, визначення та реалізація маршрутизації на основі компетенцій агентів.

Даними для ефективного управління call-центром є статистичні показники вхідного потоку викликів та математична модель центру, яка розглядається як система масового обслуговування (СМО) [6].

Припустимо, що call-центр функціонує з використанням тільки вхідного трафіку. ЦОВ моделюється як набір черг з декількома серверами, причому кожен сервер представляє окремий агент.

Для компактного опису діяльності call-центру, що є СМО, скористаємося позначенням, яке запропоноване Д. Кендаллом, такого виду:  $A|B|N|L$ , де  $A$  та  $B$  – закони розподілу відповідно інтервалів часу між моментам надходження заявок в систему та тривалості обслуговування заявок,  $N$  – кількість обслуговуючих пристроїв в системі ( $N=1, 2, \dots$ ),  $L$  – кількість місць в накопичувачі (довжина черги) [9].

Для завдання законів розподілу використовуються такі значення:

$G$  (General) – довільний розподіл загального виду;

$M$  (Markovian) – експоненціальний розподіл;

$D$  (Deterministik) – детермінований розподіл;

$U$  (Uniform) – рівномірний розподіл;

$E_k$  (Erlangian) – розподіл Ерланга  $k$ -го порядку (з  $k$  послідовними однаковими експоненціальними фазами);

$h_k$  (hipoexponential) – гіпоекспоненціальний розподіл  $k$ -го порядку (з  $k$  послідовними різними експоненціальними фазами);

$H_r$  (Hiperexponential) – гіперекспоненціальний розподіл порядку  $r$  (з  $r$  паралельними експоненціальними фазами);

$g$  (gamma) – гама-розподіл;  
 $P$  (Pareto) – розподіл Парето.

У добре керованому call-центрі кількість ліній, за якими він підключається до мережі загального користування є достатньою для боротьби з навантаженням майже в усіх ситуаціях, а також втрачені дзвінки майже відсутні. У цьому випадку  $M|G|s$  є очевидною моделлю, враховуючи, що агенти системи – «вузькі місця», а також час очікування – необмежений.

В інших випадках кількість ліній і втрачених дзвінків повинні бути змодельовані певним чином. Система масового обслуговування приймає вигляд  $M|G|s|N - G'$ , де  $N$  – кількість ліній, а  $G'$  характеризує терпіння клієнтів, тобто розподіл часу до «відмови».

Входом у модель масового обслуговування є процес надходження заявок (дзвінків), час обслуговування, розподіл очікування, кількість агентів і ліній.

Формула *Erlang B* – це модель, яка застосовується для розрахунку втрачених викликів у випадку коли сервер недоступний, через що у запиті на обслуговування відмовляється (ситуація, коли всі ресурси, канали телефонної мережі зайняті, а клієнт отримує сигнал «зайнято»). Тобто, формула *Erlang B* обчислює ймовірність того, що виклики будуть заблоковані (ймовірність втрат) для даного рівня трафіку та заданої кількості серверів.

На відміну від *Erlang B*, формула *Erlang C* використовується у випадку коли запит клієнта не може бути оброблений негайно і розміщується в чергу очікування необмеженої довжини.

Припущення за моделлю такі [1, 3]:

- надходження дзвінків: експоненціальний еквівалент розподілу Пуассона, марковський розподіл;
- час обробки виклику: експоненціальний або марковський розподіл;
- клієнти залишаються в черзі на невизначений термін;
- пріоритет обслуговування дзвінків – FIFO;
- весь потік дзвінків приймається до обслуговування;
- система знаходиться в рівновазі.

Крім того, можна обчислити ймовірність того, що час очікування  $P$  ( $q < T$ ) буде менше, ніж задане  $T$ , тобто ймовірність, що клієнти будуть обслуговуватися із заданим часом очікування ( $WT < T$ ) за наявності  $s$  агентів з часом обробки викликів  $W_s$ , що і визначає рівень обслуговування. Наприклад, визначення кількості агентів, які забезпечать те, що 90% клієнтів будуть очікувати на обслуговування  $< 20$  секунд.

Вважається, що аналітичні моделі широко використовуються в call-центрах і, перш за все, спрямовані на визначення кількості каналів і агентів. Тим не менш, в нинішніх умовах практичне використання припущень таких моделей (наприклад, клієнти ніколи не покидають чергу, пріоритет обслуговування FIFO, швидкість оброблення викликів однакова для кожного агента) значно обмежено.

Так, наприклад, для сучасних КЦ, які мають більш ніж один тип контактного каналу, надають інформаційні послуги за допомогою електронної пошти, соціальних мереж, моделі, що засновані на формулах Ерланга, можна використовувати для генерації початкових параметрів сценаріїв моделювання [4].

Очевидно, що одним з методів дослідження складних систем, в тому числі, і СМО, до яких відносяться call-центри є побудова імітаційних моделей. Необхідність у використанні імітаційного моделювання може виникнути з таких причин [9]:

- методи аналітичного моделювання не можуть бути використані через складність моделі;
- застосування методів аналітичного моделювання дасть результати, які не задовольняють меті дослідження системи;
- застосування методів імітаційного моделювання дозволяє універсалізувати рішення множини задач, що розглядаються.

Алгоритм імітації роботи call-центру складається з опису елементів моделі, опису стану елементів моделі та опису множини подій.

Порівняльний аналіз аналітичних та імітаційних моделей наведено в табл. 2. Слід зазначити, що основна перевага імітаційного моделювання полягає в універсальності, що надає можливість дослідження складних систем з урахуванням різних факторів та умов. Тому в багатьох випадках імітаційне

моделювання стає найбільш ефективним.

Таблиця 2

**Порівняльний аналіз моделей**

<b>Характеристика</b>	<b>Erlang B</b>	<b>Erlang C M M C</b>	<b>Імітаційне моделювання</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Потік вхідних дзвінків	Потік Пуасона	Потік Пуасона	Розподіл задається розробником
Наявність черги	Відмова	Черга	Комплекс
Надходження дзвінків	Одна черга	Одна черга	Комплекс
Втрачені виклики	Ні	Ні	Розподіл задається розробником
Повторні виклики	Ні	Ні	Розподіл задається розробником
Час обробки виклику	Експоненціальний	Експоненціальний	Розподіл задається розробником
Визначення пріоритетів дзвінків	Ні	Ні	Так
Можливості	Ні – всі агенти	Ні – всі агенти	Так

агентів	однакові	однакові	
Взаємодія між подіями	Ні	Ні	Так
Пріоритет черги	FIFO	FIFO	Визначений користувачем

*Джерело:* сформовано автором на основі [1].

Таким чином, побудова імітаційної моделі роботи call-центру є ефективним засобом аналізу та може виступати в якості простого та ефективного інструменту прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

### Список використаної літератури:

1. Franzese L. Comparison of call center models [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.informs-sim.org/wsc09papers/287.pdf>. – Назва з екрану.
2. InContact. The results are in: what best-in-class contact centers do differently [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.incontact.com/infographic>. – Назва з екрану.
3. Koole G. Optimization of Business Processes: An Introduction to Applied Stochastic Modeling [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.math.vu.nl/~koole/obp/obp.pdf>. – Назва з екрану.
4. Koole G., Mandelbaum A. Queueing Models of Call Centers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.108.4028&rep=rep1&type=pdf>. – Назва з екрану.
5. ВАКЦ. Как рынок аутсорсинговых контакт-центров Украины пережил сложный 2014 год? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cca.org.ua/2015/02/kak-rynok-aoutsorringovux-kontakt-centrov-ukrainy-perezhil-slozhnyj-2014-god>. – Назва з екрану.
6. Виноградов Н.А. Статистические характеристики и математические модели центров обработки вызовов / Н.А. Виноградов, В.К. Кармазин // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2003. – Т.5. - №1. – С. 91-99.



7. Коба О.В. Аналітична модель функціонування call-центру / О.В. Коба, С.В. Пустова // Доповіді Національної академії наук України. – 2007. – № 2. – С. 17-25.
8. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
9. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.

## **2.6. О ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СРОКОВ РЕМОНТОВ И ЗАМЕН ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОСТЬЮ ПРОГНОЗИРУЕМОГО УРОВНЯ ЕГО ЗАНЯТОСТИ**

Большое значение для эффективной работы многих предприятий, и в частности морских портов, имеет экономически обоснованное планирование ремонтов и замен технических средств. Поскольку главным фактором, влияющим на скорость физического старения оборудования, является интенсивность его использования, невозможно составлять планы ремонтов и замен машин без учета уровня их занятости в будущем. Как правило, структура и интенсивность грузопотока планируется заранее, однако фактическое поступление груза в порт может колебаться относительно запланированных ранее значений. На практике порт имеет весьма ограниченные возможности активно влиять на интенсивность и структуру грузопотока. Основными факторами формирования грузопотока являются общее состояния экономики страны и ее отдельных отраслей, политическая ситуация, изменения в налоговом и таможенном законодательстве и многие другие факторы. И хотя администрация порта не может прямо влиять на грузопоток, она вполне может с определенной точностью прогнозировать тенденции его изменения и принимать управленческие решения в соответствии с этими прогнозами. Невозможно

создать одну математическую модель для корректного описания загрузки всех типов оборудования во всех возможных ситуациях. Так, например, если основная доля загрузки оборудования зависит от заключения нескольких удачных долгосрочных контрактов, то имеет смысл рассматривать лишь несколько альтернативных траекторий изменения коэффициента занятости оборудования, вероятности реализации которых напрямую зависят от заключения или незаключения этих контрактов. Совсем другая ситуация складывается в случае, когда загрузка оборудования зависит от большого количества факторов, которые подвержены случайным изменениям. В этом случае для моделирования изменений коэффициента занятости больше подходит использование соответствующего случайного процесса. Именно этот случай рассмотрен в данной работе и проведен анализ того, как данная специфика изменения уровня занятости оборудования влияет на выбор оптимального плана его ремонтов и замен. В настоящее время удалось достичь значительных результатов в анализе показателей работы предприятий различных отраслей, функционирующих в условиях неопределенности [1-2], и в изучении процессов старения оборудования, в том числе портового, планировании его ремонтов и замен [3-5]. Тем не менее, ряд практически важных вопросов, находящихся на стыке этих направлений, до сих пор остается недостаточно изученными.

В идеале, для нахождения оптимальных сроков ремонтов и замен оборудования в условиях неопределенного грузопотока было бы хорошо знать конечномерные функции распределения случайного процесса изменения коэффициента занятости. Но на практике такая информация практически никогда недоступна. В лучшем случае известна лишь функция прогнозируемого среднего уровня коэффициента занятости в будущем  $s_c = s_c(t)$ , а также функции  $s_g = s_g(t)$  и  $s_n = s_n(t)$ , соответствующие наиболее оптимистичному и наиболее пессимистичному сценарию изменения коэффициента занятости и являющиеся соответственно верхней и нижней границами для всех возможных траекторий изменения коэффициента занятости. Кроме этого, если ожидается, что

общая специфика изменения загрузки в будущем не будет меняться, может оказаться полезной история изменения коэффициента занятости за прошлые годы, на основании которой можно, например, составить представление о таких характеристиках как уровень колебаний будущей загрузки.

Для примера рассмотрим случай, когда значения коэффициента занятости  $s = s(t)$  в будущем могут изменяться случайным образом, принимая значения между функциями  $s_g = s_g(t)$  и  $s_n = s_n(t)$ , графики которых представлены на рис. 1. И ожидается, что в среднем уровень загрузки будет соответствовать значениям функции  $s_c = s_c(t)$  (рис. 1). Для моделирования изменений коэффициента занятости будем его рассматривать как диффузионный случайный процесс  $s = s(t, \omega)$ , где  $\omega \in \Omega$ , а  $(\Omega, A, P)$  – вероятностное пространство [6]. Использование диффузионных случайных процессов удобно тем, что они полностью характеризуются своими функциями сноса и диффузии, которые обладают наглядным физическим смыслом. Функция сноса

$$a(x, t) = \lim_{\tau \rightarrow t} \frac{M(s(\tau, \omega) - s(t, \omega) | s(t, \omega) = x)}{\tau - t}$$

выражает скорость изменения значений случайного процесса  $s = s(t, \omega)$ , а функция диффузии

$$b(x, t) = \lim_{\tau \rightarrow t} \frac{M((s(\tau, \omega) - s(t, \omega))^2 | s(t, \omega) = x)}{\tau - t}$$

выражает скорость изменения условной дисперсии. Поэтому несложно подобрать их так, чтобы обеспечить случайному процессу  $s = s(t, \omega)$  надлежащие свойства. При имеющихся функциях сноса и диффузии случайный процесс  $s = s(t, \omega)$  может быть выражен с помощью стохастической модели состояния в форме Ито:

$$\begin{cases} ds(t, \omega) = a(s(t, \omega), t)dt + \sqrt{b(s(t, \omega), t)} dW(t, \omega), \\ s(t_0, \omega) = s_0(\omega), \end{cases} \quad (1)$$

где  $W(t, \omega)$  – винеровский процесс, выходящий из нуля.

Для моделирования случайного процесса загрузки оборудования рассмотрим функции сноса и диффузии следующего вида:

$$a(x, t) = l \cdot (s_c(t) - x) + s'_c(t), \quad (2)$$

$$b(x, t) = q^2 \cdot (s_g(t) - x) \cdot (x - s_n(t)) \quad (3)$$

с параметрами  $l, q > 0$ . Легко проверить, что при таком выборе функций сноса и диффузии случайный процесс изменения коэффициента занятости  $s = s(t, \omega)$ , получаемый при помощи стохастического дифференциального уравнения (1), ограничен функциями  $s_g = s_g(t)$  и  $s_n = s_n(t)$ , и имеет математическое ожидание  $m_s(t) = s_c(t)$ . Действительно, это следует из того, что математическое ожидание  $m_s(t) \equiv M(s(t, \omega))$  случайного процесса  $s = s(t, \omega)$  должно являться решением задачи Коши

$$\begin{cases} \frac{dm_s(t)}{dt} = l \cdot (s_c(t) - m_s(t)) + s'_c(t), \\ m_s(t_0) = s_c(t_0), \end{cases} \quad (4)$$

которая получается из стохастической модели состояния в форме Ито (1), если на нее подействовать оператором математического ожидания. И поскольку непосредственной проверкой легко убедиться в том, что функция  $s_c(t)$  является решением уравнения (4), получаем, что  $m_s(t) = s_c(t)$ .

Для того, чтобы оценить дисперсию  $D_s(t)$  случайного процесса  $s = s(t, \omega)$ , моделируемого стохастической задачей Коши (1), рассмотрим функцию

$$y(s(t, \omega), t) = s(t, \omega) - m_s(t).$$

Очевидно, что

$$M(y(s(t, \omega), t)) = 0 \quad \text{и} \quad D_s(t) = M(y^2(s(t, \omega), t)).$$

При этом

$$\begin{aligned} dy(s(t, \omega), t) &= ds(t, \omega) - dm_s(t) = \\ &= (l(s_c(t) - s(t, \omega)) + s'_c(t)) dt + q \sqrt{(s_g(t) - s(t, \omega)) \cdot (s(t, \omega) - s_n(t))} dW(t, \omega) - \\ &\quad - (l(s_c(t) - m_s(t)) + s'_c(t)) dt = \\ &= -ly(s(t, \omega), t) dt + q \sqrt{(s_g(t) - s(t, \omega)) \cdot (s(t, \omega) - s_n(t))} dW(t, \omega). \end{aligned}$$

Используя правило дифференцирования Ито (см., например, [7]), отсюда получим:

$$\begin{aligned}
 d(y^2(s(t, \omega), t)) &= \\
 &= \left( -2l y^2(s(t, \omega), t) + q^2 (s_g(t) - s(t, \omega)) (s(t, \omega) - s_n(t)) \right) dt + \\
 &+ 2q \sqrt{(s_g(t) - s(t, \omega)) \cdot (s(t, \omega) - s_n(t))} y(s(t, \omega), t) dW(t, \omega) = \\
 &= \left( -2l y^2(s(t, \omega), t) + q^2 \left( -s^2(t, \omega) + s(t, \omega)(s_g(t) + s_n(t)) - s_g(t)s_n(t) \right) \right) dt + \\
 &+ 2q \sqrt{(s_g(t) - s(t, \omega)) \cdot (s(t, \omega) - s_n(t))} y(s(t, \omega), t) dW(t, \omega). \quad (5)
 \end{aligned}$$

А поскольку

$$M(s^2(t, \omega)) = D_s(t) + m_s^2(t),$$

то, применяя к равенству (5) оператор математического ожидания, приходим к задаче Коши для  $D_s(t)$ :

$$\begin{cases} D'_s(t) = -(2l + q^2)D_s(t) + q^2(s_g(t) - s_c(t))(s_c(t) + s_n(t)), \\ D_s(0) = 0. \end{cases}$$

Решив эту задачу Коши, находим дисперсию

$$D_s(t) = e^{-(2l+q^2)t} q^2 \int_0^t (s_g(\tau) - s_c(\tau))(s_c(\tau) + s_n(\tau)) e^{(2l+q^2)\tau} d\tau.$$

Параметры в функциях сноса и диффузии, задаваемых формулами (2) и (3), имеют наглядный смысл и представляют дополнительные возможности для учета специфики моделируемого процесса загрузки оборудования. Так параметр  $l$  определяет скорость, с которой траектории случайного процесса  $s = s(t, \omega)$  возвращаются к математическому ожиданию  $m_s(t)$ . Большим значениям параметра  $l$  соответствует такая загрузка оборудования, при которой значения коэффициента занятости после отклонений имеют тенденцию быстро возвращаться к своим средним значениям. Параметр  $q$  характеризует интенсивность колебаний случайного процесса  $s = s(t, \omega)$ . Большие значения  $q$  соответствуют значительным колебаниям уровня загрузки оборудования.

На рис. 1 представлено несколько траекторий случайного процесса  $s = s(t, \omega)$ , являющегося решением стохастической

задачи Коши (1), с функциями сноса и диффузии, заданными формулами (2) и (3), и параметрами  $l = 0,1$  и  $q = 0,3$ .

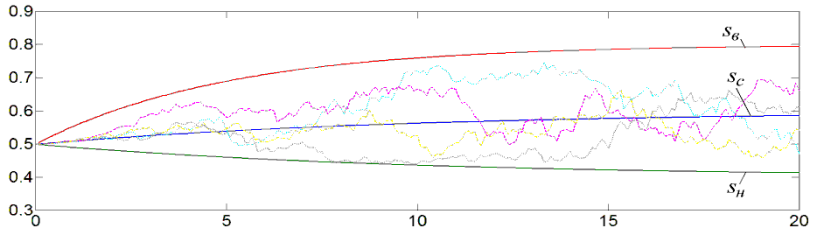


Рис. 1. Некоторые траектории случайного процесса  $s = s(t, \omega)$

Свобода выбора функций  $s_g = s_g(t)$ ,  $s_n = s_n(t)$  и  $s_c = s_c(t)$  создает широкие возможности для учета особенностей процесса изменения загрузки оборудования, например таких, как возможные сезонные колебания и другие специфические факторы, связанные с данным грузопотоком.

Теперь, имея математическую модель случайных изменений загрузки оборудования, для того, чтобы исследовать влияние этих изменений на эффективность выбранной стратегии ремонтов и замен оборудования, нужна модель динамики старения оборудования, учитывающая изменения уровня его загрузки. В качестве такой модели используем математическую модель, основанную на разделении устранимого и неустраимого износов, предложенную в [8]. Показателем неустраимого износа в момент времени  $t$  будем называть число  $u_1 = u_1(t)$ , ( $0 \leq u_1 \leq 1$ ), характеризующее интенсивность эксплуатационных расходов при полной занятости оборудования, которые невозможно или нецелесообразно уменьшить посредством ремонтов или модернизаций. Показателем устранимого износа будем называть число  $u_2 = u_2(t)$ , ( $0 \leq u_2 \leq 1$ ), характеризующее интенсивность эксплуатационных расходов на оборудование в момент времени  $t$  при его полной занятости, которые могут быть уменьшены посредством ремонтов или модернизаций. Общий физический износ будем считать как сумму  $u = u_1 + (1 - u_1) \cdot u_2$ . Определяемые таким образом показатели устранимого, неустраимого и общего износа положительны и,

возрастая с течением времени, приближаются к своему предельному значению 1. Для моделирования устранимого и неустраимого износа рассмотрим динамическую модель, описываемую следующей задачей Коши:

$$\begin{cases} u_1' = (\alpha_1 \cdot s(t) + \alpha_4) \cdot u_1 + (\alpha_2 \cdot s(t) + \alpha_5) \cdot u_2 + \alpha_3 \cdot s(t) + \alpha_6; \\ u_2' = (\alpha_7 \cdot s(t) + \alpha_{10}) \cdot u_1 + (\alpha_8 \cdot s(t) + \alpha_{11}) \cdot u_2 + \alpha_9 \cdot s(t) + \alpha_{12}. \end{cases} \quad (6)$$

В качестве примера рассмотрим кривую изменения износа, которая типична для портовых контейнерных перегружателей. Эту кривую можно описать с помощью динамической модели (6) с начальными условиями  $u_1(0) = 0,03$ ,  $u_2(0) = 0,001$  и вектором параметров

$$\bar{\alpha} = (0,03; 0,08; 0,03; 0,001; 0,06; 0,001; 0,001; 0,06; 0,02; 0,01; 0,03; 0,02).$$

Поскольку в данной работе рассматривается сложное портовое оборудование, имеющее длительные сроки службы, все расходы будем дисконтировать (к моменту начала эксплуатации оборудования). Единицей измерения времени по умолчанию будем считать год. Для облегчения восприятия результатов моделирования далее все расходы будем указывать в процентах от текущей стоимости нового образца этого оборудования. Будем рассматривать только капитальные ремонты, проведение которых уменьшает уровень устранимого износа до минимума. Средние эксплуатационные расходы за единицу времени работы машины в период от начала эксплуатации до момента времени  $t$  можно найти по формуле

$$P_3(t) = \frac{1}{\int_0^t s(\tau) d\tau} \int_0^t \left( \frac{P_{nep} \cdot u(\tau)}{u(0)} \cdot s(\tau) + P_{nocm} \right) \cdot e^{\delta \tau} d\tau, \quad (7)$$

где  $u(t)$  – показатель общего износа в момент времени  $t$ ,

$s(t)$  – коэффициент занятости в момент времени  $t$ ,

$P_{nocm}$  – постоянные эксплуатационные расходы оборудования за единицу времени;

$P_{nep}$  – переменные эксплуатационные расходы нового оборудования за единицу времени при полной занятости;

$e^{\delta t}$  – множитель наращения при непрерывном начислении процентов,

$\delta$  – сила роста ( $\delta = \ln(1+i)$ , где  $i$  – годовая ставка процентов при ежегодном наращении).

Средние капитальные расходы за единицу времени работы машины в период от начала эксплуатации до момента времени  $t$  будем искать по формуле

$$R_a(t) = \frac{1}{\int_0^t s(\tau) d\tau} \left( R_0 + \sum_{t_k \leq t} R_{t_k} \cdot e^{\delta t_k} \right), \quad (8)$$

где  $R_0 = 100\%$  – цена нового оборудования,

$R_{t_k}$  – расходы на капитальный ремонт, запланированный на момент времени  $t_k$ .

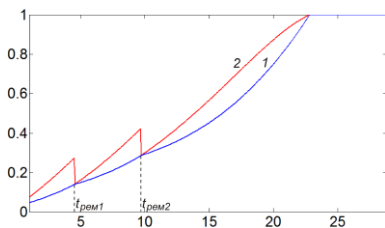
Тогда суммарные средние расходы за единицу времени работы оборудования в период от начала эксплуатации до момента времени  $t$  равны

$$R(t) = R_s(t) + R_a(t). \quad (9)$$

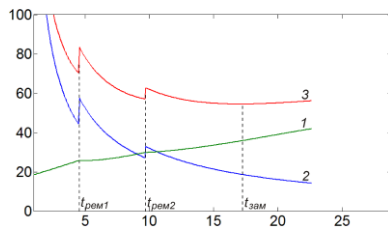
Будем считать, что средняя стоимость капитального ремонта составляет 35% от стоимости нового оборудования, годовая ставка процентов при ежегодном наращении равна 3%, постоянные эксплуатационные расходы за единицу времени работы составляют 7% от стоимости нового оборудования, а переменные эксплуатационные расходы нового оборудования за единицу времени работы при полной занятости составляют 2,8% от его стоимости и изменяются пропорционально текущим значениям коэффициента износа и коэффициента занятости.

Если коэффициент занятости будет постоянным  $s = s(t) \equiv 0,5$ , то суммарные средние расходы за единицу времени работы оборудования в период от начала эксплуатации до списания станут минимальными, если стратегия ремонтов и замены будет состоять из двух капитальных ремонтов через  $t_{рем1} = 4,62$  и  $t_{рем2} = 9,76$  лет и замены через  $t_{зм} = 17,22$  лет после начала эксплуатации. На рис. 2 приведены кривые износа оборудования, а на рис. 3 – кривые изменения средних затрат за единицу времени работы оборудования при данной оптимальной стратегии ремонтов и замен.





**Рис. 2. Кривые износа оборудования при  $s(t) = 0,5$  :**  
**1 – кривая неустранимого износа;**  
**2 – кривая общего износа**



**Рис. 3. Средние затраты за единицу времени работы оборудования при  $s(t) = 0,5$  :**  
**1 – средние эксплуатационные затраты;**  
**2 – средние капитальные затраты;**  
**3 – суммарные средние затраты**

Теперь, имея математическую модель для описания случайного процесса изменения загрузки оборудования и модель для оценки суммарных средних расходов за единицу времени работы оборудования при различных сценариях изменения коэффициента занятости, перейдем к исследованию задачи многокритериальной оптимизации при выборе стратегии ремонтов и замен оборудования [9]. Обозначим через  $\Psi$  множество всех допустимых стратегий ремонтов и замен оборудования. Тогда нашу задачу многокритериальной оптимизации можно записать в виде

$$\underset{\psi \in \Psi}{\text{minimize}} \bar{F}(\psi), \quad (10)$$

где  $\bar{F}(\psi) = (F_1(\psi), F_2(\psi))$  – векторная целевая функция, первая координата которой является функцией

$$F_1(\psi) = M[R(s(t, \omega), \psi)] = \int_{\Omega} R(s(t, \omega), \psi) P(d\omega), \quad (11)$$

выражающей зависимость математического ожидания суммарных средних расходов за единицу времени работы оборудования в период от начала эксплуатации до списания  $R(s(t, \omega), \psi)$  от стратегии его ремонтов и замен  $\psi$ . Вторая координата

$$F_2(\psi) = (\mu_p [R(s(t, \omega), \psi)]^p)^{\frac{1}{p}} = \left( M \left[ (R(s(t, \omega), \psi) - M[R(s(t, \omega), \psi)])^p \right] \right)^{\frac{1}{p}} \quad (12)$$

является функцией, выражающей корень  $p$ -ой степени из центрального момента  $p$ -го порядка суммарных средних расходов за единицу времени работы оборудования в период от начала его эксплуатации до списания. В частности, при  $p=2$  функция  $F_2(\psi)$  выражает среднеквадратическое отклонение суммарных средних расходов за единицу времени работы оборудования:  $F_2(\psi) = \sigma[R(s(t, \omega), \psi)]$ .

Поскольку  $\bar{F}(\psi) = (F_1(\psi), F_2(\psi))$  – векторная функция, то компоненты  $F_1(\psi)$  и  $F_2(\psi)$  являются конкурирующими и, вообще говоря, отсутствует единое решение поставленной задачи (10). Поэтому вводится концепция множества точек неулучшаемых решений [10] (так называемая оптимальность по Парето). Неулучшаемое решение есть такое решение, в котором улучшение в одной из целей приводит к некому ухудшению другой. Более строго определение неулучшаемой стратегии ремонтов и замен оборудования можно сформулировать следующим образом: стратегия  $\psi^* \in \Psi$  является неулучшаемой, если для некоторой окрестности  $U(\psi^*)$  не существует таких стратегий  $\psi \in U(\psi^*)$ , что

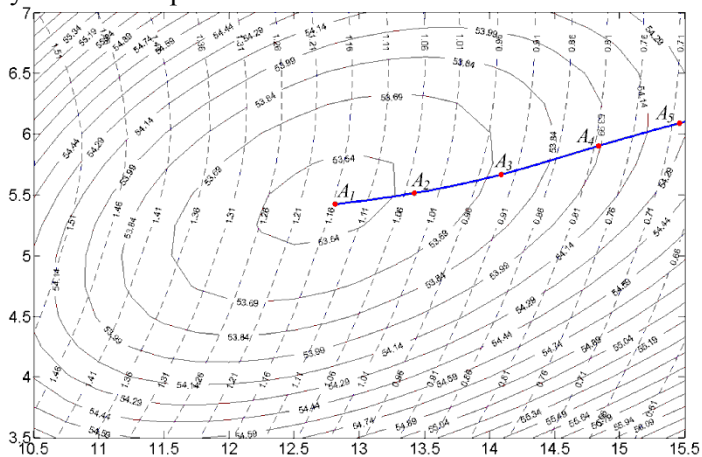
$$F_1(\psi) \leq F_1(\psi^*), \quad F_2(\psi) \leq F_2(\psi^*) \text{ и}$$

$$F_k(\psi) < F_k(\psi^*), \text{ для } k=1 \text{ или } k=2.$$

Очевидно, что для использования на практике представляют интерес только неулучшаемые стратегии.

Множество неулучшаемых стратегий ремонтов и замен оборудования можно наглядно изобразить, если ограничиться рассмотрением стратегий, состоящих только из одного ремонта и списания. Для этого достаточно на одном графике (рис. 4) построить линии уровня функций  $F_1$  и  $F_2$ . Далее, если специально не оговорено, будем рассматривать  $F_2(\psi) = \sigma[R(s(t, \omega), \psi)]$ . На рис. 4 по оси абсцисс отложены сроки списания оборудования, а по оси ординат – сроки ремонта. Линии уровня функции  $F_2$  изображены пунктиром, а линии уровня функций  $F_1$  – сплошные. По линиям уровня на рис. 4 легко увидеть, что в точках  $A_1, A_2, \dots, A_5$  и во всех

других точках кривой, проведенной жирной линией, градиенты функций  $F_1$  и  $F_2$  противоположно направлены, а значит, каждая точка на этой кривой соответствует некоторой неулучшаемой стратегии.



**Рис. 4.** Линии уровня функций  $F_1$  и  $F_2$  и кривая  $A_1 A_2 A_3 A_4 A_5$ , точки которой соответствуют неулучшаемым стратегиям

В табл. 1 приведены неулучшаемые стратегии, соответствующие точкам  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ , и соответствующие им значения целевых функций  $F_1$  и  $F_2$ . На рис. 5 представлена кривая точек неулучшаемых значений целевых функций при соответствующих оптимальных стратегиях ремонта и замены оборудования. Вдоль оси абсцисс отложены значения функции  $F_1$ , а вдоль оси ординат – значения функции  $F_2$ .

Таблица 1

Некоторые неуплучшаемые стратегии, состоящие из одного ремонта и списания, и соответствующие им значения целевых функций

Точки, соответствующие неуплучшаемым стратегиям	Параметры неуплучшаемых стратегий $\psi$		Значения целевых функций	
	Сроки ремонта	Сроки списания	$F_1(\psi) = M[R(s(t, \omega), \psi)]$	$F_2(\psi) = \sigma[R(s(t, \omega), \psi)]$
$A_1$	5,42	12,81	53,502	1,168
$A_2$	5,51	13,42	53,549	1,061
$A_3$	5,66	14,08	53,701	0,940
$A_4$	5,90	14,83	53,950	0,817
$A_5$	6,08	15,45	54,236	0,707

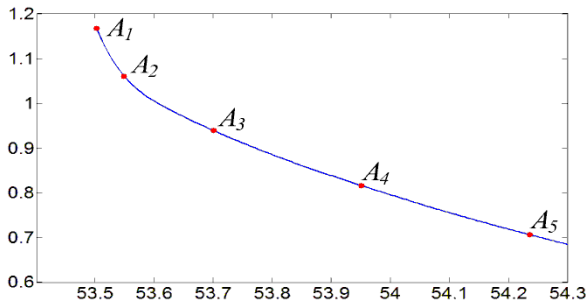


Рис. 5. Кривая точек неуплучшаемых значений целевых функций в случае одного ремонта при соответствующих оптимальных стратегиях ремонта и замены оборудования

Рис. 4 и 5 удобны для восприятия и дают лицу, принимающему решение, достаточно информации, что значительно облегчает выбор одной из ряда найденных неуплучшаемых стратегий. В общем случае, когда стратегии ремонтов и замен могут содержать более одного ремонта, представить решение задачи многофакторной оптимизации в таком наглядном виде нельзя. Существует ряд аналитических методов нахождения множества неуплучшаемых решений. Наиболее простым среди них является метод, в соответствии с

которым многокритериальная задача минимизации вектора  $\bar{F}(\psi) = (F_1(\psi), F_2(\psi))$  сводится к скалярной задаче путем построения взвешенной суммы его координат, и далее к полученной скалярной задаче применяется один из стандартных алгоритмов оптимизации. Однако в случае, когда граница множества значений вектор-функции  $\bar{F}(\psi)$  невыпукла, нахождение всего множества неуплучшаемых стратегий с использованием данного метода может оказаться невозможным. Поскольку для рассматриваемой нами вектор-функции  $\bar{F}(\psi)$  довольно сложно исследовать выпуклость ее множества значений, то для поиска множества неуплучшаемых стратегий мы используем так называемый метод достижения цели [11]. В рамках данного метода лицу, принимающему решение, необходимо выбрать множество намерений  $\bar{F}^* = (F_1^*, F_2^*)$ , которое связано с множеством целей  $\bar{F}(\psi) = (F_1(\psi), F_2(\psi))$ . Такая формулировка задачи допускает то, что цели могут быть как невыполненными так и перевыполненными, и это позволяет лицу, принимающему решение, легко выразить исходные намерения. Относительная степень невыполненности или перевыполненности поставленных намерений контролируется посредством вектора весовых коэффициентов  $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2)$  и может быть представлена как стандартная задача оптимизации следующего вида:

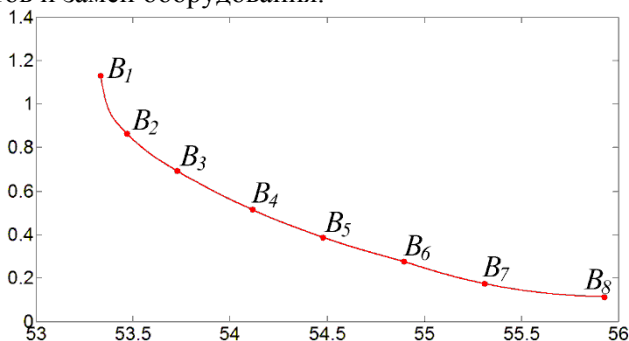
$$\begin{aligned} & \underset{\gamma \in R, \psi \in \Psi}{\text{minimize}} \gamma, \\ & \text{при условии, что} \\ & F_k(\psi) - \alpha_k \gamma \leq F_k^*, \quad k = 1, 2. \end{aligned} \tag{13}$$

Весовой вектор  $\bar{\alpha}$  дает лицу, принимающему решение, возможность достаточно точно выразить меру взаимосвязи между двумя целями.

Задачу (13) можно свести к задаче нахождения минимакса

$$\underset{\psi \in \Psi}{\text{minimize}} \max_k \left\{ \frac{F_k(\psi) - F_k^*}{\alpha_k} \right\} \tag{14}$$

и решить с помощью методов нелинейной оптимизации. Причем, если выбрать  $F_k^* = \max_{\psi \in \Psi} F_k(\psi) - \varepsilon$ ,  $k=1, 2$ , где  $\varepsilon$  – малое положительное число, то для установления неулучшаемости стратегии  $\psi_0$  достаточно подобрать такой вектор весов  $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2)$ ,  $\alpha_1 > 0$ ,  $\alpha_2 > 0$ , при котором стратегия  $\psi_0$  была бы решением задачи (14). Такой подход позволяет исследовать множество Парето в случае любого количества критериев и любой размерности пространства решений. Используя этот подход, опишем множество неулучшаемых стратегий ремонтов и замен оборудования а также соответствующее множество Парето при произвольном количестве ремонтов. На рис. 7 представлено множество Парето, при этом вдоль оси абсцисс отложены значения математических ожиданий суммарных средних расходов за единицу времени работы оборудования в период от начала эксплуатации до списания, а по оси ординат – значения среднеквадратических отклонений суммарных средних расходов. В табл. 2 представлены значения критериев для некоторых точек на паретовой границе (рис. 7) и соответствующие им решения, по которым можно получить представление о множестве неулучшаемых стратегий ремонтов и замен оборудования.



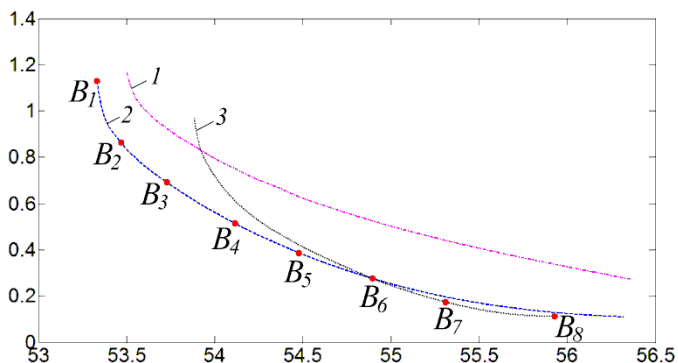
**Рис. 7.** Кривая точек неулучшаемых значений целевых функций для произвольного количества ремонтов при соответствующих оптимальных стратегиях ремонта и замены оборудования

*Таблица 2*

*Некоторые неупрощаемые стратегии, состоящие из произвольного количества ремонтов, и соответствующие им значения целевых функций*

Точки, соответствующие неупрощаемым стратегиям	Параметры неупрощаемых стратегий $\psi$		Значения целевых функций	
	Сроки ремонтов	Сроки списания	$F_1(\psi) = M[R(s(t, \omega), \psi)]$	$F_2(\psi) = \sigma[R(s(t, \omega), \psi)]$
$B_1$	4,38; 4,71	15,75	53,334	1,129
$B_2$	4,58; 5,12	17,09	53,469	0,862
$B_3$	4,69; 5,52	18,11	53,729	0,693
$B_4$	4,80; 5,89	19,17	54,116	0,515
$B_5$	4,98; 6,23	20,08	54,479	0,387
$B_6$	4,17; 4,60; 5,86	23,14	54,894	0,275
$B_7$	4,26; 4,74; 6,57	24,56	55,310	0,174
$B_8$	4,43; 4,97; 7,02	25,02	55,928	0,113

Проследим расположение паретовых границ при различном фиксированном количестве ремонтов оборудования. На рис. 8 изображены паретовы границы для случаев, когда применяются только стратегии, состоящие из одного, двух и трех ремонтов. Маркерами на рис. 8 обозначены те же точки  $B_1, \dots, B_8$ , что и на рис. 7. Таким образом, легко видеть, что кривая, изображенная на рис. 7, состоит из частей кривых 2 и 3, изображенных на рис. 8. Тот факт, что искомая паретова граница может быть представлена как совокупность частей паретовых границ, являющихся решениями более простых задач с фиксированным количеством ремонтов, может быть использован при анализе решений исходной многокритериальной задачи. Вместе с тем, такая структура паретовой границы может потенциально являться источником ее невыпуклости и разрывов. Поэтому исследование свойств множества Парето для рассмотренной задачи представляет отдельный интерес.

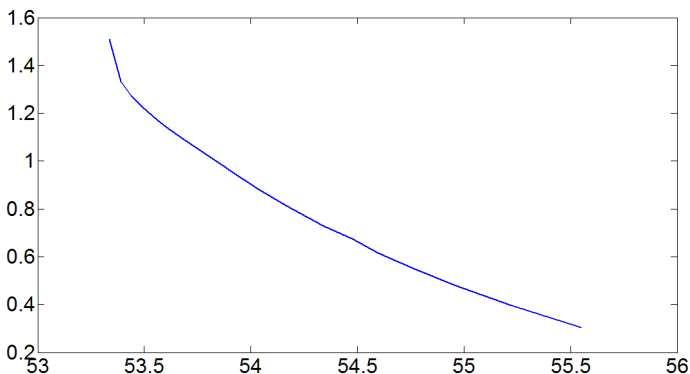


**Рис. 8.** Кривые неуправляемых значений целевых функций при соответствующих оптимальных стратегиях ремонтов и замен оборудования:

1 – при одном ремонте; 2 – при двух ремонтах; 3 – при трех ремонтах

На практике часто бывает так, что сильное превышение намеченного уровня затрат, даже если это превышение имеет маленькую вероятность, более нежелательно для лица, принимающего решение, чем весьма вероятные, но незначительные отклонения от среднего ожидаемого уровня затрат. Для того, чтобы лучше контролировать именно большие превышения среднего уровня затрат, в рассмотренной выше модели в качестве функции  $F_2(\psi)$  следует выбирать центральные моменты высоких порядков. Так, если в качестве  $F_2(\psi)$  рассматривать корень девятой степени из центрального момента девятого порядка, то паретова граница для рассматриваемого выше примера будет выглядеть так, как показано на рис. 9.





**Рис. 9. Кривая неулучшаемых значений целевых функций для функции  $F_2(\psi)$ , равной корню девятой степени из центрального момента девятого порядка, и произвольного количества ремонтов при соответствующих оптимальных стратегиях ремонта и замены оборудования**

Предложенную в данной статье методику можно использовать не только для уменьшения среднеквадратического отклонения или центральных моментов более высоких порядков, но и для учета других показателей, например, для уменьшения вероятности превышения заданного уровня затрат. Также можно рассматривать задачи с тремя и более целевыми функциями, однако в этом случае придется столкнуться со значительными трудностями при визуализации паретовой границы. Результаты исследований показали (табл. 2 и рис. 8), что в рассмотренном примере стратегии с большим количеством ремонтов оказались не столь эффективны, но зато более стабильны. При моделировании допускалась возможность улучшения состояния машины посредством капитальных ремонтов до максимально возможного уровня с единичной вероятностью. На практике в некоторых случаях ремонты могут улучшать состояние оборудования лишь с определенной вероятностью, существенно меньшей единицы. В этих случаях может оказаться, что планирование большего количества ремонтов, наоборот, будет сопряжено с большей неопределенностью и финансовыми рисками. Однако и в этих случаях предложенная выше математическая модель может

быть эффективно использована для нахождения наилучших стратегий ремонтов и замен оборудования.

### **Список использованной литературы:**

1. Постан, М.Я. Экономико-математические модели смешанных перевозок [Текст]: моногр. / М.Я. Постан. – Одесса: Астропринт, 2006. – 376 с.
2. Белый, А.П. Комплексные оценки в системе рейтингового управления предприятием [Текст]: моногр. / А.П. Белый, Ю.Г. Лысенко, А.А. Мадых, К.Г. Макаров; Донец. нац. ун-т. – Донецк: Юго-Восток, 2003. – 117 с.
3. Ширяева, Л.В. Методы и модели управления воспроизводством парков оборудования. Вероятностный подход [Текст]: моногр. / Л.В. Ширяева. – Одесса: Астропринт, 2008. – 256 с.
4. Шахов, А.В. Проектно-ориентированное управление функционированием ремонтпригодных технических систем [Текст]: моногр. / А.В. Шахов, В.И. Чимшир. – Одеса: Феникс, 2006. – 238 с.
5. Селиванов, А.И. Основы теории старения машин [Текст] / А.И. Селиванов. – М.: Машиностроение, 1971. – 408 с.
6. Малаксиано, Н.А. О планировании оптимальных сроков ремонтов и замен сложного портового оборудования при неполностью определенном прогнозе уровня занятости [Текст] / Н.А. Малаксиано // Економічна кібернетика. – 2012. – № 4-6 (76-78). – С. 49 - 56.
7. Оксендаль, Б. Стохастические дифференциальные уравнения. Введение в теорию и приложения [Текст] / Б. Оксендаль. – М.: Мир, 2003. – 408 с.
8. Малаксиано, Н.А. Об оптимальных сроках ремонтов сложного портового оборудования [Текст] / Н.А. Малаксиано // Вестн. Днепропетровского ун-та. Серия: Экономика. – 2012. – Вып. 6(3). – С. 186 - 195.
9. Малаксиано, Н.А. Использование многокритериальных оценок для уменьшения рисков при планировании ремонтов и замен сложного портового оборудования, функционирующего в условиях неполностью определенного грузопотока [Текст] / Н.А. Малаксиано // Методи та засоби управління розвитком

транспортних систем: зб. наук. праць. ОНМУ. – 2012. – № 20. – С. 25 – 36.

10. Подиновский, В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. В.В. Подиновский, В.Д. Ногин М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 256 с.

11. Gembicki, F.W., "Vector Optimization for Control with Performance and Parameter Sensitivity Indices," Ph.D. Thesis, Case Western Reserve Univ., Cleveland, Ohio, 1974.

## **2.7. ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЙНОГО КАПІТАЛУ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВА**

**Анотація.** В проведеному дослідженні обґрунтовано залежність стратегії розвитку процесів діяльності підприємства від наявного інтелектуального капіталу та його формування, яка відтворюється співвідношенням інформаційного капіталу стратегії до інтелектуального капіталу стратегії, проявом яких є зростання конкурентоспроможності на ринку та прибутку. Економічною мірою цього впливу являється рівень інтелектуального левериджу.

**Ключові слова:** капітал, інтелектуальний леверидж, стратегія, інтелектуальний капітал стратегії, інформаційний капітал стратегії, концепція, методологія.

### **I. Вступ**

Відомо, що необхідність приймати рішення на будь-якому рівні управління підприємством пов'язана з невизначеністю [1]. В економіці мало досліджуються процеси впливу інтелектуального капіталу на формування стратегій управління та розвитку підприємства, держави. В [2,3] введені поняття інформаційного капіталу стратегії ринкової, інвестиційної, інноваційної діяльності та інтелектуального капіталу стратегії операційної та фінансової діяльності з поєднанням з інформаційним капіталом стратегії. З цього приводу виникає питання, яким чином будується та змінюється стратегія діяльності: чи за рахунок збільшення інформаційного капіталу

ринкової, інвестиційної, інноваційної діяльності, чи зменшення інформаційного капіталу стратегії операційної та фінансової діяльності, а може шляхом збільшення інформаційного капіталу стратегії до відповідного рівня інтелектуального капіталу стратегії. А головне, як проходить процес оцінювання цих факторів в концептуальному і методологічному уявленні, що призводить до формування різноманітних стратегій управління та розвитку підприємства, держави.

В рамках даного дослідження обґрунтовується доцільність використання цих факторів, основі запропонованого концептуально-методологічного підходу до експресного аналізу фінансово-економічного стану підприємства, а також держави в залежності від сценаріїв стратегічного їх управління та розвитку.

## **II. Постановка завдання**

В проведеному дослідженні обґрунтовано залежність стратегії розвитку процесів діяльності підприємства від наявного інтелектуального капіталу та його формування, яка відтворюється співвідношенням інформаційного капіталу стратегії до інтелектуального капіталу стратегії, проявом яких є зростання конкурентоспроможності на ринку та прибутку. Економічною мірою цього впливу являється рівень інтелектуального левериджу. За результатами проведеного аналізу було запропоновано концептуально-методологічний підхід експресного аналізу фінансово-економічного стану підприємства, а також держави, відповідно долів приросту *ВВП* на приріст витрат інтелектуального капіталу та приросту витрат секторів економіки на приріст *ВВП*.

## **III. Результати**

В грошовому вимірі конкурентні переваги підприємств за рахунок наявного інтелектуального капіталу реалізуються у вигляді зростаючої норми віддачі на сукупні активи [3]. Таким чином, показник справедливої ринкової вартості сукупних активів підприємства можна отримати за формулою:

$$CA_P = \frac{CA_\sigma \times (1 + P_\sigma)^n}{(1 + \bar{P})^n} = CA_\sigma \times \left( \frac{1 + P_\sigma}{1 + \bar{P}} \right)^n,$$

де  $\bar{P}$  – базовий (середній) рівень рентабельності підприємств галузі;  $P_{\sigma}$  – рентабельність сукупних активів підприємства, для якого виконується оцінка ринкової вартості та обсягу інтелектуального капіталу;  $CA_{\sigma}$  – балансова вартість поточного обсягу сукупних активів досліджуваного підприємства;  $CA_p$  – справедлива ринкова вартість сукупних активів досліджуваного підприємства, що забезпечує середньогалузеву норму віддачі та є фінансово еквівалентною до  $CA_{\sigma}$ , з урахуванням тривалості періоду упередження  $n$ .

Тобто, при обчисленні величини  $CA_p$  спочатку було проведено нарощування балансової вартості поточного обсягу сукупних активів  $CA_{\sigma}$  за притаманним йому рівнем рентабельності  $P_{\sigma}$ , а потім отриманий показник було приведено до поточного періоду, відповідно до середньогалузевого значення  $\bar{P}$ . Тоді, обсяг інтелектуального капіталу підприємства  $IK$  обчислюється як:

$$IK = CA_p - CA_{\sigma} = CA_{\sigma} \times \left( \frac{1 + P_{\sigma}}{1 + \bar{P}} \right)^n - CA_{\sigma} = CA_{\sigma} \times \left( \left( \frac{1 + P_{\sigma}}{1 + \bar{P}} \right)^n - 1 \right)$$

В табл. 1 наведений розрахунок інтелектуального капіталу підприємства на основі оцінювання ринкової вартості за результатами господарської діяльності підприємства торгівлі ПАТ «Стимул» протягом 2010-2014 років.

Таблиця 1

Визначення величини інтелектуального капіталу  
підприємства

Період	Рентабельність капіталу підприємств оптової та роздрібно і торгівлі, %	ПАТ «Стимул»				
		Валовий прибуток, тис. грн.	Сукупні активи, тис. грн.	Рентабельність сукупних активів, %	CA <sub>p</sub> , тис. грн.	ІК, тис. грн.
2010 р.	12,7	1770	10958	16,15	11640	682
2011 р.	10,9	1353	12321	10,98	12339	18
2012 р.	12,2	1627	11871	13,71	12192	321
2013 р.	9,5	1371	10223	13,41	10996	743

Отримана рентабельність сукупних активів безпосередньо впливає на зростання інтелектуального капіталу підприємства, що надає змогу використовувати його зворотнім чином, враховуючи його вплив на поліпшення рентабельності сукупних активів в майбутніх періодах. Отже, застосовуючи формулу нижче ми можемо спрогнозувати стратегію цього впливу, табл.2.

$$P_{\sigma} = \left( \frac{IC}{CA_{\sigma}} + 1 \right)^{1/n} * (1 + \bar{P}) - 1$$

Таблиця 2

## Вплив інтелектуального капіталу на рентабельність

Валовий прибуток, тис. грн.	Балансова вартість сукупних активів	Інтелектуальний капітал підприємства	Вплив інтелектуального капіталу на рентабельність	Стратегія інтелектуального капіталу гамма	Стратегія інтелектуального капіталу гамма 0,2	Гамма	Стратегія інтелектуального капіталу гамма >>1
1770	10958	682	1,16152582	0,696915496	0,232305	0,4	,464
1353	12321	18	1,109812515	0,665887509	0,221962	0,5	,554
1627	11871	321	1,137056693	0,682234016	0,227411	0,3	,341
1371	10223	743	1,13410	0,68046	0,226821	0,4	,453
28	9942	2512	1,00281	0,60168	0,200563	0,4	,401

Очевидно, що отримані дані, представлені на рис. 1, підтверджують залежність стратегії розвитку процесів діяльності підприємства від наявного інтелектуального капіталу та його формування, яке відтворюється співвідношенням інформаційного капіталу стратегії до

$$\text{інтелектуального капіталу стратегії } \frac{I_{ik}}{I_{ik}^S} = \gamma$$

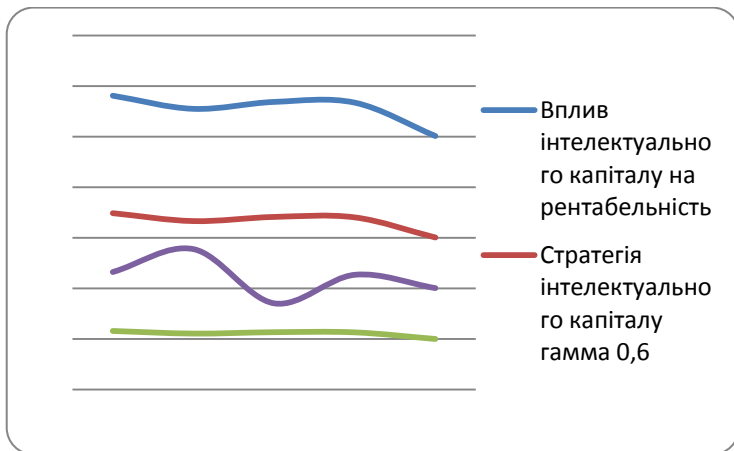


Рис. 1. Залежність стратегії діяльності підприємства від наявного інтелектуального капіталу.

Це співвідношення розраховується шляхом оцінювання властивостей і залежностей поміж цими властивостями на основі вибраної стратегії діяльності підприємства, які використовуються для розрахунків наступних інтегральних показників:

**Інформаційний капітал стратегії  $I_{ik}$  :**  $I_{ik} = I_m^{ik} * I_{inv}^{ik} *$

$I_{inn}^{ik}$ , де  $I_m^{ik}$  - інформаційний капітал ринкової діяльності;  $I_{inv}^{ik}$  - інформаційний капітал інвестиційної діяльності;  $I_{inn}^{ik}$  - інформаційний капітал інноваційної діяльності.

Відповідно **Інтелектуальний капітал стратегії** охоплює операційну і фінансову діяльність підприємства, його інформаційний капітал і залежить не тільки від внутрішніх виробничих процесів, а й від того які стратегічні рішення в інформаційному плані приймаються підприємством.

Інформаційний капітал стратегії операційної діяльності  $I_{t1}^s$  при:  $I_{t1}^s = I_{t1} + I_{t1}^{ik}$ , де  $I_{t1}$  - інтелектуальний капітал операційної та споживчої діяльності;  $I_{t1}^{ik}$  - інформаційний капітал операційної та споживчої діяльності;



Інформаційний капітал стратегії фінансової діяльності  $I_{g1}^s$ :  $I_{g1}^s = I_{g1} + I_{g1}^{ik}$ , де  $I_{g1}$  – інтелектуальний капітал фінансової діяльності;  $I_{g1}^{ik}$  – інформаційний капітал фінансової діяльності.

**Інтелектуальний капітал стратегії  $I_{ic}^s$ :**

$$I_{ic}^s = I_{ik} + I_t^s + I_g^s$$

Збільшення впливу за рахунок інформаційного капіталу стратегії до відповідного рівня інтелектуального капіталу стратегії призводить до формування різноманітних стратегій розвитку підприємства. Від того, яким чином змінюється гамма: чи за рахунок збільшення інформаційного капіталу ринкової, інвестиційної, інноваційної діяльності або зменшення інформаційного капіталу стратегії операційної та фінансової діяльності, - використовуються відповідні сценарії управління і розвитку підприємства.

Розглянемо методологічний підхід щодо оцінювання інформаційного капіталу стратегії до відповідного рівня інтелектуального капіталу стратегії:

а) інформаційний капітал стратегії операційної діяльності  $I_{t1}^s$ :

В табл. 3 наведені властивості інформаційного капіталу стратегії операційної діяльності та їх відношення поміж собою, які характеризують вагомість процесів, що відбуваються на протязі прийняття управлінських рішень.

Таблиця 3

Відношення властивостей ( $f_i$ ) інформаційного капіталу стратегії операційної діяльності

Властивості $I_{t1}^s$		Частка $i$ -тої властивості в формуванні $k$ -го виду $I_{t1}^s$	
Креативність	$S_1$	3	0,17
Компетентність	$S_2$	2	0,11
Цілеспрямованість	$S_3$	2	0,11

Якісність	S <sub>4</sub>	2	0,11
Конкурентоздатність	S <sub>5</sub>	2	0,11
Стратегічність	S <sub>6</sub>	2	0,11
Інноваційність	S <sub>7</sub>	2	0,11
Технологічність	S <sub>8</sub>	1	0,06
Результативність	S <sub>9</sub>	2	0,11

Відношення			
------------	--	--	--

a <sub>1</sub>	Товарний портфель	3	0,12
a <sub>2</sub>	Логістика	4	0,13
a <sub>3</sub>	Обладнання	3	0,12
a <sub>4</sub>	Ціна	3	0,14
a <sub>5</sub>	Організаційна структура	2	0,06
a <sub>6</sub>	Стратегія	4	0,2
a <sub>7</sub>	Корпоративна культура	2	0,09
a <sub>8</sub>	Ефект операційного важеля	3	0,14

Інформаційний капітал стратегії фінансової діяльності  $I_{g1}^s$  :

В табл. 4 наведені властивості інформаційного капіталу стратегії фінансової діяльності та їх відношення поміж собою, які характеризують стратегічні можливості використання фінансових ресурсів.

Подібні таблиці будуються для визначення рівнів

**Інформаційного капіталу стратегії  $I_{ik}$**  ( в складі:  $I_m^{ik}$  - інформаційного капіталу ринкової діяльності;  $I_{inv}^{ik}$  - інформаційного капіталу інвестиційної діяльності;  $I_{inn}^{ik}$  - інформаційного капіталу інноваційної діяльності.) та **Інтелектуального капіталу стратегії  $I_{ic}^s$**  (в складі: інформаційного капіталу стратегії операційної та фінансової діяльності) за допомогою наступних виразів:

Таблиця 4

Відношення властивостей ( $f_i$ ) інформаційного капіталу стратегії фінансової діяльності

<i>Властивості ІК</i>		<i>Частка i-тої властивості в формуванні k-го виду ІК</i>	
Креативність	1	3	0,17
Компетентність	2	2	0,11
Цілеспрямованість	3	2	0,11
Якісність	4	2	0,11
Конкурентоздатність	5	2	0,11
Стратегічність	6	2	0,11
Інноваційність	7	2	0,11
Технологічність	8	1	0,06
Результативність	9	2	0,11

<i>Відношення</i>			
1	Товарний портфель		0,12
2	Ефект операційної діяльності		0,10
3	Ефект фінансової діяльності		0,10
4	Ціна		0,14

5	Ефект економічної діяльності		0,11
6	Наявність обігового капіталу		0,2
7	Співвідношення запозиченого і власного капіталу		0,09
8	Стратегія фінансової діяльності		0,14

Рівень всіх зазначених властивостей  $\{f_p\}$  інформаційного та інтелектуального капіталу стратегії формується відповідно до значень індексів вхідних різновидів кожної властивості  $\{s_i\}$  та їх структури. Для досягнення конкретного рівня відношення  $\{a_j\}$  всі його вхідні елементи повинні знаходитись у оптимальному співвідношенні. Отже, можуть мати місце ситуації, коли при формуванні рівня різновидів властивостей  $s_i^{f_p}(a_j)$  використовуються не повні значення відношення  $a_j^{f_p}$ , а лише ті, що дозволяють сформувати необхідну для даного рівня відношення структуру. Таким чином, залишається невикористаний потенціал, який може призвести до зростання рівня різновидів властивостей  $s_i^{f_p}(a_j)$  за умови підвищення значень «дефіцитних» відношень  $a_j^{f_p}$ .

Підсумовуючи вищезазначене, запропоновано наступну модель оцінки рівня окремого різновиду конкретної властивості інформаційного капіталу стратегії та інтелектуального капіталу стратегії:

$$S_{ip}^z = \sum_{j=1}^{n_{ip}} k_{jp}^a \cdot a_{ijp}^z \quad (1)$$

де  $S_{ip}^z$  – рівень  $i$ -го різновиду  $p$ -ї властивості  $z$ -го капіталу;

$a_{ijp}^z$  – частка участі  $j$ -го відношення в формуванні  $i$ -го

різновиду  $p$ -ї властивості  $z$ -го виду капіталу;  $k_{jp}^a$  – базовий коефіцієнт розподілу впливу  $j$ -го відношення на формування  $p$ -ї властивості;  $n_{ip}$  – кількість відношень  $i$ -го різновиду  $p$ -ї властивості.

Частка участі  $j$ -го відношення в формуванні  $i$ -го різновиду  $p$ -ї властивості оцінюється відповідними методиками для кожного виду капіталу окремо.

Базовий коефіцієнт розподілу впливу  $j$ -го відношення на формування  $p$ -ї властивості визначається аналітичною згорткою середніх значень всіх різновидів конкретної властивості у відповідності із асоційованими із ними відношеннями, табл.3.

Наступним кроком оцінки інформаційного капіталу стратегії та інтелектуального капіталу стратегії є оцінка інтегрального рівня  $p$ -ї властивості  $z$ -го виду капіталу:

$$f_p^z = \sum_{i=1}^{m_p} k_{ip}^s \cdot S_{ip}^z \quad (2)$$

де  $k_{ip}^s$  – базовий коефіцієнт розподілу впливу структури  $i$ -го

різновиду на  $p$ -у властивість;  $f_p^z$  – інтегральний рівень  $p$ -ї властивості  $z$ -го виду капіталу;  $m_p$  – кількість різновидів  $p$ -ї властивості.

Базовий коефіцієнт розподілу впливу структури  $i$ -го різновиду на  $n$ -ту властивість визначається способом,

аналогічним застосованому для визначення  $k_{jp}^a$  у формулі (1), табл. 4.

Останнім етапом формування моделі оцінки інформаційного капіталу стратегії та інтелектуального капіталу стратегії є інтегральне згорання всіх властивостей даного виду капіталу:

$$IK_z(f_p^z) = \sum_{p=1}^l k_p^f \cdot f_p^z \quad (3)$$

де  $k_p^f$  – базовий коефіцієнт розподілу впливу  $p$ -тої властивості на інформаційний капітал стратегії та інтелектуальний капітал стратегії;  $IK_z$  – інформаційний капітал стратегії та інтелектуальний капітал стратегії  $z$ -го виду капіталу, табл. 4.

Механізм визначення  $k_p^f$  аналогічний вищезазначеним  $k_{jp}^a$  та  $k_{ip}^s$ .

Таким чином, використовуючи формули (1) – (3) в залежності від критерію управління, формулу оцінки інформаційного капіталу стратегії та інтелектуального капіталу стратегії можливо представити у наступних вигляді:

$$IK_z(f_p^z) = \sum_{p=1}^l k_p^f \cdot f_p^z \quad (4)$$

$$IK_z(S_{ip}^z) = \sum_{p=1}^l k_p^f \cdot \left( \sum_{i=1}^{m_p} k_{ip}^s \cdot S_{ip}^z \right) \quad (5)$$

$$IK_z(a_{ijp}^z) = \sum_{p=1}^l k_p^f \cdot \left( \sum_{i=1}^{m_p} k_{ip}^s \cdot \sum_{j=1}^{n_{ip}} k_{jp}^a \cdot a_{ijp}^z \right) \quad (6)$$

Відповідно до моделей (1) – (6) запропоновано загальну концептуальну схему оцінки інформаційного капіталу стратегії та інтелектуального капіталу стратегії.

Отже, тепер є можливість оцінити загальний рівень інформаційного капіталу стратегії та інтелектуального капіталу стратегії.

$$IK = \sum_{z=1}^r IK_z (a_{ijp}^z)$$

В свою чергу, економічною мірою цього впливу являється рівень інтелектуального левєриджу (*LIL -level of intellectual leverage*), який розраховується за формулою та відображає долю приросту прибутку на приріст економічної добавленої вартості (інтелектуального капіталу):

$$LIL = \frac{\Delta EVA\%}{\Delta NOPLAT\%} * \gamma$$

В табл. 5, рис. 2 ми знаходимо відповідь на те, що головним чинником цього впливу являється приріст інтелектуального капіталу, який безпосередньо пов'язаний з гамма.

Таблиця 5

Рівень інтелектуального левєриджу підприємства

Приріст прибутку, тис. грн.	Приріст інтелектуального капіталу підприємства	Гамма	<i>LIL -level of intellectual leverage</i>
-	-0,97	0,4	1,653030655
0,23559322	16,83	0,5	41,56113139
0,202512934	1,31	0,3	-2,50654936
-0,157344806	2,38	0,4	-0,97221083

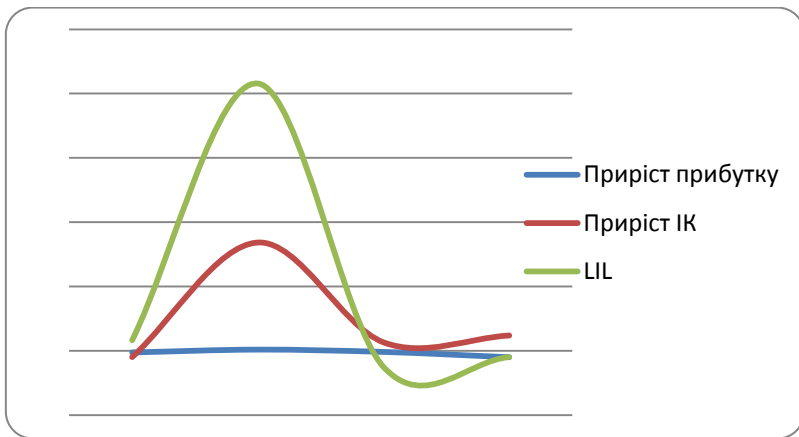


Рис. 2. Вплив інтелектуального капіталу на приріст прибутку

**Висновки:** ріст чи падіння інтелектуального левериджу є індикатором фінансово-економічної діяльності підприємства. Як ми завбачуємо – збільшення інтелектуального капіталу не завжди являється наслідком різкого підвищення прибутку. Ймовірно, що потрібна більш детальна класифікація інформаційного капіталу стратегії і інтелектуального капіталу стратегії, які установлюють вагомість прийнятих стратегічних рішень і визначають цей рівень через показник гамма.

### Список використаної літератури:

1. Вітлінський В. В. Ризикологія в економіці та підприємстві : монографія / В. В. Вітлінський, Г. І. Великоіваненко. – Київ : КНЕУ, 2004. – 480 с.
2. Порохня В. М. Теорія формування і управління капіталом / В. М. Порохня // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємство. – 2012. – № 5. – С. 261–269.
3. Порохня В. М. Концептуальні основи оцінювання та збільшення ринкової вартості підприємства / В. М. Порохня, В. В. Бирський // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємство. – 2013. – № 5. – С. 74–82.



## **2.8. НЕЙРО-НЕЧІТКІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛЕННЯ**

В сучасних умовах ринкового середовища актуальною залишається проблема формування стратегії підприємства. Сучасний стан розвитку економіки України характеризується глобальною трансформацією успішне здійснення якої потребує використання нових методів, засобів і підходів до формування стратегії підприємства. В умовах ринкової економіки виникає необхідність свідомого управління змінами на підприємстві на основі науково обґрунтованої процедури їх передбачення. Перед підприємством встає актуальне завдання не тільки визначити свою стратегію, але й сформуванню бачення майбутнього. Процес формування стратегії передбачає етап проведення оцінки. Тому слід чітко визначити, що саме розуміється під оцінкою, зокрема оцінкою стратегії підприємства, яку роль вона виконує. Оцінку, як правило, розглядають у двох значеннях. По-перше, під оцінкою розуміють кількісне значення міри досліджуваного об'єкта, а по-друге, оцінку можна також розглядати як процес отримання потрібної інформації щодо об'єкту оцінки. Метою оцінки стратегії є створення системи, що дозволяє визначити стан та взаємодію ресурсів, їх ефективне використання та перспективи розвитку. Оцінка грає надзвичайно значущу і авторитетну роль в сприянні організаційних змін. Оцінка стратегії в конкретний момент часу – це важливе джерело даних, підтверджуючих досягнення результатів діяльності підприємства. Оцінка стратегії підприємства повинна сприяти підвищенню якості процесів, орієнтованих на ухвалення управлінських рішень. Таким чином, оцінка стратегії сприяє підвищенню гнучкості та ефективності діяльності підприємства. Результатом оцінки стратегії підприємства мають бути дані, засновані на фактичній інформації, які були б достовірними, надійними і корисними, що дозволяло б своєчасно враховувати рекомендації в процесі ухвалення управлінських рішень.

Існує декілька груп методів, які можуть бути використані для оцінки стратегії. До них слід віднести кількісні, якісні і комплексні методи. До групи кількісних методів відносять

методи фінансового та економічного аналізу, які засновані на розрахунку та аналізі фінансових та економічних показників, що характеризують доцільність вкладення грошових коштів і результати віддачі. Ці методи в основному базуються на принципі «витрати-вигоди» і передбачають розрахунок таких показників, як терміни і показники окупності проекту, рівень фінансових та інших ризиків, показники фінансового стану підприємства (ліквідність, платоспроможність, прибутковість, автономність тощо). Ці методи найчастіше використовують при аналізі потенційної ефективності, але не враховують складний механізм причинно-наслідкових зв'язків. Крім того, дані методи дозволяють оцінити стратегію лише на основі кількісних показників і не враховують якісні показники. Також суттєвим недоліком є те, що вони не дають змогу особі, яка приймає рішення, дати однозначну оцінку стратегії, оскільки дозволяє лише розрахувати комплекс показників і не дає узагальнюючої оцінки.

Одним з інструментів є аналіз беззбитковості виробництва і аналіз співвідношення «витрати – обсяг – прибуток». Цей вид аналізу є одним з найбільш ефективних засобів прийняття управлінських рішень відносно стратегії підприємства. Він допомагає керівникам підприємств виявляти оптимальні пропорції між змінними та постійними витратами, ціною та обсягом реалізації, мінімізувати підприємницький ризик. Ключовими елементами аналізу співвідношення «витрати – обсяг – прибуток» є маржинальний дохід, поріг рентабельності, виробничий леверидж та запас фінансової стійкості. Маржинальний дохід – це різниця між виручкою від реалізації продукції (робіт, послуг) та сумою змінних витрат. Поріг рентабельності – це показник, який характеризує обсяг реалізації продукції, при якому виручка від реалізації продукції (робіт, послуг) дорівнює усім його сукупним витратам, тобто це такий обсяг продажу, при якому підприємство не отримує ні прибуток, ні збиток. Виробничий леверидж – це механізм управління прибутком підприємства в залежності від зміни обсягу реалізації продукції (робіт, послуг). Він допомагає менеджерам обирати оптимальну стратегію підприємства в управлінні витратами і прибутком. Величина виробничого

левериджу може змінюватися під впливом: ціни та обсягу продажу, а також змінних та постійних витрат. Усвідомлення механізму виробничого левериджу дозволяє цілеспрямовано керувати співвідношенням постійних та змінних витрат з метою підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності на різних тенденціях кон'юнктури товарного ринку та стадії життєвого циклу підприємства. Запас фінансової стійкості – це процентне співвідношення фактичної виручки від реалізації продукції (робіт, послуг) до порогу рентабельності.

Економіко-математичні методи і моделі представляють досить великий клас інструментів для аналізу причинно-наслідкових зв'язків, класифікація та розпізнання ситуації, пошуку оптимальних рішень, прогнозування впливу різних випадкових чинників і прогноз на основі тенденції, методи аналізу переходу з одного стану системи в інший, методи згортки індивідуальних показників. Дані методи дозволяють не тільки оцінити стратегію і її складові, але і виявити важливі важелі управління цим процесом, визначити міру їхнього впливу на стратегію, дати прогнозні характеристики. Однак, дані методи не дають можливість використовувати якісні показники для оцінки стратегії.

Експертні методи також можуть бути використані для оцінки стратегії. Однак, використання експертних методів більше доречно при оцінці різних якісних ефектів, які не підлягають вимірюванню безпосередньо формальними способами. До недоліків експертних оцінок відносять їх суб'єктивність. Усунути зазначені недоліки розглянутих вище методів дає змогу використання комплексних методів, які засновані на спільній обробці якісних і кількісних даних.

Стратегічний аналіз становить сутність процесу обґрунтування вибору стратегії підприємства. Формування стратегії з урахуванням стратегічного аналізу являє собою: отримання повної та достовірної інформації; фінансово-економічний аналіз діяльності підприємства. При комплексному дослідженні економічної системи за параметрами, які визначають її майбутній стан у стратегічному аналізі, застосовують такі прикладні прийоми і методи: метод

LOTS, метод PIMS-аналіз, матрицю BCG, модель GE/McKinsey, модель Shell/DPM, SWOT-аналіз, SPACE-аналіз, PEST-аналіз. Метод LOTS полягає у детальному, послідовному обговоренні ряду проблем бізнесу на різних рівнях та різному ступені складності: від корпоративної місії в цілому до індивідуального проекту підприємства. Кінцевою метою методу LOTS є вироблення позиції, яка дозволить підприємству, підрозділу будувати свої взаємини із зовнішнім середовищем. Метод PIMS-аналізу ґрунтується на використанні емпіричної моделі, що пов'язує широкий діапазон стратегічних змінних (якість продукту, частка ринку, вертикальна інтеграція) і ситуаційних змінних (стадія розвитку галузі, швидкість зростання ринку, інтенсивність потоків капіталу) з величиною прибутковості та здатністю підприємства генерувати готівку. Матриця Бостонської консалтингової групи являє собою своєрідне відображення позицій конкретного виду бізнесу в стратегічному просторі, що визначається двома координатними осями, одна з яких використовується для вимірювання темпів зростання галузі (ринку), а інша – для вимірювання відносної частки продукції підприємства на ринку. Головна увага в матриці BCG зосереджується на грошових потоках підприємства, які або спрямовуються на проведення операцій в окремому секторі бізнесу, або виникають внаслідок проведення таких операцій. У матриці BCG основними стратегічними цілями підприємства вважаються зростання рентабельності і маси прибутку. Основна аналітична цінність матриці BCG полягає в тому, що за її допомогою можна визначити не тільки стратегічні позиції кожного сектору бізнесу підприємства, але й надати рекомендації щодо підготовки стратегічного балансу грошових потоків. Однак, матриця BCG має і недоліки. Узагальнюючи всю критику цієї матриці, можна зробити такі зауваження: вона будується на нечіткому визначенні ринку для секторів бізнесу. Незначна зміна у визначенні може призвести до значних змін частки ринку, а далі – до зовсім інших результатів аналізу. Матриця BCG перестає працювати, коли її намагаються застосувати до таких галузей, де рівень конкуренції не високий або обсяги виробництва незначні.

Багатофакторна модель GE/McKinsey є матрицею, що складається з дев'яти клітинок для відображення і порівняльного аналізу стратегічних позицій підприємства і напрямів його господарської діяльності. Головною особливістю цієї моделі є те, що у ній вперше для порівняння видів бізнесу почали розглядатися не тільки такі фактори, як обсяг продажу, прибуток, рентабельність інвестованих коштів, але й досить суб'єктивні характеристики бізнесу, такі, як мінливість частки ринку, технології, стан забезпеченості кадрами. До переваг даної моделі слід віднести можливість присвоєння різним факторам різні вагові коефіцієнти залежно від їх відносної важливості для обраного виду діяльності у визначеній галузі, що дозволяє зробити оцінку більш точною. По осях У та Х вказуються інтегральні оцінки привабливості ринку і відносної переваги підприємства на відповідному ринку (або сильних сторін певних секторів бізнесу). На відміну від матриці BCG в моделі GE/McKinsey кожна вісь координат розглядається як вісь багатофакторного виміру. Це робить дану модель більш «багатою» в аналітичному аспекті порівняно з матрицею BCG, і одночасно, реалістичною з погляду позиціонування секторів бізнесу. Використання широкого кола кількісних і якісних показників для формування комплексного критерію дає змогу оцінити внесок кожного та розробити відповідні заходи для виправлення становища. Модель GE/McKinsey можливо використовувати на всіх стадіях життєвого циклу за різних умов конкуренції. До недоліків багатофакторної моделі GE/McKinsey можна віднести те, що вона не дає можливість виявити реальних перспектив тих чи інших бізнес-напрямків та є формальним, структурним підходом до співставлення сильних сторін підприємства з можливостями ринку, відсутні методичні рекомендації до розрахунку окремих складових.

Модель Shell/DPM також як і багатофакторна модель GE/McKinsey об'єднує кількісні і якісні показники в єдину параметричну систему, проте у ній ще більше приділено уваги кількісним параметрам бізнесу. У моделі Shell/DPM вісь Х відображає сильні сторони підприємства, а вісь У – перспективи галузі і бізнесу. Якщо критерій стратегічного

вибору в матриці BCG базувався на оцінці потоку грошових коштів, який, фактично, є показником короткострокового планування, а в моделі GE/McKinsey, навпаки, на оцінці прибутковості інвестицій, що є показником довгострокового планування, то модель Shell/DPM пропонує під час прийняття стратегічних управлінських рішень одночасно фокусувати увагу на двох цих показниках. Модель Shell/DPM зосереджує увагу на аналізі розвитку поточної ситуації в галузі та перспективах. Інша помітна особливість моделі Shell/DPM полягає у тому, що в ній можуть розглядатися види бізнесу, які перебувають на різних стадіях свого життєвого циклу. Виходячи з цього, вивчення змін у стратегічному позиціонуванні видів бізнесу через деякий час стає невід'ємною частиною моделювання з допомогою Shell/DPM. Проте, до критичних зауважень треба віднести те, що вибір показників для стратегічного аналізу є дуже умовним; не існує критеріїв, згідно з якими можна було б визначити, яка кількість показників необхідна для аналізу; важко оцінити, які показники є найбільш суттєві; «зважування» показників під час конструювання шкал матриці дуже ускладнено. У цілому ж, незважаючи на певні недоліки, модель Shell/DPM є гідним доповненням до переліку засобів і прийомів стратегічного аналізу і планування підприємства, яке прагне бути конкурентоспроможним у довгостроковому періоді. Для здійснення стратегічного аналізу зовнішнього та внутрішнього середовища часто застосовують формальні процедури SWOT-аналізу. Головна мета SWOT-аналізу – забезпечити процес стратегічного планування інформацією про сильні та слабкі сторони цієї стратегії щодо її можливостей та існуючих загроз. Сильні та слабкі сторони – це переважно внутрішні чинники, пов'язані з поточним станом підприємства. Можливості та загрози існують ззовні й більше стосуються майбутнього. Методологія SWOT-аналізу передбачає виявлення можливостей (Opportunities) і загроз (Threats) зовнішнього середовища, сильних (Strength) та слабких сторін (Weakness) внутрішнього середовища, встановлення зв'язків між ними на основі побудови матриці, виявлення стратегічних проблем і альтернатив розвитку підприємства. Проведення такого аналізу

дозволяє розглянути всі можливі парні комбінації між загрозами, можливостями, сильними та слабкими сторонами, встановлені зв'язки будуть використані для формування стратегії. SPACE-аналіз використовується для оцінки стратегічного положення підприємства і є похідним від SWOT-аналізу. У SPACE-аналізі виокремлюють чотири групи системних критеріїв оцінювання організації: економічний потенціал (або фінансова сила), конкурентні переваги, привабливість галузі, стабільність середовища (зовнішні умови бізнесу). Кожен з критеріїв складається з певного переліку факторів, що знаходять вираз у відповідних показниках. Сильними сторонами цього методу є те, що він дає можливість проаналізувати наявну стратегію підприємства. PEST-аналіз є розповсюдженим методом аналізу зовнішнього середовища, який не тільки передбачає аналіз стану середовища, але й визначає тенденції його розвитку за допомогою сценарного аналізу прогнозування.

У наукових джерелах існує низка підходів до обробки кількісних і якісних показників (багатомірне шкалювання, методи теорії нечітких множин тощо). Оскільки завдання оцінки стратегії можна віднести до класу нечітких (адже можна говорити про ефективність реалізації складових стратегії лише з певною ймовірністю), то воно може бути ефективно розв'язано за допомогою методів теорії нечітких множин. Одним з найбільш перспективних напрямків наукових досліджень в галузі аналізу, прогнозування та моделювання економічних явищ і процесів є нечітка логіка (fuzzy logic). Не зважаючи на те, що вперше згадка про новий метод математичного моделювання з'явилася біля півстоліття тому, дана галузь наукових досліджень до сих пір залишається мало дослідженою. У 1965 р. Л. Заде, професор інформатики Каліфорнійського університету в Берклі, ввів в науку поняття нечітких множин (fuzzy set), що дало назву однойменній теорії [1]. Основним поняттям теорії нечітких множин є лінгвістична змінна. Згідно Лотфі Заде, лінгвістичною називається змінна, значеннями якої є слова або вирази природної мови. Заслугою Заде є те, що він розширив класичне поняття множини, допустивши, що характеристична функція (функція

приналежності елемента множині) може приймати будь-які значення в інтервалі  $[0; 1]$ , а не тільки значення 0 або 1. Такі множини були названі їм нечіткими. Л. Заде визначив також ряд операцій над нечіткими множинами і запропонував узагальнення відомих методів, ввівши потім поняття лінгвістичної змінної і допустивши, що в якості її значень (термів) виступають нечіткі множини. Л. Заде створив апарат для опису процесів інтелектуальної діяльності, включаючи нечіткість і невизначеність виразів. Провідний напрям застосувань теорії нечітких множин в економіці – це обґрунтування форм функцій приналежності відповідних нечітких чисел і класифікаторів, що використовуються в моделі. У науковій літературі отримали широке розповсюдження наступні основні типи функцій приналежності: «трикутні», «трапецієвидні», «Z-образні», «S-образні» та «П-образні» функції приналежності. Якщо всі вихідні дані моделі, що мають нечіткий вигляд, обґрунтовані, то можна отримати науково обґрунтований результуючий показник. Доцільність використання апарату теорії нечітких множин проявляється у можливості: оцінити ступінь ризику банкрутства у діапазоні від 0 до 1; визначити лінгвістичне розпізнання ступеню ризику банкрутства; описати суб'єктивну активність осіб, які приймають рішення; забезпечити своєчасне розпізнання ознак кризи на підприємстві; провести оцінювання якості функціонування підприємства шляхом поєднання кількісних і якісних показників, причому розглядаючи їх не тільки у статиці, але й динаміці, застосувати нечіткі числа, які ідеально підходять для планування факторів в часі, коли їх майбутня оцінка ускладнена. Разом з тим, для теорії нечітких множин характерні такі недоліки: вихідний набір нечітких правил формулюється експертом-людиною та може виявитися неповним або суперечливим; вид та параметри функцій приналежності, які описують вхідні та вихідні змінні системи, обираються суб'єктивно та можуть не повністю відображати реальну дійсність. Слід відзначити, що можливості вирішення різних завдань управління діяльністю підприємства, в силу їх природної невизначеності, в рамках методів, придатних до застосування в умовах невизначеності обмежені, що в умовах

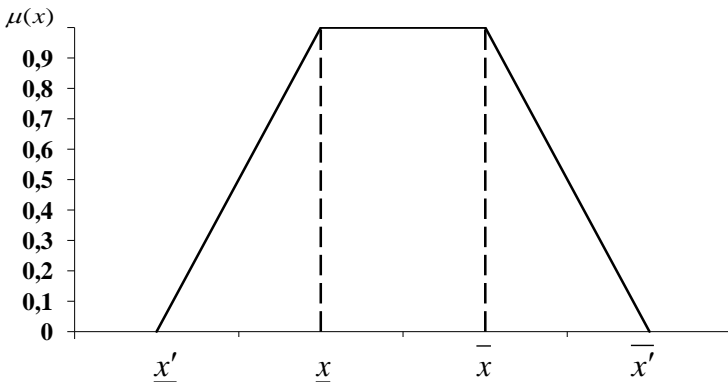


неоднозначно визначених і якісних параметрів, притаманних ринку, дає в багатьох випадках неадекватне рішення. Використання методів математичної статистики ускладнюється тим, що управлінські рішення доводиться приймати в умовах невизначеності, дефіциту ресурсів, часу та інформації.

У монографії О.О. Недосєкіна [1, с.110], присвяченій нечітким множинам, наведено класифікацію видів невизначеності. Якщо спроектувати цю класифікацію на специфіку прийняття рішень при формуванні стратегії підприємства, то ми можемо позначити два виду невизначеності: невизначеність (відсутність точного знання) щодо майбутнього стану всіх прогнозованих параметрів економічних показників господарюючого суб'єкта; нечіткість класифікації окремих сторін поточного фінансового становища підприємства.

Загальна процедура побудови моделі об'єкта з використанням методів теорії нечітких множин включає створення множини значень змінних для можливих станів об'єкту і відповідно множини оцінок (бальних чи лінгвістичних) цих значень. Нечіткі описи у структурі методу аналізу ризику з'являються у зв'язку з невпевненістю експерта, яка виникає у процесі різноманітного роду класифікацій. Коли треба провести межу між середнім та низьким рівнем значень параметру. Тоді застосування нечітких описів має наступне значення: експерт будує лінгвістичну змінну зі своєю термножиною значень. Так, змінна «Ступінь ризику банкрутства» може володіти термножиною значень «дуже низька, низька, середня, висока, дуже висока»; експерт обирає відповідну для неї кількісну ознаку, для того щоб конструктивно зробити опис лінгвістичної змінної. Отже, сконструйований показник ступеня ризику банкрутства приймає значення від нуля до одиниці; експерт кожному значенню лінгвістичної змінної зіставляє функцію приналежності ступеня ризику банкрутства тієї або іншій нечіткій підмножині. Загальноприйнятими функціями у цьому випадку є трапецієподібні функції приналежності (рис. 1). верхня основа трапеції відповідає повній впевненості експерта у правильності своєї класифікації, а нижня – впевненості у тому, що ніякі інші значення інтервалу

$[0,1]$  не потраплять у обрану нечітку множину. Нижня основа трапеції  $[\underline{x}', \overline{x}']$  виражає всю припустиму множину значень нечіткого фактора  $x$ , верхня  $[\underline{x}, \overline{x}]$  – тих значень, для яких експерт встановлює гарантовану відповідність обраному значенню лінгвістичної змінної. Бічні ребра трапеції відображують зміну ступеня впевненості експерта щодо його оцінки від 1 до 0. Усі інші значення фактора  $x$ , що виходять за межі основи трапеції, однозначно не будуть відповідати обраній лінгвістичній змінній.



**Рис. 1.** Нечітка змінна  $x$  з трапецієподібною функцією належності [1, с. 62]

Для компактного опису трапецієподібної форми нечіткого числа  $x$  зручно користуватись трапецієподібними числами виду  $x = \langle \underline{x}', \underline{x}, \overline{x}, \overline{x}' \rangle$ . Інтервал  $[\underline{x}, \overline{x}]$  називають оптимістичною оцінкою параметра  $x$ , а інтервал  $[\underline{x}', \overline{x}']$  – песимістичною оцінкою параметра  $x$ . Опис лінгвістичної змінної на даному етапі закінчено, і аналітик може використовувати її як математичний об'єкт у відповідних операціях і методах. Розроблений в роботі О.О. Недосекіна матричний метод агрегування даних на основі нечіткого класифікатора дозволяє переходити від кількісних значень окремих фінансових показників діяльності підприємства до комплексного

фінансового показника та відповідного ступеня ризику банкрутства. Проведемо за всіма кількісними носіям вихідних даних методики лінгвістичне розпізнавання і побудуємо відповідні п'яти рівневі класифікатори. Тоді будь-якій кількісній оцінці показника буде відповідати вектор з п'яти значень відповідних функцій приналежності класифікатора. Загальноживаними функціями в цьому випадку є трапецієподібні функції приналежності, які наведені у рис. 1.

Представимо трапецієподібну функцію належності, зображену на рис. 1, в аналітичній формі:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < \underline{x}' \\ \frac{x - \underline{x}'}{\bar{x}' - \underline{x}'}, & \underline{x}' \leq x \leq \bar{x}' \\ 1, & \underline{x} \leq x \leq \bar{x} \\ \frac{\bar{x}' - x}{\bar{x}' - \underline{x}'}, & \bar{x} \leq x \leq \bar{x}' \\ 0, & x > \bar{x}' \end{cases}$$

$$Z(x) = \{\mu_1(x), \mu_2(x), \mu_3(x), \mu_4(x), \mu_5(x)\},$$

де  $x$  - кількісне значення показника, що підлягає розпізнаванню. Скрізь  $x$  - це 01-носій (відрізок  $[0,1]$  дійсній осі). Стандартний класифікатор здійснює проєкцію нечіткого лінгвістичного опису на 01-носій, при цьому робить це не суперечним способом, симетрично розташовуючи вузли класифікації (0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9). У цих вузлах значення відповідної функції приналежності дорівнює одиниці, а всіх інших функцій - нулю. Невпевненість експерта в класифікації спадає (зростає) лінійно наближенням до вузла (з віддаленням від вузла, відповідно). Сума всіх компонент вектора  $Z(x)$  дорівнює одиниці, при цьому від трьох до чотирьох значень вектора - нулі (рівень належить максимум двом якісним описам зі своїми ступенями приналежності, сума яких дорівнює одиниці). Тоді результируючий показник оцінки ступеня ризику банкрутства підприємства - це теж вектор з п'яти значень функцій приналежності  $Z_0 = \{\mu_{0i}\}$ , сума яких дорівнює одиниці. Кількісне значення агрегованого показника визначається за формулою [1, с. 240]:

$$g = \sum_{j=1}^5 g_j \sum_{i=1}^N r_i \mu_{ij}(x_i)$$

$$g_j = 0,9 - 0,2(j-1)$$

де  $g_i$  – вузлові точки стандартного класифікатора,  $r_i$  – значимість  $i$ -го показника в згортку,  $\mu_{ij}(x_i)$  – значення функції приналежності  $j$ -го якісного рівня щодо поточного значення  $i$ -го показника. Тепер слід розпізнати значення  $g$  на основі стандартного п'ятирівневого класифікатора і отримати лінгвістичну оцінку ступеня ризику банкрутства. Таким чином, отримуємо комплексний показник оцінки ступеня ризику банкрутства підприємства. Застосуємо поетапно теорію нечітких множин при конструюванні методики оцінки ризику.

**Етап 1.** Лінгвістичні змінні та нечіткі підмножини.

а) Повна множина ступеню ризику банкрутства  $G$  розбивається на 5 підмножин:

$G_1$  - підмножина «ризик банкрутства незначний»

$G_2$  - підмножина «низька ступінь ризику банкрутства»

$G_3$  - підмножина «ступінь ризику банкрутства середня»

$G_4$  - підмножина «ступінь ризику банкрутства висока»

$G_5$  - підмножина «граничний ризик банкрутства»

б) Для окремого фінансового або управлінського показника  $X_i$  повна множина його значень  $B_i$  розбивається на п'ять підмножин:

$B_{i1}$  - підмножина «дуже високий рівень показника  $X_i$ »,

$B_{i2}$  - підмножина «високий рівень показника  $X_i$ »,

$B_{i3}$  - підмножина «середній рівень показника  $X_i$ »,

$B_{i4}$  - підмножина «низький рівень показника  $X_i$ »,

$B_{i5}$  - підмножина «дуже низький рівень показника  $X_i$ ».

Зазначимо, що тут і далі передбачаємо: показник  $G$  набуває значень від нуля до одиниці; зростання окремого показника  $X_i$  зв'язане із зниженням ступеня ризику банкрутства з поліпшенням стану даного підприємства; виконується додаткова умова відповідності множини  $B$  і  $G$  наступного вигляду: якщо всі показники в ході аналізу володіють, відповідно до класифікації, рівнем підмножини  $B_{ij}$  то ступінь ризику банкрутства кваліфікується як  $G_j$ .

**Етап 2.** Показники. Побудуємо набір окремих показників  $X = \{X_i\}$  загальним числом  $N$ , які, на думку експерта-аналітика, з одного боку, впливають на оцінку ризику банкрутства

підприємства, а з іншого боку, оцінюють різні за природою сторони ділового і фінансового життя підприємства .

$X_1$  - коефіцієнт автономії (відношення власного капіталу до суми усіх коштів авансованих підприємству).

$X_2$  – коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власними коштами (відношення чистого оборотного капіталу до оборотних активів).

$X_3$  – коефіцієнт термінової ліквідності (оборотні активи – виробничі запаси – витрати майбутніх періодів поділити на суму поточних зобов'язань та доходів майбутніх періодів)

$X_4$  – коефіцієнт абсолютної ліквідності (відношення суми грошових коштів до поточних зобов'язань).

$X_5$  – коефіцієнт обертання активів (відношення виручки від реалізації до середньорічної вартості активів).

$X_6$  – рентабельність авансованого капіталу (відношення чистого прибутку до середньорічної вартості активів).

**Етап 3.** Значущість. Приймаємо, що всі показники володіють рівною значущістю, тоді

$$r_i = \frac{1}{N}.$$

**Етап 4.** Класифікація ступеня ризику банкрутства. Побудуємо класифікацію поточного значення показника ступеня ризику банкрутства  $G$  як критерій розбиття цієї множини на нечіткі підмножини. Цей класифікатор є стандартним п'ятирівневим класифікатором на  $01$  – носії. Вузловими крапками у цьому класифікаторі є числа  $g_j = \{0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9\}$ . Інтервал відносного стандартного розміщення  $[0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9]$  у класифікаторі комплексної оцінки стану підприємства.

**Етап 5.** Класифікація значень показників. Побудуємо набір класифікаторів поточних значень показників  $X$  як критерій розбиття повної множини їх значень на нечіткі підмножини вигляду  $B$  (табл. 1.3). У клітинках таблиці стоять трапецевидні числа, які характеризують відповідні функції приналежності. У таблиці 1.3 наведена класифікація, яка побудована у 1999 році експертом, директором компанії «Воронов і Максимов» О.В. Максимовим [1, с. 65].

**Етап 6.** Оцінка рівня показників. Проведемо оцінку поточного рівня показників.

**Етап 7.** Розпізнання рівня показників на основі вибору класифікаторів. Проведемо класифікацію поточних значень  $X$  відповідно до критерію таблиці 1.3 Результатом проведеної класифікації, де  $\mu_{ij}$  – рівень приналежності носія  $X_i$  нечіткій підмножині  $B_j$ .

де  $\mu_{ij}=1$ , якщо  $b_{i(j-1)} < x_i < b_{ij}$  та  $\mu_{ij}=0$  у протилежному випадку (коли значення не потрапляє у вибраний діапазон класифікації).

**Етап 8.** Оцінка ступеня ризику банкрутства. Тепер виконаємо формальні арифметичні дії по оцінці ступеня ризику банкрутства  $G$ .

**Етап 9.** Лінгвістичне розпізнавання. Класифікуємо набуте значення ступеня ризику банкрутства на базі даних таблиці 1.2. Таким чином, висновок про ступінь ризику банкрутства підприємства набуває лінгвістичної форми. Отже, наведено методику, що є достатньою для оцінки ступеня ризику банкрутства підприємства. Сьогодні нечітко-множинні моделі, часто представлені у вигляді програмного забезпечення для персональних комп'ютерів, які дозволяють як менеджерам різного рівня, так і власникам підприємств приймати економічно обгрунтовані рішення. Серед науковців, які працюють у даному напрямку слід відзначити праці А.В. Леоненкова, В.П. Бочарнікова, В.В. Круглова, С.Д. Штовба, які продовжують розвиток теорії нечітких множин з застосуванням сучасних технологій. У роботі А.В. Леоненкова досліджено особливості нечіткого моделювання у середовищах MATLAB та fuzzy TECH, систему нечіткого виводу, основні алгоритми нечіткого виводу, у тому числі і алгоритм Мамдані (Mamdani), сутність якого може бути представлена у вигляді формули [2, с. 194]:

$$\mu(x) = \min \{c_i, \mu(x)\},$$

де  $\mu(x)$  – функція приналежності терму, який є значенням деякої вихідної змінної, заданої на універсумі  $X$ ;  $c_i$  – множина значень вихідної змінної.

У роботі [2] розкрито основні етапи нечіткого виводу, а саме: формування бази правил систем нечіткого виводу,

фаззифікація, агрегування, активізація, акумуляція, дефаззифікація. Під фаззифікацією А.В. Леоненков [1, с.189] розуміє окремий етап виконання нечіткого виводу, процес або процедура знаходження значень функцій приналежності нечітких множин на основі звичайних (не нечітких) вихідних даних. Метою фаззифікації є встановлення відповідності між конкретним (числовим) значенням окремої вхідної змінної системи нечіткого виводу та значенням функції приналежності відповідного для неї терму вхідної лінгвістичної змінної. Агрегування – передбачає процедуру визначення ступеня істинності умов по кожному з правил системи нечіткого виводу. Активізація у системах нечіткого виводу являє собою процедуру або процес знаходження ступеня істинності кожного з підзаключень правил нечітких продукцій.

Акумуляція у системах нечіткого виводу являє собою процедуру або процес знаходження функцій приналежності для кожної з вихідних лінгвістичних змінних множини [2, с.195]. Дефаззифікація – процедура або процес знаходження звичайного (не нечіткого) значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних множини. Мета дефаззифікації полягає у тому, що використовуючи результати акумуляції всіх вихідних лінгвістичних змінних, отримати звичайне кількісне значення кожної з вихідних змінних, яке може бути використано спеціальними приладами, зовнішніми по відношенню до системи нечіткого виводу. Для здійснення розрахунків на етапі дефаззифікації використовують метод центру тяжіння, який розраховується за допомогою формули [2, с.197]:

$$y = \frac{\overset{Max}{\int} x \cdot \mu(x) dx}{\frac{\overset{Min}{\int} \mu(x) dx}{\overset{Max}{\int} \mu(x) dx}},$$

де  $y$  – результат дефаззифікації;  $x$  – змінна, яка відповідає вихідній лінгвістичній змінній;  $\mu(x)$  – функція приналежності нечіткої множини, що відповідає вихідній змінній після етапу

аккумуляції; *Min*, *Max* – ліва та права точки інтервалу носія нечіткої множини вихідної змінної.

Бочарніковим В.П. досліджено ключові питання математичних основ Fuzzy- технологій та надано приклади їх практичної реалізації у програмних комплексах. Отримали подальший розвиток основи нечітко-інтегрованого розрахунку для обробки нечітких даних. Особливу увагу автор приділив практичній спрямованості Fuzzy- технологій, її математичних основ та програмного забезпечення для рішення аналітичних завдань у бізнесі в умовах реальної невизначеності ринку [3].

В.В. Круглов у своїй роботі особливу увагу приділив програмній реалізації моделей інструментальними засобами математичної системи MATLAB, дослідженню апарату нечіткої логіки, основам теорії штучних нейронних мереж, гібридних мереж, що можуть використовуватись у вирішенні завдань управління та прийняття рішень в умовах невизначеності. С.Д. Штовба у роботі досліджував питання проектування нечітких систем у пакеті Fuzzy Logic Toolbox обчислювального середовища MATLAB. Розглянуто авторські розширення пакету для проектування нечітких класифікаторів, побудови ієрархічних нечітких мереж, навчання нечітких баз знань типу Мамдані, а також для логічного виводу при нечітких початкових даних. Продовжуючи думку цих науковців нам було б доцільно провести оцінку стратегії за допомогою пакету нечіткої логіки «Fuzzy Logic Toolbox» (розділ «Проектування систем управління»), який використовується в системі MATLAB, що дозволить провести оцінку стратегії на підставі розрахунків з використанням програмного забезпечення, що в кінцевому підсумку надасть можливість керівникам своєчасно виявити стан у якому знаходиться підприємство та застосувати ефективні, гнучкі управлінські рішення. Найбільш прийнятним для розв'язання завдання оцінки стратегії може бути підхід, який базується на теорії нечітких множин, що дозволяє створити ефективне прикладне забезпечення у системах підтримки прийняття рішень. Доцільність використання апарату теорії нечітких множин у побудові моделі оцінки економічної стратегії проявляється у можливості: оперувати зі статистично



неоднорідними змінними процесу, що досліджується; описати суб'єктивну активність осіб, які приймають рішення; провести оцінку економічної стратегії підприємства шляхом поєднання кількісних і якісних показників, причому розглядаючи їх не тільки у статистиці, але й динаміці.

Для побудови моделі оцінки економічної стратегії пропонуємо використовувати пакет Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB. Система MATLAB, яка розроблена і постійно оновлюється компанією Math Works Inc. (США), є однією з найбільш відомих систем. Використання системи MATLAB та пов'язаних з нею методик моделювання стало стандартом для широкого кола фахівців із різноманітних сфер науки, техніки, економіки та освіти. Система MATLAB включає спеціальні засоби нечіткого моделювання, що дозволяє виконувати весь комплекс досліджень з розробки та застосуванню нечітких моделей. Нечітке моделювання в середовищі MATLAB здійснюється з використанням пакету розширення Fuzzy Logic Toolbox, у якому реалізовані десятки функцій нечіткої логіки та нечіткого висновку. Пакет Fuzzy Logic Toolbox – це сукупність прикладних програм, які відносяться до теорії нечітких множин та дозволяють конструювати нечіткі експертні та управлінські системи. До основних можливостей Fuzzy Logic Toolbox відносять: побудова системи нечіткого виводу (експертних систем, регуляторів, аппроксиматорів залежностей); побудова адаптивних нечітких систем; інтерактивне динамічне моделювання у Simulink. Набір даних програм надає користувачу максимальну зручність для створення, редакції та використання різноманітних систем нечіткого виводу. Головна мета методу полягає у виявленні загальних факторів (головних компонент), які використовуються у подальшому аналізі у ролі оцінок латентних показників, та пояснюючих кореляційні зв'язки між вхідними симптомами досліджуваних об'єктів [1, с.120]. Економічний аналіз досліджуваних показників дозволив висунути гіпотезу про причино - наслідкові зв'язки між ними: результативною ознакою  $Y$  є оцінка економічної стратегії, а факторними ознаками:  $X_1$  - ступінь ризику

банкрутства,  $X_2$  - темп росту обсягів продажу (%),  $X_3$  - частка ринку (%).

Високі факторні навантаження ( $|a_{ki}| > 0,7$ ) цієї матриці виділені, а у останніх двох строках вказані характеристичні корені кореляційної матриці  $r$  та частки загальної дисперсії ознак – симптомів, які пояснюють відповідні головні компоненти. Аналіз значень наведеної матриці показує, що тільки перші дві головні компоненти містять високі факторні навантаження та нова штучна змінна  $F_1$  є гуртовою. Для третьої головної компоненти  $|\max a_{k3}| = 0,571675$ , що можливо ускладнить її якісну економічну інтерпретацію.

Аналіз першого стовпчика матриці показує, що головна компонента  $F_1$  тісно пов'язана зі змінною  $X_1$  ( $a_{11} = 0,753322$ ) та  $X_3$  ( $a_{31} = 0,804198$ ). Це означає, що вони «навантажують» першу головну компоненту своїм змістом. Економічний зміст даних ознак:  $X_1$  – ступінь ризику банкрутства,  $X_3$  – частка ринку. Отже, перша головна компонента зображує на досліджуваних підприємствах латентний економічний показник конкурентної боротьби на ринку. Аналіз другого стовпчика матриці показує, що головна компонента  $F_2$  щільно пов'язана зі вхідною змінною  $X_2$  – темп росту обсягів продажу, % ( $a_{22} = -0,936893$ ). Це означає, що в основному саме цей економічний показник «навантажує» другу головну компоненту своїм змістом. Мінус перед значенням факторного навантаження  $a_{22}$  вказує на те, що змінна  $X_2$  надає другій головній компоненті змістовне навантаження, яке адекватне поняттю «економія від масштабів виробництва». З метою перевірки теоретичного положення про співпадання сум добутку елементів двох різних строк матриці факторних навантажень наведемо матрицю коефіцієнтів парної кореляції між вхідними ознаками – симптомами. Таким чином, запропоновані вхідні змінні і, відповідно, виявлені головні компоненти можна використовувати у подальшому дослідженні. З використанням методу головних компонент та на підставі визначених цілей економічної стратегії обґрунтовано склад вхідних змінних: ступінь ризику банкрутства, темп росту обсягів продажу, частка ринку, які є

кількісними. До четвертої вхідної змінної віднесемо якісну змінну – ступінь соціальної відповідальності підприємства.

Одним з найбільш важливих аргументів на користь необхідності впровадження показника «ступінь соціальної відповідальності» є те, що традиційно соціальна відповідальність визначається як ефективна стратегія досягнення збалансованого розвитку. За результатами дослідження, підприємства які на початку опитування задекларували впровадження стратегії соціальної відповідальності та відчували позитивний вплив програм/заходів із соціальної відповідальності на своїй діяльності, а саме: покращення репутації підприємства відзначило 72,5%; поліпшення економічних показників 64%; дійсну користь для суспільства – 79,4%; поліпшення ставлення працівників підприємства – 86,7%; запровадження інновацій – 41,3% [2, с.118]. Важливо підкреслити, що в умовах глобалізації сам факт соціально-відповідального ведення бізнесу є важливим чинником інвестиційної привабливості підприємства та покращення гудвілу, що впливає на ефективність стратегії. Вихідною змінною є оцінка стратегії підприємства. При цьому найвищі оцінки частки ринку, темпів росту обсягів продажу, ступеня соціальної відповідальності та найнижчі оцінки ступеня ризику банкрутства оцінюються, як результативна економічна стратегія. На другому етапі алгоритму побудови моделі оцінки економічної стратегії підприємства задається структура системи MATLAB (кількість входів і виходів), алгоритм виводу. Розробку моделі (назва «Model») будемо виконувати з використанням графічних засобів системи MATLAB. Залишимо без змін тип системи нечіткого виводу, запропонований системою MATLAB, а саме метод Мамдані, тому метод активації буде MIN, який розраховується по формулі [1, с.194]. Логічні операції (*min* – для нечіткого логічного «і», *max* – для нечіткого логічного «або»), метод імплікації (*min*), агрегування (*max*), метод дефаззифікації (centroid), який розраховується за допомогою формули:

$$\mu'(x) = \min \{c_i, \mu(x)\} ,$$

де  $\mu(x)$  – функція приналежності терму, який є значенням деякої вихідної змінної, заданої на універсумі  $X$ ;  $c_i$  – множина значень вихідної змінної.

Постановка задачі у математичному вигляді має наступний вид: нехай  $U$  – універсальна множина, тобто повна множина, що охоплює всю проблемну область. Нечітка підмножина  $F$  множини  $U$  визначається через функцію належності  $\mu^F(u)$ , де  $u$  – елемент універсальної множини, тобто  $u \in U$ . Функція належності відображає елементи із множини  $U$  на множину чисел в діапазоні  $[0, 1]$ , які характеризують ступінь належності кожного елемента  $u \in U$  до нечіткої множини  $F \subset U$ . Носієм підмножини  $F$  називається множина таких точок в  $U$ , для яких величина  $\mu^F(u)$  позитивна. Якщо універсальна множина  $U$  охоплює кінцеву кількість множин, елементів  $u_1, u_2, \dots, u_n$ , то нечітку множину  $F$  можна представити у вигляді [1, с.14]:

$$F = \mu^F(u_1)/u_1 + \mu^F(u_2)/u_2 + \dots + \mu^F(u_n)/u_n = \sum_{i=1}^n \mu^F(u_i)/u_i \cdot (3)$$

Розглянемо об'єкт з одним виходом і  $n$  входами типу:

$$y = f_y(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

де  $x_1, \dots, x_n$  – набір значень вхідних змінних;  $y$  – відповідне значення вихідної змінної.

Змінні  $x_1, \dots, x_n$  і  $y$  можуть бути як кількісними, так і якісними. Так, набір показників для підприємств має наступний вигляд:  $x_1$  – темп росту обсягів продажу;  $x_2$  – частка ринку;  $x_3$  – ступінь ризику банкрутства;  $x_4$  – ступінь соціальної відповідальності. В свою чергу комплексне значення кожного з вказаних показників може бути визначений наступним чином. Показник темп росту обсягів продажу ( $x_1$ ) розраховується як відношення виручки від реалізації продукції у фактичному періоді до базисного (виражається у індексах або відсотках). В свою чергу виручка від реалізації – це сума коштів, які надійшли на рахунок підприємства за реалізовану продукцію. Та розраховують методом прямого рахунку: множенням кількості реалізованої продукції ( $x_{11}$ ) на їхню реалізаційну ціну ( $x_{12}$ ).

$$X_1 = f_1(x_{11}, x_{12}) \cdot$$

Зростання обсягів продажу є індикатором успішної товарної стратегії і ефективної роботи відділу маркетингу на підприємстві, а також правильно обраної цінової стратегії. Він є непрямим показником результативності економічної стратегії підприємства. Оскільки підприємство не може розраховувати на всю місткість ринку, об'єктивним показником конкурентної боротьби на ринку є частка ринку ( $x_2$ ), яка розраховується як: відношення обсягу продажу підприємства на ринку ( $x_{21}$ ) до загального обсягу продажу даного товару ( $x_{22}$ ) на даному ринку помножене на 100%.

$$X_2 = f_2(x_{21}, x_{22}).$$

Показник ступінь ризику банкрутства ( $x_3$ ), згідно до методики О.О. Недосєкіна, в свою чергу розрахований на основі коефіцієнту автономії ( $x_{31}$ ), коефіцієнту забезпеченості оборотних активів власними коштами ( $x_{32}$ ), коефіцієнту термінової ліквідності ( $x_{33}$ ), коефіцієнту абсолютної ліквідності ( $x_{34}$ ), коефіцієнту обертання активів ( $x_{35}$ ), рентабельності авансованого капіталу ( $x_{36}$ ).

$$X_3 = f_3(x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}).$$

В свою чергу ступінь соціальної відповідальності підприємства ( $x_4$ ) може бути оцінена за наступними характеристиками: звітність ( $x_{41}$ ), організаційне управління ( $x_{42}$ ), права людини ( $x_{43}$ ), трудові відносини ( $x_{44}$ ), чесна операційна діяльність ( $x_{45}$ ), захист навколишнього середовища ( $x_{46}$ ), захист прав споживачів ( $x_{47}$ ), розвиток місцевих громад і співпраця з ними ( $x_{48}$ ).

$$X_4 = f_4(x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}, x_{46}, x_{47}, x_{48}).$$

На основі розрахункових значень груп показників проводиться оцінка економічної стратегії підприємства.

$$y = f_y(x_1, x_2, x_3, x_4).$$

Ієрархічність при побудові математичної моделі оцінки економічної стратегії можна забезпечити, якщо скористатись методом нейронних мереж. Структура математичної моделі оцінки економічної стратегії, що відповідає співвідношенням (9-13) висновку. В результаті отримали модель, що являє собою нейронечітку мережу. Так, нейронна мережа є багат шаровим персептроном з одним внутрішнім шаром, а її вхідні, проміжні та вихідні параметри незалежно від своєї

природи розглядаються як лінгвістичні змінні, що задані на своїх універсальних множинах і оцінюються за допомогою нечітких термів.

На третьому етапі задаються функції приналежності вхідних та вихідної змінних. Функції приналежності у FIS – редакторі задаються за допомогою відповідної програми – редактора, яка дозволяє задати діапазон змін для кожної вхідної та вихідної змінних, вибрати форми функцій приналежності і дати їм назви. При побудові моделі оцінки економічної стратегії підприємства з виробництва фруктових та овочевих соків було зроблено припущення про те, що усі змінні вимірюються в балах у інтервалі дійсних чисел від 0 до 10. При цьому найнижча оцінка значень кожної із змінних є 0, а найвища 10. Проведемо фазифікацію вхідних та вихідної змінних. Перша вхідна змінна «Темп росту обсягів продажу». Нечіткі описи в структурі методу з'являються у зв'язку з невпевненістю експерта, що виникає в ході різного роду класифікацій. Коли експерт не може чітко розмежувати значення середнього та високого рівня темпів росту обсягів продажу. В такому разі необхідно будувати функції приналежності всіх нечітких термів вхідної змінної, щоб отримати можливість здійснювати адекватну класифікацію рівнів показника. Якщо рівень ряду динаміки знижується, то темп росту за весь період буде меншим 100%. Пропонуємо бальну оцінку від 0 до 2, для значення темпів росту обсягів продажу менше 100%, це свідчить про те, що він низький; бальна оцінка від 3 до 7, для значення темпів росту обсягів продажу від 100 % до 130%, що свідчить про те, що він середній; бальна оцінка від 8 до 10, для значення темпів росту обсягів продажу від 130% до 180%, що свідчить про те, що він високий. Для проведення фазифікації у якості терм-множини першої вхідної змінної «Темп росту обсягів продажу» будемо використовувати  $T_1 = \{\text{низький, високий}\}$  або у символічному вигляді  $T_1 = \{PS, PB\}$ , з  $\pi$ -подібною (rimf) функцією приналежності у вигляді криволінійної трапеції. Ця функція задається як добуток Z-подібної та S-подібної функцій приналежності.  $\pi$ -подібна функція приналежності застосовується для завдання асиметричних функцій

приналежності з плавним переходом від песимістичної до оптимістичної оцінки нечіткого числа.  $\pi$ -подібна функція приналежності для вхідної змінної «Темп росту обсягів продажу» зображена у графічному вигляді, що більше відповідає поведінці експертів при прийнятті рішення, та представлена в аналітичному вигляді у функції .

$$f_n(x; a, b, c, d) = f_n(x; a, b) * f_n(x; c, d),$$

де  $a, b, c, d$  – деякі числові параметри, що приймають нескінченні дійсні значення та впорядковані відношення:  $a \leq b < c \leq d$ . Друга вхідна змінна «Частка ринку» є істотним індикатором займаної позиції підприємства на ринку в умовах жорсткої конкуренції. Чим більшу частку ринку займає підприємство, тим потужніший його вплив на конкурентів і відповідно тим уважніше воно повинне підходити до формування економічної стратегії. Залежно від позиції на ринку, відповідно до класифікації Ф. Котлера, застосовуються різні стратегії конкурентної боротьби, а саме: лідера на ринку; позиція підприємства, яке кидає виклик ринковому оточенню; послідовника, позиція підприємства, яке знає своє належне місце на ринку [1, с. 198]. Пропонуємо бальну оцінку від 0 до 2, для значень частки ринку менше 10%, це свідчить про те, що вона низька. Бальна оцінка від 3 до 7, для значення частки ринку від 10% до 20%, що свідчить про те, що вона середня. Бальна оцінка від 8 до 10, для значення частки ринку від 20% до 100%. У якості терм-множини другої лінгвістичної змінної «Частка ринку» будемо використовувати множину  $T_2 = \{\text{низька, висока}\}$  або у символічному вигляді  $T_2 = \{PS, PB\}$ ,  $\pi$ -подібною функцією приналежності термів. У якості терм-множини третьої лінгвістичної змінної «Ступінь ризику банкрутства» будемо використовувати множину  $T_3 = \{\text{низька, висока}\}$  або у символічному вигляді  $T_3 = \{PS, PB\}$ , з  $\pi$ -подібною функцією приналежності термів.

Відповідно до запропонованого О.О. Недосекіним п'ятирівневого класифікатора ступеня ризику банкрутства. Пропонуємо бальну оцінку від 0 до 2, для значень ступеня ризику банкрутства від 0,65 до 1, згідно до класифікатора це означає, що вона відповідає підмножині  $G_1$  (ризик банкрутства незначний) та  $G_2$  (низька ступінь ризику банкрутства). Бальна

оцінка від 3 до 7, для значень ступеня ризику банкрутства підприємства від 0,45 до 0,65, що відповідає підмножині  $G_3$  – «ступінь ризику банкрутства середня». Бальна оцінка від 8 до 10, для значень ступеня ризику банкрутства від 0 до 0,45, що відповідає підмножині  $G_4$  – «ступінь ризику банкрутства висока» та  $G_5$  – «граничний ризик банкрутства». Особливістю четвертої вхідної змінної «Ступінь соціальної відповідальності» є те, що вона має якісний характер. Тому при її оцінці у експертів можуть виникати різні точки зору. Крім того, експерт не завжди здатен вербально оцінити даний показник, хоча інтуїтивно відчуває його рівень. Для подолання цих перепон можливо оцінити «ступінь соціальної відповідальності» по принципу термометра. Сутність принципу полягає в тому, що експертна оцінка виконується шляхом «закрашення частини шкали», у якій ліва та права межі відповідають мінімальному та максимальному рівням змінної, що розглядається. Його зручність полягає у тому, що у такий спосіб експерт може виставити бали, що відчуває на інтуїтивному рівні й в кінцевому разі оцінити різні за природою лінгвістичні змінні на єдиній універсальній множині  $[x, x]$ . Оцінку ступеня соціальної відповідальності підприємства ми пропонуємо проводити експертно за її характеристиками із застосуванням 10-бальної системи, в якій: від 0 до 2 балів – відповідає низькій оцінці; від 3 до 7 балів – середній; від 8 до 10 балів – високій. У якості терм-множини четвертої лінгвістичної змінної «Ступінь соціальної відповідальності» будемо використовувати  $T_4 = \{\text{низька, висока}\}$  або у символічному вигляді  $T_3 = \{PS, PB\}$ , з  $\pi$ -подібною функцією приналежності термів.

Вихідною змінною є «Оцінка стратегії». Задамо діапазон змін оцінки економічної стратегії від нуля до десяти. Від 0 до 2 – оцінка економічної стратегії низька (підприємство має високу ступінь банкрутства, темп росту обсягів продажу низький; низька частка ринку, низьку ступінь соціальної відповідальності), від 3 до 7 – оцінка стратегії середня, від 8 до 10 – оцінка стратегії підприємства висока. У якості терм-множини вихідної лінгвістичної змінної «Оцінка стратегії» будемо використовувати множину  $T_4 = \{\text{низька, висока}\}$  або у



символічному вигляді  $T_4 = \{PS, PB\}$ , з трапецієподібною функцією приналежності термів. На етапі конструюються правила нечіткого виводу, які потім приводяться до чіткості. Для побудови моделі оцінки стратегії і ухвалення рішень керівництвом підприємства розробимо наступні евристичні правила. Правила повинні відповідати основним принципам побудови моделі, а саме: принципу повноти та несуперечливості: темп росту обсягів продажу високий, частка ринку, яку займає підприємство висока, ступінь ризику банкрутства низька, ступінь соціальної відповідальності підприємства висока то оцінка економічної стратегії висока; темп росту обсягів продажу низький, частка ринку, яку займає підприємство низька, ступінь ризику банкрутства висока, ступінь соціальної відповідальності низька, то оцінка економічної стратегії низька; ступінь ризику банкрутства висока, то оцінка економічної стратегії низька.

Висновок: немає жодного однозначно надійного і точного методу оцінки стратегії, тому кожне підприємство може проводити оцінку з урахуванням своєї специфіки, найчастіше комбінуючи різні методики. Адекватна оцінка стратегії підприємства дозволяє грамотно розподіляти ресурси, прогнозувати майбутні витрати, точніше планувати обсяг продажів, визначати справедливую ціну, вчасно виявляти можливі наслідки схвалюваних стратегічних рішень. Метою оцінки стратегії є створення системи, що дозволяє визначити стан та взаємодію ресурсів, їх ефективне використання та перспективи розвитку. Оцінка грає надзвичайно значущу і авторитетну роль в сприянні організаційних змін. Оцінка економічної стратегії в конкретний момент часу – це важливе джерело даних, підтверджуючих досягнення результатів діяльності підприємства. На підставі проведеного критичного аналізу методів оцінки стратегії вважаємо доцільним провести оцінку економічної стратегії за допомогою пакету нечіткої логіки «Fuzzy Logic Toolbox», що дозволить уникнути недоліків кількісних і якісних методів оцінки, та на підставі розрахунків з використанням програмного забезпечення своєчасно оцінити стратегію підприємства.

### **Список використаної літератури:**

1. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко – множественных описаний : Дис. д-ра экон. наук / Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов. – С-Петербург, 2003. – 280 с.
2. Саенсус М.А., Місько Г.А. «Управління економічною стратегією підприємства з використанням теорії нечітких множин». Вісник соціально-економічних досліджень. Збірник наукових праць ОДЕУ. Випуск № 38. – 2010.- с. 336-341
3. Саенсус М.А., Місько Г.А. «Використання теорії нечітких множин при виборі портфелю економічних стратегій підприємства харчової промисловості». Вісник соціально-економічних досліджень. Збірник наукових праць ОДЕУ. Випуск – 2010р.

## **2.9. ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ В МАРКЕТИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ**

**Вступ.** Складність систем, явищ та процесів маркетингу, як об'єктів досліджень, вимагає їх ретельного вивчення з метою з'ясування найважливіших функціональних залежностей, внутрішніх взаємозв'язків між їхніми елементами. У процесі застосування математичного моделювання та математичних методів в маркетингу чітка постановка задачі та її формалізація є найскладнішим та найважливішим етапом дослідження, вимагає ґрунтовних знань передусім економічної суті процесів, що моделюються. Не існує загальних рекомендацій для процесу моделювання, в кожному конкретному випадку вимоги до побудови математичної моделі залежать від цілей та умов системи, що підлягають подальшому дослідженню [1].

Застосуванню економіко-математичних методів та моделей в маркетингу присвячені роботи таких вчених, як: Л. Канторович, В. Давніс, Т. Данько, В. Лисогор, Ю. Маріщук, М. Лепа, Б. Грабовецький, А. Данильченко,

В. Христіановський, О. Карагодова, А. Зозульов, А. Старостіна, С. Ілляшенко, О. Яшкіна.

**Метою статті** є структуризація процесу економіко-математичного моделювання та систематизація економіко-математичних методів та моделей, що застосовуються в маркетингових дослідженнях та класів задач маркетингу, які розв'язуються за їх допомогою.

**Виклад основного матеріалу.**

Основними ознаками, за якими можна класифікувати економіко-математичні моделі є: цільове призначення; ступінь агрегування, спрямування; підхід до вивчення системи; характер інформації; характеристика математичного апарату, що застосовується в моделях [2]. Проаналізуємо послідовність етапів та їх зміст при економіко-математичному моделюванні (табл. 1).

Таблиця 1

Етапи економіко-математичного моделювання та їх зміст

Етап	Зміст та завдання етапу
1. Постановка економічної проблеми та її аналіз	Формулювання сутності проблеми, мети дослідження та його основних питань. Аналіз структури об'єкта дослідження, залежностей між його елементами. Визначення гіпотез, які пояснюють розвиток об'єкта досліджень.
2. Побудова математичної моделі	Формалізація економічної проблеми, представлення її у вигляді конкретних математичних залежностей і відношень. Визначення типу математичної моделі. Уточнення деталей структури моделі (перелік змінних, параметрів, визначення форми зв'язків між ними).

3. Математичний аналіз моделі	Визначення загальних властивостей моделі. Доведення існування рішень у сформованій моделі. Якщо аналітичними методами не вдається з'ясувати загальні властивості моделі, а спрощення моделі приводить до недопустимих результатів, то переходять до числових методів дослідження.
4. Підготовка та виведення інформації	Виконання підготовки інформації згідно до обраної моделі та її властивостей Виведення інформації за допомогою методів теорії ймовірностей, теоретичної і математичної статистики.
Етап	Зміст та завдання етапу
5. Числове розв'язання	Розробка алгоритмів для числового розв'язування задачі. Складання програм на ЕОМ або вибір пакету прикладних математичних програм, що містить дану математичну модель. Безпосереднє виконання розрахунків.
6. Аналіз числових результатів	Розв'язання питання про правильність і повноту результатів, про рівень їх практичного застосування. Перевірка коректності підходу до побудови моделі. Оцінка адекватності отриманої моделі.

Розглянемо найбільш поширені сучасні економіко-математичні методи моделювання відповідно до характеру й типу маркетингового завдання.

**Методи математичного програмування та дослідження операцій (лінійні та нелінійні моделі)** застосовують при плануванні оптимальних перевезень вантажів та формуванні збутової політики; для встановлення оптимального медіа-плану підприємства; підвищення ефективності управління товарними запасами; визначення корисності товарів (робіт, послуг); при розробці управлінських рішень.

**Евристичні моделі (методи індивідуальних та колективних експертних оцінок)** використовують для аналізу якості обслуговування споживачів; визначення нових напрямків розробки товарів; при оцінюванні іміджу підприємства; визначення найбільш привабливого постачальника; дослідження рейтингів об'єктів або процесів; оцінки конкурентного або внутрішнього середовища туристичного підприємства; визначення взаємозв'язку між рейтингами спеціалістів в області маркетингу та їх стажем роботи; ранжування товарів за споживчою привабливістю.

**Методи прогнозування** (кількісні та якісні, такі як метод експоненціального згладжування, метод екстраполяції на основі аналітичних показників; метод екстраполяції тренда та інші) застосовують для прогнозування потенційних споживачів; відсоткового зросту кількості одиниць, товарів (робіт, послуг), що реалізуються; розрахунку прогнозних оцінок попиту на продукцію; прогнозування чистого прибутку; визначення чинників сезонності та циклічності. Використовуються спеціальні методи прогнозування потреб і запитів споживачів, а саме: трендвотчінг - (від англ.trend – «тенденція», watching – «спостереження») означає діяльність, що спрямована на спостереження за новими тенденціями.

**Дисперсійний аналіз** використовують для визначення впливу рівня реклами та цін на обсяги продажів продукції (робіт, послуг); встановлення впливу рівня освіти та віку на здійснення купівлі певного виду товару (робіт, послуг).

**Кореляційно-регресійний аналіз** дозволяє встановити тісноту зв'язку між обсягами продажів товарів (робіт, послуг) та факторами впливу маркетингового середовища; визначити функціональну залежність між кількістю потенційних споживачів та чинниками впливу; проаналізувати найбільш

істотні чинники впливу маркетингового середовища на діяльність підприємства; сформувати характеристичний портрет споживачів; оцінити залежність обсягів продажів продукції від рекламних розсилок; визначити зв'язок між рівнем освіти та вибором товарів, між наявним доходом споживачів та способом пошуку привабливих товарів.

**Кластерний аналіз** є засобом вирішення завдань щодо здійснення сегментації ринків товарів чи послуг; класифікації споживачів; розбиття всієї сукупності ринків продукції на групи (наприклад, групу найбільш привабливих, групу перспективних та на безперспективних); визначення переваг споживачів на індивідуальному рівні; визначення потенційних можливостей для розміщення нових товарів.

**Факторний аналіз** використовують при визначенні характеристик торгівельної марки, що впливають на вибір споживачів; визначенні розбіжностей між лояльними та нелояльними споживачами; ідентифікації потенційних конкурентів підприємства; класифікації каналів збуту продукції; створенні карт споживацьких сприйнять.

**Імітаційне моделювання** застосовують при розробці альтернативних планів маркетингових заходів моделювання можливих станів розвитку зовнішнього середовища підприємства; встановленні оптимального розміщення торгівельних точок; при моделюванні ризиків маркетингової стратегії підприємства; прогнозуванні результатів проведення рекламної кампанії.

**Теорія масового обслуговування** займається моделюванням систем масового обслуговування (СМО) та дає можливість визначити оптимальну кількість торговельних точок даного профілю, чисельність продавців, частоту завезення товарів, інші параметри. Іншим характерним прикладом систем масового обслуговування можуть слугувати склади або бази постачальницько-збутових організацій; розрахунок площі складських приміщень, при цьому складська площа розглядається як обслуговуючий пристрій, а прибуття транспортних засобів на розвантаження — як вимога.

**Методи теорії гри** є засобом моделювання маркетингової стратегії підприємства; вибору оптимальної маркетингової

стратегії; прийняття маркетингових рішень в умовах невизначеності та ризику; моделювання обміну товарами в умовах невизначеності та ризику; моделювання поведінки споживачів продукції; аналіз ефективності розміщення реклами.

Аналіз літературних джерел та світової практики свідчить, що останнього часу в галузі маркетингових досліджень, найбільша увага приділяється запитам покупців для задоволення їх потреб на ринку інноваційних товарів.

До найбільш відомих моделей оцінки ринкової адекватності інноваційного товару (наскільки товар відповідає вимогам ринку і споживачів) належать модель Розенберга, яка базується на тому, що споживачі оцінюють товари з погляду їх придатності для задоволення своїх потреб. Модель ґрунтується на припущенні, що кожна характеристика бажана, й одночасно, чим вища оцінка, тим кращий результат:

$$A_i = \sum_{m=1}^n K_m X_{im}, \quad (1)$$

де  $A_i$  – оцінка ринкової адекватності  $j$ -го товару;

$K_m$  – вагові коефіцієнти  $m$ -ї характеристики;

$X_{im}$  – оцінка  $m$ -ї характеристики  $i$ -го товару.

Модель з ідеальною точкою враховує ідеальну величину характеристики попиту і дає уявлення про ідеальний, з погляду споживачів продукт. Останній варто замінити (віддати перевагу) іншим, якщо його відхилення від ідеальної точки менше. Формула має такий вигляд:

$$A_i = \sum_{m=1}^n K_m (X_{im} - Y_m)^k, \quad (2)$$

де  $Y_m$  – ідеальне значення  $m$ -ї характеристики;

$k=1$  – для товару постійної користі;

$k=2$  – для товару спадної користі (що перебуває на заключних етапах свого життєвого циклу);

$A_i, K_m, X_{im}$  – параметри, описані у формулі (1).

Слід зазначити, що сьогодні широкого розповсюдження у сфері маркетингу інновацій набули такі методи: сторітеллінг, краудсорсинг, метод Кано, маркетинговий евангелізм, модель freemium, testimonials, карта ринку, gamification та ін.

Вдало створена математична модель може надалі застосовуватись для розв'язування інших задач, які не мають відношення до ситуації, що моделювалась спочатку [3].

**Наприклад**, розглянемо стандартну модель методу лінійного програмування для розв'язання транспортної задачі (розподільчого типу).

Розглядається  $m$  пунктів виробництва та  $n$  пунктів споживання деякої однорідної продукції. Відомі обсяги виробництва продукції у кожному  $i$ -му пункті –  $a_i (i = \overline{1, m})$  та потреби кожного  $j$ -го пункту споживання –  $b_j (j = \overline{1, n})$ . Також задана матриця розмірністю  $m \times n$ , елементи якої  $c_{ij} (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n})$  є вартостями транспортування одиниці продукції з  $i$ -го пункту виробництва до  $j$ -го пункту споживання. Необхідно визначити оптимальні обсяги перевезень продукції  $X = x_{ij} (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n})$  з урахуванням наявності продукції у виробників та забезпечення вимог споживачів.

Критерій оптимальності: мінімальна сумарна вартість перевезень.

Позначимо через  $x_{ij}$  обсяг продукції, що перевозиться від  $i$ -го виробника до  $j$ -го споживача.

Можна вивезти від кожного виробника продукцію, що є в наявності. Тому для кожного  $i (i = \overline{1, m})$  має виконуватись умова:

$$x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} = a_i.$$

Забезпечення кожного споживача потрібною кількістю продукції дає наступна умова:

$$x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{mj} = b_j$$

для кожного  $j (j = \overline{1, n})$ . Загальна вартість перевезень є сумою добутків  $c_{ij}x_{ij} (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n})$ . Необхідно, щоб виконувалась умова





потреби кожної  $j$ -ої ділянки в обладнанні, що становлять  $b_j (j = \overline{1, n})$ , а також запаси обладнання кожного  $i$ -го виду —  $a_i (i = \overline{1, m})$ . Необхідно знайти оптимальний розподіл обладнання за виробничими ділянками, за якого сумарна продуктивність виробництва буде максимальною. Ця задача зводиться до транспортної за умови, що продуктивність лінійно залежить від кількості обладнання, що використовується.

Результати, отримані з використанням відповідної економіко-математичної моделі, не можуть бути єдиною підставою для прийняття певного рішення. Завжди існують істотні фактори, які не підлягають математичній формалізації, а тому не можна побудувати такі моделі, щоб отримати достатню й обґрунтовану інформацію для майбутнього способу дій [4]. Рішення за результатами маркетингових досліджень приймаються людиною, а числові розрахунки, якими б якісними вони не були, є лише підґрунтям цих рішень.

**Висновки.** Основна особливість моделювання полягає у тому, що воно являється методом опосередкованого пізнання за допомогою об'єктів-замісучачів. Саме ця особливість моделювання визначає специфічні форми використання абстракцій, аналогій, гіпотез, інших категорій і методів дослідження. Але слід пам'ятати, що будь-яка модель є лише спрощеним відображенням реальних подій і ситуацій, що складаються в системі.

Практичні завдання економіко-математичного моделювання містять аналіз маркетингових об'єктів та процесів, прогнозування їх розвитку, прийняття управлінських рішень для оптимізації процесу.

Таким чином, обґрунтоване і коректне застосування економіко-математичного моделювання в маркетингу дає змогу робити конкурентоспроможні, ринково адекватні товари, що забезпечують створення підприємством довгострокових конкурентних переваг на ринку.

### **Список використаної літератури:**

1. Калиниченко М. П. Оптимізаційні моделі прийняття маркетингових рішень/ Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка» – № 12, 2012
2. Петруня Ю.Є.Прийняття управлінських рішень: навч. посібник /Ю.Є.Петруня, В.Б.Говоруха, Б.В. Літовченко. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 216 с.
3. Пелешішин О. О. Математичне забезпечення прийняття рішення у маркетинговій діяльності підприємства / О. О. Пелешішин, Г. Г. Цегелик // Вісник Національного університету Львівська Політехніка. – 2011. –№698. – С. 250–254.

## РОЗДІЛ 3

### ІННОВАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БІЗНЕСІ І ОСВІТІ

#### **3.1. НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ВІДБОРУ ДОМІНАНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОЇ ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ**

Необхідність обґрунтування механізму розвитку системи внутрішньої торгівлі (СВТ) в Україні в умовах трансформації викликана недостатнім рівнем дослідження наукових і практичних проблем ученими, що, безперечно, не дозволяє підвищити ефективність розвитку системи та, відповідно – забезпечити розвиток галузі у цілому. Недостатність досліджень з цієї проблематики вимагає визначитися з найважливішими методологічними положеннями підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації, а саме – обґрунтувати основну ознаку та існуючий принцип, який може бути покладений в основу цього процесу. Відтак, необхідним є відбір домінант підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації.

Проте пошуком домінант підвищення ефективності розвитку системи внутрішньої торгівлі України присвячено мало уваги. Відсутність науково-обґрунтованих підходів до відбору домінант підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації призводить до того, що галузь не виконує своєї соціально-економічної функції на рівні національної економіки. З іншого боку, виникає парадоксальна ситуація, при якій, на відміну від домінантної ролі міжнародної торгівлі у процесі глобалізації на сучасному етапі, в Україні галузь не виконує такої ролі.

*Метою статті* є відбір, на основі обґрунтованих методичних положень і розробленої системи залежностей, домінант підвищення ефективності розвитку системи внутрішньої торгівлі України в умовах трансформації.

Для досягнення поставленої мети використано методи

моделювання та прогнозування з метою встановлення кореляційної залежності між чинниками та показниками, що впливають на зміну ефективності СВТ та розвиток внутрішньої торгівлі на двох рівнях національної економіки. При цьому, шляхом прогнозування показників до 2016 року, та на основі їх динаміки під час трансформаційних змін, відібрано саме ті, що викликають проблеми розвитку внутрішньої торгівлі у майбутньому та, відповідно – визначають необхідність відбору домінант підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації. Ключовим показником при цьому обрано той, що відображає досягнення тактичної мети в системі залежностей між чинниками та показниками для відбору домінант підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації на національному рівні – товарообіг.

Для здійснення прогнозування товарообігу та показників, які визначено в системі залежностей для національного рівня економіки, використано фактичні дані за минулі проміжки часу, на основі чого зроблено прогноз їх зміни до 2016 р. Таке прогнозування реалізовано на основі регресійних методів шляхом вивчення можливої залежності коливань залежної змінної «у» (товарообіг) від відповідних значень незалежної змінної «х» (показника системи залежностей), а саме – змінної часу. Тобто, здійснюється пояснення коливань товарообігу та інших показників тільки крізь зміну значень цього або цих показників у часі – в умовах трансформації. У разі виявлення відповідної тенденції змін фактичних значень, її можна використати для прогнозування майбутніх значень цього показника.

У результаті проведеного дослідження для найбільш точного опису фактичних даних товарообігу показників впливу на внутрішню торгівлю України здійснено відбір моделей з найвищим рівнем якості, які у більшості своїй мають тип поліноміальної моделі 2-го ступеню (1).

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 \quad (1)$$

В одиничних випадках для прогнозування часових рядів та намагання досягти найбільш оптимального опису даних було використано лінійну, логарифмічну та експоненціальну моделі.

Так, модель з найвищою якістю опису модифікації трендової компоненти товарообігу України, на основі якої було здійснено прогноз на подальші три роки, має наступну економічну інтерпретацію (табл. 1): з кожним наступним періодом товарообіг України в середньому збільшуватиметься на 230,8 млрд грн, при цьому спостерігається зниження темпу його росту за період на 6,6 млрд грн.

Таблиця 1

**Перелік оптимальних моделей, що мають найвищу якість опису тренду товарообігу та зовнішніх і внутрішніх показників для відбору домінант на національному рівні**

Назва показника, позначення	Вид моделі	Коефіцієнт детермінації R <sup>2</sup>
Товарообіг, млрд грн (Y)	$y = -6,558x^2 + 230,8x + 219,6$	0,946
Інвестиції в основний капітал, млн грн (X <sub>1</sub> )	$y = 27254e^{0,320x}$	0,700
Доходи населення, тис. грн (X <sub>2</sub> )	$y = 6593x^2 + 49930x + 94123$	0,993
Сукупні витрати в середньому за місяць у розрахунку на одне домогосподарство, грн (X <sub>3</sub> )	$y = 8,755x^2 + 224,4x + 264,7$	0,976
Кількість постійного населення, тис. осіб (X <sub>4</sub> )	$y = 15,38x^2 - 463,2x + 48691$	0,999
Економічно активне населення в середньому, тис. осіб (X <sub>5</sub> )	$y = -7,958x^2 + 76,22x + 22102$	0,700
Витрати населення на придбання товарів та послуг, грн (X <sub>6</sub> )	$y = 6149,6x^2 + 30668x + 97708$	0,991
Середня заробітна платня, грн (X <sub>7</sub> )	$y = 13,29x^2 + 112,5x + 192,0$	0,994
Кількість об'єктів торгівлі, тис. од. (X <sub>8</sub> )	$y = -0,593x^2 + 6,690x + 100,1$	0,132
Кількість магазинів роздрібною торгівлі, тис. од. (X <sub>9</sub> )	$y = -0,195x^2 + 0,827x + 74,51$	0,622
Кількість ринків з продажу продовольчих товарів, тис. од. (X <sub>10</sub> )	$y = -3,193x^2 + 15,23x + 2863$	0,957
Торгова площа товарних ринків, тис. м <sup>2</sup> (X <sub>12</sub> )	$y = -40,83x^2 + 392,1x + 13721$	0,953

Торгова площа магазинів роздрібно́ї торгівлі, тис. м <sup>2</sup> ( $X_{13}$ )	$y = 11,26x^2 + 233,7x + 5485,2$	0,966
--	----------------------------------	-------

Слід зазначити, коефіцієнт детермінації, що є коефіцієнтом множинної кореляції, зведеним у квадрат і який дає кількісну оцінку ступеню аналізованого зв'язку, вказує на високу якість побудови більшості моделей, значення якого коливається від 0,700 до 0,999.

Отже, значення коефіцієнту детермінації за показником товарообігу та чинниками впливу на внутрішню торгівлю України вказують на те, що в залежності від моделей і даних, що описуються 70,0-99,9% змін показників можна пояснити змінною часу, а інші 30,0-0,1% – впливом інших чинників. Частка варіації цих результативних ознак, що знаходиться під впливом часової змінної, має достатній рівень для розрахунку прогнозів показників внутрішньої торгівлі України.

На основі отриманих результатів прогнозування показників, відібрано «проблемні», негативна зміна яких у час трансформації дає можливість відібрати доміанти з урахуванням розробленої системи залежностей між чинниками та показниками для відбору домінант підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні на (рис. 1).

З урахуванням зміни внутрішніх показників підсистем можна відібрати доміанти-стимулятори, а з урахуванням зміни зовнішніх – доміанти-адаптори до трансформації зовнішнього середовища СВТ.

Для національного рівня такими є: інвестиції в основний капітал ( $X_1$ ), кількість постійного населення ( $X_4$ ), кількість економічно активного населення ( $X_5$ ), кількість об'єктів торгівлі ( $X_8$ ), кількість магазинів роздрібно́ї торгівлі ( $X_9$ ), кількість ринків з продажу продовольчих товарів ( $X_{10}$ ), кількість торгової площі товарних ринків ( $X_{12}$ ).

При встановленні «проблемних» показників було враховано як погіршення їх динаміки до 2013 р. (фактичне значення), так і погіршення за лінією тренду (прогнозне значення). Отже, на основі отриманих даних, на кожному рівні та для кожного з цих показників встановлено систему залежностей із чинниками для відбору домінант підвищення

ефективності розвитку СВТ.

Навіть при тому, що лінія тренду має позитивну динаміку, фактичне значення показника «рівень інвестування в основний капітал» ( $X_1$ ) із урахуванням суттєвого падіння у 2013 р. дає можливість визнати його проблемним. Виходячи зі встановленої системи залежностей (рис. 1), домінантами-стимуляторами для підвищення ефективності СВТ і поліпшення цього показника з метою збільшення товарообігу можна визнати такі чинники економічної підсистеми, як активізація інвестиційної політики підприємств ( $F_{23}$ ) з метою поліпшення їх матеріально-технічного стану ( $F_{24}$ ). Домінантами-адапторами у цьому випадку є такі чинники інституціонально-трансформаційної підсистеми, як удосконалення державної фінансової підтримки суб'єктів торгівлі ( $F_3$ ), спрощення доступності суб'єктів галузі до отримання «вигідних» кредитів ( $F_4$ ) та спрощення і пом'якшення системи оподаткування торгівлі ( $F_5$ ).

При тому, що негативна динаміка фактичного значення та лінії тренду двох показників соціальної підсистеми (кількість постійного населення ( $X_4$ ) та кількість економічно активного населення ( $X_5$ )) впливає на ефективність СВТ і розвиток галузі ззовні відносно системи, їх не можливо не враховувати, виходячи зі встановленої системи залежностей (рис. 1).

Так, для пом'якшення негативного впливу цих показників та, особливо – скорочення кількості економічно активного населення в Україні, з метою створення привабливості працевлаштування в підприємствах галузі для потенційно-кваліфікованої робочої сили, відповідно до системи залежностей (рис. 1) домінантами-адапторами можна визнати такі чинники інституціонально-трансформаційної підсистеми, як підвищення рівня ефективності менеджменту на підприємствах ( $F_7$ ), вдосконалення режиму їх роботи ( $F_9$ ), створення позитивного іміджу торговельних підприємств ( $F_{11}$ ) та продовження життєвого циклу їх інтенсивного (інноваційного) розвитку. У свою чергу, з цією ж метою домінантами-стимуляторами можна визнати такі чинники соціальної підсистеми, як підвищення кваліфікації персоналу ( $F_{13}$ ) та задоволення потреби підприємств у кадрах необхідної кваліфікації ( $F_{14}$ ), збільшення рівня оплати праці у галузі ( $F_{15}$ ),



підвищення рівня вмотивованості персоналу до якісного обслуговування споживачів і збільшення обсягу реалізації товару ( $F_{16}, F_{17}$ ).

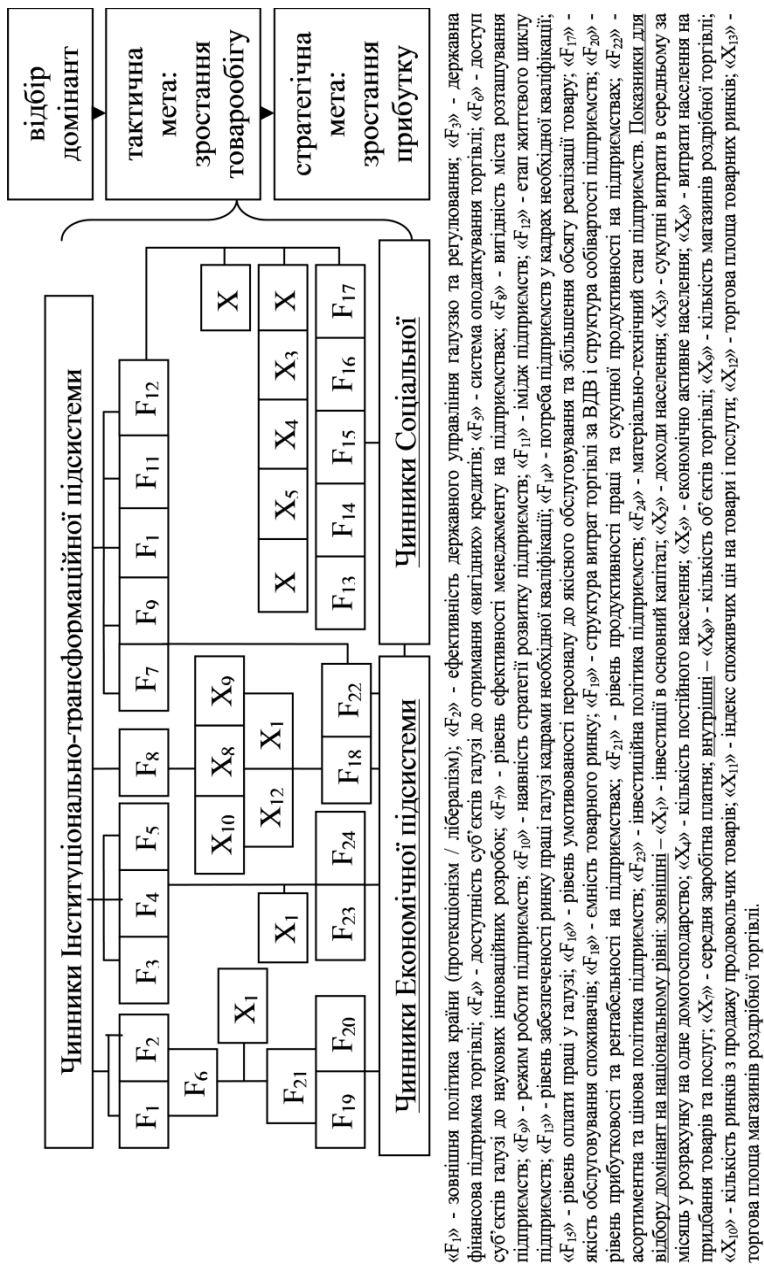


Рис. 1. Система залежностей між чинниками та показниками для відбору домінант

Але, найбільш проблемними для підвищення ефективності СВТ і розвитку галузі у цілому на національному рівні можна визнати такі внутрішні показники, що пов'язані з інституціонально-трансформаційною підсистемою СВТ, як зменшення як за фактичним, так і за прогнозним значенням кількості об'єктів торгівлі ( $X_8$ ), кількості магазинів роздрібною торгівлі ( $X_9$ ), кількості ринків з продажу продовольчих товарів ( $X_{10}$ ) та кількості торгової площі товарних ринків ( $X_{12}$ ).

Навіть при тому, що для таких показників, як кількість об'єктів торгівлі та кількість магазинів роздрібною торгівлі побудова прогнозів не відбувалася у зв'язку з неможливістю опису їх змін змінною часу, і значення коефіцієнту детермінації по таких моделях не досягало 0,700 (табл. 1), що свідчить про низьку ймовірність якості побудови моделей та очікування подій, які б передбачалися створеними на їх основі прогнозами, динаміка фактичного значення цих показників дозволяє визнати їх проблемними. При нестабільній, але, переважно негативній динаміці з перемінною лінією падіння тренду за загальною кількістю об'єктів торгівлі в Україні, як сама кількість, так і лінія тренду за показником кількості магазинів роздрібною торгівлі в Україні має стійке падіння з 2004 р. Отже, ці показники є проблемними за фактичними даними, а лінія тренду вказує на вірогідність їх погіршення у майбутньому.

Ще більш проблемними є показники кількості ринків з продажу продовольчих товарів ( $X_{10}$ ) та кількості торгової площі товарних ринків ( $X_{12}$ ). Віднесення цих показників до проблемних не може викликати сумнівів, виходячи не тільки з фактичних значень щодо їх погіршення, так і з лінії тренду, що вказує на велику вірогідність їх погіршення у майбутньому з урахуванням її високої точності прогнозування (значення « $R^2$ » дорівнюють відповідно 0,957 і 0,953).

Отже, для всіх чотирьох показників, відповідно з системою залежностей (рис. 1) домінантами-стимуляторами можна визнати такі чинники інституціонально-трансформаційної підсистеми, як вигідність міста розташування підприємств ( $F_8$ ), рівень ефективності менеджменту на підприємствах ( $F_7$ ), режим

їх роботи ( $F_9$ ), наявність стратегії розвитку ( $F_{10}$ ), імідж ( $F_{11}$ ) та етап життєвого циклу підприємств ( $F_{12}$ ), що, у сукупності, формує такі чинники економічної підсистеми, як ємність товарного ринку ( $F_{18}$ ) та визначає асортиментну та цінову політику торговельних підприємств ( $F_{22}$ ). Домінантами-адапторами визнано такі чинники економічної підсистеми, як ємність товарного ринку ( $F_{18}$ ) та асортиментна і цінову політику торговельних підприємств ( $F_{22}$ ).

Відтак, на основі прогнозування з урахуванням негативної динаміки прогнозованих показників, які стримують зростання товарообігу на національному рівні, та з урахуванням система залежностей між ними та чинниками, домінанти підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації на національному рівні представлено у табл. 2.

Таблиця 2

**Домінанти підвищення ефективності розвитку СВТ України в умовах трансформації на національному рівні**

Показник / підсистема	Домінанти-стимулятори (підсистема СВТ)	Домінанти-адаптори (підсистема СВТ)
$X_1$ / економічна	активізація інвестиційної політики підприємств; поліпшення матеріально-технічного стану підприємств (економічна)	удосконалення державної фінансової підтримки суб'єктів торгівлі; спрощення доступності суб'єктів галузі до отримання «вигідних» кредитів; спрощення і пом'якшення системи оподаткування торгівлі (інституціонально-трансформаційна)
$X_4$ та $X_5$ / соціальна	підвищення кваліфікації персоналу; задоволення потреби підприємств у кадрах необхідної кваліфікації; збільшення рівня оплати праці у галузі; підвищення рівня вмотивованості персоналу до якісного обслуговування споживачів і збільшення обсягу реалізації товару (соціальна)	підвищення рівня ефективності менеджменту на підприємствах; вдосконалення режиму роботи підприємств; створення позитивного іміджу підприємств; продовження життєвого циклу інтенсивного (інноваційного) розвитку підприємств (інституціонально-трансформаційна)
$X_8, X_9, X_{10}, X_{12}$ / інституціонально-трансформаційна	вигідність міста розташування підприємств (розвиток торговельної інфраструктури); підвищення рівня ефективності менеджменту на підприємствах; вдосконалення режиму роботи підприємств; удосконалення стратегій розвитку підпри-	розширення ємності товарного ринку; вдосконалення асортиментної та цінової політики підприємств (економічна)

	смств; створення позитивного іміджу підприємств; продовження життєвого циклу інтенсивного (інноваційного) розвитку підприємств (інституціонально-трансформаційна)	
--	---	--

Очевидно, що доміанти-стимулятори визначаються з чинників тієї підсистеми СВТ, у якій проявляється проблемний показник. У той же час, для показників економічної та соціальної підсистеми доміантами-адапторами визнано чинники інституціонально-трансформаційної підсистеми, що визначає її пріоритетне значення в СВТ. При цьому, визначені доміанти дозволяють не тільки досягти тактичної мети (збільшити товарообіг), але й повинні бути закладеними в основу стратегічного розвитку СВТ у більш пізніх періодах з метою забезпечення зростання прибутку – тобто визначати стратегічні пріоритети її розвитку.

Отже, на основі проведених досліджень щодо відбору доміант підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації на національному рівні економіки, можна дійти наступних висновків:

для відбору доміант підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації використовується система залежностей між чинниками та показниками за кожною з підсистем;

головною ідеєю при відборі доміант-адапторів є пристосування до зміни чинників та (або) показників, у той час, як при відборі доміант-стимуляторів – розвиток мотивації персоналу до поліпшення чинників та (або) показників із метою підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації на національному рівні;

на основі обґрунтованих методичних положень і розробленої системи залежностей відібрано доміанти-стимулятори та доміанти-адаптори для підвищення ефективності розвитку СВТ в Україні в умовах трансформації для національного рівня шляхом моделювання та прогнозування.

Визначені доміанти дозволяють досягти тактичної мети підвищення ефективності розвитку СВТ – збільшити

товарообіг на кожному рівні. У той же час, домінанти повинні бути закладеними в основу стратегічного розвитку СВТ у більш пізніх періодах із метою забезпечення зростання прибутку. Це зумовлює необхідність більш докладного висвітлення концептуальних підходів до розвитку СВТ в умовах трансформації у довгостроковому періоді з метою визначення стратегічних пріоритетів забезпечення ефективності системи на інтенсивній (інноваційній) основі задля розвитку внутрішньої торгівлі у цілому.

### **3.2. ВІДКРИТІСТЬ ЕКОНОМІКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

Анотація. Вивчаючи поняття стратегії, як інструменту формування та реалізації сталого розвитку економічних систем, перед нами постає важливе наукове завдання: визначити множину економічних показників, що характеризує рівень відкритості та взаємодії між економічними системами; провести їхню уточнюючу класифікацію; визначити роль відкритості економічної системи регіонального рівня у формуванні стратегії її сталого розвитку.

Будь-який процес управління економічною системою повинний обов'язково спиратись на наявні зворотні зв'язки та середовище, в якому функціонує система. З робіт [1-3] відомо, що за типом взаємодії із зовнішнім середовищем існує два основних різновидів систем: це закриті та відкриті системи. В тому числі, така класифікація систем має місце й для економічних систем різного рівня.

Закриті економічні системи, окрім фіксованих меж, характеризуються повною відсутністю взаємодії з зовнішнім середовищем. Всі їхні дії є повністю незалежними й спрямовані на особистий внутрішній розвиток. Внаслідок цього, закриті економічні системи вимушені бути самодостатніми за всіма аспектами своєї життєдіяльності.

На відміну від цього, відкриті економічні системи тісно взаємодіють із зовнішнім середовищем, є інтегрованими до

процесів вільного ресурсообігу. Їхні межі на макрорівні також є фіксованими за географічною ознакою, але не за економічною суттю. Відкриті системи не є самодостатніми, крім того, вони постійно вимушені адаптуватись до змін зовнішнього оточення. Наслідком відкритості провідних економік світу, є суцільна глобалізація, що передбачає ліквідацію штучних бар'єрів на шляху розповсюдження товарів та послуг, а також ресурсів та капіталу.

Характеризуючи рівень економічного розвитку на прикладах різних економік світу [2, 3], як закритих, так і відкритих, автори зазначають, що в класичному розумінні повністю відкритих, або закритих економічних систем державного рівня не існує, оскільки, по-перше, повністю ізольованих держав не існує, а по-друге, на державному рівні завжди присутнє бажання захистити свій внутрішній ринок від негативної зовнішньої кон'юнктури, в разі її прояву.

В статистичній практиці використовуються показники, що по-перше, оцінюють обсяги міжнародних торговельних відносин, включаючи товари та послуги, по-друге – що відображають рух капіталу, в тому числі інвестиційного.

До першої групи показників, що визначають рівень відкритості національних економік за рахунок міжнародних торговельних відносин, належать:

1. Частка експорту в обсязі ВВП (експортна квота) – характеризує значимість експорту для економіки країни в цілому; може розраховуватись як за економікою країни в цілому, так і за окремими галузями.

$$K_E = \frac{E}{ВВП}, \quad (1)$$

де  $E$  – обсяг експорту за звітний період;  $ВВП$  – обсяг валового внутрішнього продукту за звітний період.

Вважається, що якщо експортна квота не перевищує 10% ( $K_E < 0,1$ ), то рівень відкритості економіки за даним показником є помірним (слабким). Для економіки, експортна квота якої знаходиться в межах  $0,1 \leq K_E < 0,3$  рівень відкритості є прийнятним. Значення експортної квоти, яке перевищує 30% ( $K_E \geq 0,3$ ) вважається високим. В загальному

випадку, чим більше значення приймає даний показник, тим більшою мірою національна економіка є інтегрованою в систему світового господарства за рахунок експортування конкурентоздатної продукції, товарів та послуг.

2. Частка імпорту в обсязі ВВП (імпортна квота) – характеризує значимість імпорту для економіки країни (кінцеве споживання, виробництво тощо), залежність економічної системи від зовнішніх факторів.

$$K_I = \frac{I}{ВВП}, \quad (2)$$

де  $I$  – обсяг імпорту за звітний період.

Градація імпоротної квоти за рівнем значущості така сама, як і в експортній квоті:  $K_I < 0,1$  – рівень відкритості економіки за даним показником є помірним;  $0,1 \leq K_I < 0,3$  – прийнятним;  $K_I \geq 0,3$  – високим. Відомо, що вона є високою переважно у країнах, що розвиваються та помірною, або прийнятною у розвинутих країнах.

3. Зовнішньо торгівельний оборот ( $ЗТО$ ) – це сума обсягу експорту та імпорту за поточний період; відповідно, сальдо зовнішньо торгівельного обороту ( $С_{ЗТО}$ ) – це різниця між обсягами експорту та імпорту:

$$ЗТО = E + I; \quad С_{ЗТО} = E - I, \quad (3)$$

4. Зовнішньо торгівельна квота у ВВП – залежить від зовнішньо-торгівельного обороту та характеризує масштабність зв'язків та залежність національної економіки від світового ринку:

$$K_{ЗТ} = \frac{ЗТО}{ВВП} = K_E + K_I, \quad (4)$$



В статистичній практиці Державного комітету статистики України цей коефіцієнт носить назву показника відкритості економіки.

6. Коефіцієнт міжнародної спеціалізації – ще один показник, який характеризує активність країни в міжнародній торгівлі і розраховується як відношення сальдо зовнішньо торгівельного обороту до самого зовнішньо торгівельного обороту.

$$K_{MC} = \frac{E - I}{E + I} = \frac{C_{ЗТО}}{ЗТО}, \quad (5)$$

Коефіцієнт міжнародної спеціалізації може приймати значення в межах  $K_{MC} \in [-1; +1]$ . Значення -1 притаманне виключно імпортуючій країні, де обсяг експорту дорівнює нулю. І навпаки, значення +1 свідчить про виключно експортуючий характер зовнішньо торгівельних зв'язків. Збалансованим міжнародним торгівельним зв'язкам відповідає рівень коефіцієнта спеціалізації, близький до нуля.

До другої групи показників, що визначають рівень відкритості економік за рахунок руху капіталу належать наступні:

1. Обсяг прямих іноземних інвестицій нашої країни за кордоном та їхня частка, по відношенню до ВВП; обсяг прямих іноземних інвестицій інших країн на територію нашої країни; співвідношення між цими показниками.

2. Частка іноземних інвестицій, по відношенню до внутрішніх інвестицій.

3. Показник міжнародного руху капіталу, що відображає обсяг прямих іноземних інвестицій в розрахунку на одного проживаючого.

4. Обсяг зовнішнього боргу та його відношення до ВВП країни.

Наступним етапом дослідження є проведення уточнюючої класифікації економічних систем національного рівня за ознаками взаємодії з іншими аналогічними системами. На сьогоднішній день існує два підходи до такої класифікації.

Перший підхід до класифікації економік національного рівня базується на ступені їхньої інтегрованості до світових ринків, в тому числі до ринків капіталу, де будь-який суб'єкт господарювання має право здійснювати експортно-імпор্তні операції. Методологічною основою для вимірювання рівнів таких інтеграційних процесів виступає наведена вище перша та друга групи відповідних показників.

Відповідно до першого підходу, розрізняють три види національних економік за ступенем їхньої відкритості:

1. Закрита економіка;
2. Мала відкрита економіка;
3. Велика відкрита економіка.

Закрита економіка характеризується таким станом, коли всі економічні процеси відбуваються виключно в межах країни; міжнародний розподіл праці, експорт та імпорть відсутні; доступ до зовнішніх ринків капіталу практично обмежений, а всі фінансові розрахунки здійснюються виключно в національній валюті; зовнішньоекономічна політика має виключно обмежувальний характер.

Завдяки цьому, розвиток закритої економіки визначається виключно внутрішніми тенденціями та не залежить від зовнішнього світу. Відоме макроекономічне рівняння з обчислення валового національного продукту за витратами в умовах закритої економіки набуває вигляду:

$$ВНП = C + I + G, \quad (6)$$

де *ВНП* – обсяг валового національного продукту за звітний період; *C* – обсяг особистого споживання протягом звітного періоду; *I* – обсяг внутрішніх інвестицій за звітний період; *G* – державні видатки звітного періоду тощо.

Відповідно, відкрита економіка, як мала, так і велика, описується наступним макроекономічним рівнянням для розрахунку валового національного продукту за видатками:

$$ВНП = C + I + G + Xn, \quad (7)$$

де *Xn* – обсяг чистого експорту, що дорівнює різниці між обсягами експорту та імпорту за звітний період.

Мала відкрита економіка представляє собою економіку невеликої країни та характеризується:

- незначною часткою зовнішньо торгівельного обороту у світовій торгівлі, а отже, обмеженим впливом на світовий ринок;

- будь-які перепони на шляху руху капіталу відсутні, тобто, встановлюється режим абсолютної мобільності капіталу;

- залежністю від світових відсоткових ставок на ринку капіталу тощо.

Велика відкрита економіка, в свою чергу, представляє собою економіку великої країни, для якої виконуються умови:

- частка зовнішньо торгівельного обороту у світовій торгівлі є настільки вагомою, що здатна впливати на формування самого ринку;

- будь-які перепони на шляху руху капіталу відсутні так само, як й для випадку малої відкритої економіки;

- частка світових заощаджень та інвестицій є настільки вагомими, що вони мають безпосередній вплив на світову відсоткову ставку на ринку капіталу;

- економічні процеси, що відбуваються на внутрішньому ринку, також мають вплив на світовий ринок.

Отже, між малою та великою відкритими економіками є спільні риси та відмінності:

- за рівнем відкритості, як мала так і велика відкриті економіки можуть бути помірною, прийнятною, або високою;

- велика відкрита економіка, підтримуючи активні міжнародні зв'язки різного характеру, має можливість впливати на формування світового ринку; встановлення, або зміну рівноважного стану на ньому. Це стає можливим великим обсягам валового національного продукту, що виробляється в таких країнах, у світовому вимірі;

- мала відкрита економіка також є тісно інтегрованою в систему міжнародних зв'язків, проте, не може впливати на формування світових ринків, а вимушена завжди пристосовуватись до зовнішньої кон'юнктури.

Узагальнюючи розглянутий підхід до класифікації економік національного рівня, можна побудувати наступну порівняльну таблицю 1.

Таблиця 1

Класифікація економік за ступенем відкритості на основі інтегрованості до світових ринків та показники її оцінки

Класифікація економік за рівнем відкритості	Критерії відкритості економіки	
	Участь у міжнародній торгівлі	Участь у міжнародному русі капіталу
Закрита економіка	Відсутня	Відсутня
Мала відкрита економіка	<p>Рівень відкритості:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- помірний;</li> <li>- прийнятний;</li> <li>- високий.</li> </ul> <p>Показники:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- експортна квота;</li> <li>- імпортна квота;</li> <li>- зовнішньо торгівельний оборот;</li> <li>- зовнішньо торгівельна квота;</li> </ul>	<p>Показники:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обсяг прямих іноземних інвестицій за кордон та їхня частка, по відношенню до ВВП;</li> <li>- обсяг прямих іноземних інвестицій з за кордону;</li> <li>- частка іноземних інвестицій, по відношенню до внутрішніх інвестицій;</li> </ul>
Велика відкрита економіка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- частка імпорту у споживанні;</li> <li>- коефіцієнт міжнародної спеціалізації;</li> <li>- коефіцієнти еластичності</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обсяг прямих іноземних інвестицій в розрахунку на одного проживаючого;</li> <li>- обсяг зовнішнього боргу та його відношення до ВВП країни</li> </ul>

Другий підхід до класифікації відкритості економік національного рівня базується на умовах міжнародної взаємодії, який встановлюється та регулюється державою. Автори цього підходу виходять з того, що на практиці досконала мобільність товарообігу та капіталу на міжнародному рівні зустрічається дуже рідко, навіть для розвинутих ринкових економік. Будь-яка країна, бажаючи

захистити внутрішній ринок та створюючи преференції вітчизняним товаровиробникам, накладає обмеження, що перешкоджають вільному руху логістичних та фінансових потоків. Тобто, розглядається перш за все інструментарій, який забезпечує відповідний режим міжнародних зв'язків.

Отже, в рамках другого підходу до класифікації відкритості економік розрізняють:

1. Мала відкрита економіка з досконалою мобільністю капіталу. В даному випадку передбачається, що ніяких обмежень, які б ускладнювали вільний перелив капіталу з однієї країни в іншу, не існує. Тому, ставка відсотку в країні, що характеризує ціну позикового капіталу, встановлюється на рівні світової.

В свою чергу, світова ставка відсотку – це рівноважна ціна позикового капіталу на світовому ринку, що встановлюється на основі збалансованості світового попиту на інвестиційний капітал та світових заощаджень.

2. Мала відкрита економіка з недосконалою мобільністю капіталу. Дослідники зазначають, що значний вплив рівня внутрішніх заощаджень та інвестиційної активності великої відкритої економіки не завжди можуть призводити до вирівнювання ставки відсотку в такій країні та світової ставки відсотку, навіть за умов вільного переливу капіталу між ними. Таким чином, з точки зору економіко-математичного моделювання, аналіз процесів великої відкритої економіки з вільним переливом капіталу є ідентичним з процесами, що відбувається в малій відкритій економіці з обмеженим переливом капіталу.

### **Список використаної літератури:**

1. Мірошніченко Т.С. Основні поняття стійкості економічного розвитку // Т.С. Мірошніченко. – Ек. вісник Донбасу. – №3(25), 2011. – 37-41 С.
2. Кочкаров А.А. Управление безопасностью и стойкостью сложных систем в условиях внешних воздействий / А.А. Кочкаров, Г.Г. Малинецкий // Проблемы управления. – 2005. – № 5. – С. 70–76.

3. Клебанова Т.С. Математические модели трансформационной экономики / Т.С. Клебанова, Е.В. Раевнева. – Харьков : ИНЖЭК, 2004. – 280 с.

### **3.3. ПРОРИВНІ ІННОВАЦІЇ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ГЛОБАЛЬНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ**

**Постанова проблеми.** Розвиток сучасної міжнародної економіки свідчить про зростання ролі інноваційної складової економік країн світу в умовах всеохоплюючої глобалізації. Головними суб'єктами світових ринків виступають ТНК, які розширюють сферу своєї діяльності, сприяють трансферу капіталу у високотехнологічні галузі економіки.

Компанії розвинених країн та країн, які розвиваються, створюють нові ринки високих технологій, розвивають науково-технологічний обмін як безальтернативний фактор міжнародних конкурентних переваг. За цих умов для країн з перехідною економікою, до яких належить й Україна, необхідно мати власну інноваційну стратегію.

Залежність України від імпорту, значні обсяги якого обумовлюють відтік з економіки країни ресурсів в інтересах інвестування країн-імпортерів своїх товарів в Україну, обумовлюють неможливість створення нових робочих місць, необхідних для забезпечення повної зайнятості та сприяння інноваційному розвитку економіки України. Проте розвиток країни, як високотехнологічної держави, неможливий без впровадження та використання проривних сучасних інновацій.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблемам інноваційного розвитку економіки присвячено дуже багато робіт багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених. Великий внесок у вивчення даної проблеми зробили наступні українські вчені: Л.І. Федулова [1], В.М. Гесць [2], С.С. Арутюнян [3], Н.В. Данік [4], А.В. Ключник [5] та інші. Більшість з них вважають, що саме від активності державної підтримки залежить інноваційний розвиток економіки України. Однак

розробка напрямів інноваційного розвитку економіки в контексті глобальної корпоративної конкурентоспроможності залишається актуальною.

**Мета дослідження** полягає у визначенні ролі проривних інновацій для забезпечення глобальної корпоративної конкурентоспроможності.

**Результати дослідження.** Економіка сучасних розвинених країн характеризується домінуванням високотехнологічних галузей та сфери послуг у структурі. Локомотивом зростання та конкурентоспроможності є інновації, які «пронизують» усі сфери економіки. Впровадження у виробництво та повсякденне життя проривних інновацій відкриває перспективи для вирішення економічних і соціальних проблем. Як зазначає А. Гальчинський, «знання, як і інформація, перетворюються на безпосередньо продуктивну силу, основний лімітуючий ресурс відтворювального процесу, визначальний фактор економічного зростання і розвитку» [6, с. 125].

Закон України «Про інноваційну діяльність» [7] тлумачить термін «інновації», як «новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентоздатні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери».

Даний закон визначає інновації як результат або продукт діяльності різних сфер соціально-економічного середовища. Проте в законі не розкривається глибинна сутність цього поняття.

Так, інновації відрізняються між собою за сутністю. Тобто інноваціями є як фундаментальні прориви в різноманітних сферах науки, так і створення примітивного апарату, який на певному етапі технологічного циклу спрощує процес виробництва.

В. Новицький розділяє інновації на дві великі групи:

«базові (проривні) інновації, які пов'язані з фундаментальними проривами в науково-технічній сфері і змінюють параметри конкурентної боротьби, істотно

покращуючи якість виробничого процесу в сферах діяльності технологічних лідерів або навіть монополістів;

адаптивні, ситуативно-виробничі інновації, які підвищують ефективність господарювання і типовимидля них як «техногенні» і сприяючі конкурентній успішності на різних рівнях» [8, с. 47].

В межах даного дослідження сконцентровано увагу на проривних інноваціях як обов'язковому факторі забезпечення глобальної корпоративної конкурентоспроможності. На них припадає приблизно 14% загальної кількості інновацій. Але віддача від них дуже значна. Вони приносять майже третину прибутку, одержуваного від інноваційної діяльності. Проте дані цифри не відображають всієї ролі проривних інновацій. Вони є фактором наступних поліпшень, пристосувань доокремих груп споживачів та інших модернізацій; саме проривні інновації надалі застосовуються в інших галузях. Без даних інновацій науково-технічний прогрес був би неможливим або здійснювався дуже повільними темпами.

Важливо відмітити, що сучасний світовий ринок знань характеризується такими тенденціями:

глобалізації (глобальне застосування знань, створених в окремих країнах; глобалізація наукових досліджень і створення технологій; створення глобального інформаційного простору; розширення міжнародного науково-технічного співробітництва);

прискорення обміну інформації після реєстрації прав на об'єкти інтелектуальної власності, посилення комерціалізації науки);

скорочення тривалості трансферу знань (скорочення життєвого циклу знань, прискорення процесу трансферу знань);

посилення взаємодії організацій (зростання ролі ТНК у трансфері знань, посилення взаємозв'язку між учасниками трансферу знань);

посилення технонаціоналізму (проведення протекціоністської політики, зростання внутрішнього обороту результатів інтелектуальної діяльності в кожній країні) [9, с. 90].



Сучасні розвинені країни, а саме країни Європейського союзу дуже багато уваги приділяють розвитку економіки на основі запровадження проривних інновацій, які визначено об'єктивним чинником конкурентоспроможності в глобальному світі.

Важливу роль зіграв документ, виданий в 1995 році - «Зелена книга інновацій» (Green Paper on Innovation). Основна ідея цього документа полягає в тому, європейські країни, які мають виключно високий науковий потенціал, слабо реалізують його в нових продуктах, особливо у сфері високих технологій. У документі підкреслюється необхідність переміщення акценту в науково-технологічному розвитку із сфери генерації знань в сферу їх застосування.

У «Зеленій книзі» сформульовані необхідні напрями діяльності та сформований «Перший план дій з розвитку інновацій в Європі» (First Action Plan for Innovation in Europe), де визначено три вектори інноваційного розвитку і відповідні механізми, як на рівні Співтовариства, так і на рівні окремих членів ЄС:

формування інноваційної культури (освітата підвищення кваліфікації у сфері інновацій та трансферу знань, розвиток мобільності дослідників, підвищення значущості організаційних і соціальних інновацій, просування інновацій в державному секторі та урядових організаціях);

створення середовища, що сприятиме інноваційній діяльності (вдосконалення прав інтелектуальної власності, регулювання патентного законодавства, податкових пільг, зниження бар'єрів розвитку інноваційного підприємництва, полегшення доступу до фінансів);

орієнтація наукових досліджень на інновації (вдосконалення прогнозування і планування наукових досліджень, інтенсифікація взаємодії вузів, НДІ і підприємств, сприяння інноваційній активності малих і середніх підприємств) [10].

В даному руслі Європейською комісією розроблено стратегію «Європа 2020. Європейська стратегія інтелектуального, стабільного та продуктивного зростання»

(Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth) [11].

Дану стратегією визначено такі пріоритетні напрями:  
інтелектуальне зростання: розвиток економіки, що базується на знаннях та інноваціях;

стабільне зростання: стимулювання використання ресурсозберігаючих та екологічно чистих технологій;

продуктивне зростання: прискорення розвитку високозайнятої економіки, досягнення територіальної та соціальної єдності.

Запропоновано проаналізувати інноваційну діяльність підприємств України (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл підприємств, що займалися інноваційною діяльністю в 2013 р., за джерелами фінансування\*

Джерела фінансування інноваційної діяльності / кількість підприємств	Всього, од.	Питома вага, %
Загальна кількість підприємств, що займалися інноваційною діяльністю, у тому числі за рахунок:	1152	100
власних коштів	1043	90,5
держбюджету	23	2,0
місцевих бюджетів	17	1,5
позабюджетних фондів	2	0,2
вітчизняних інвесторів	12	1,0
іноземних інвесторів	11	1,0
Кредитів	36	3,1
інших джерел	8	0,7

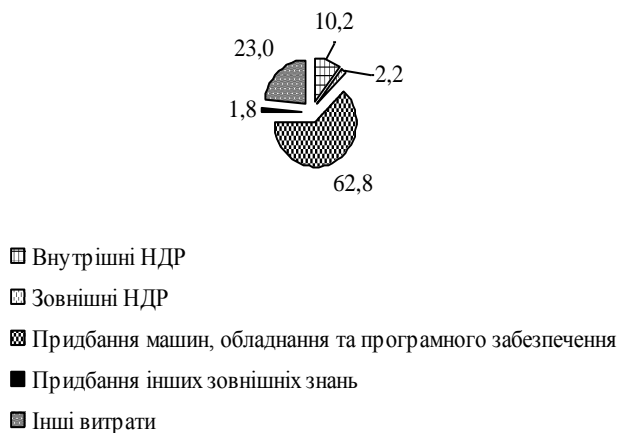
\*Складено автором на основі: [12, с. 205].

Більше 70% українських підприємств займалися інноваційною діяльністю за рахунок власних коштів; біля 3% - за рахунок держбюджету та місцевих бюджетів; 2% - за

рахунок кредитів; трохи більше 1% - за рахунок вітчизняних та іноземних інвесторів.

Такий розподіл підприємств, що займаються інноваційною діяльністю, за джерелами фінансування свідчить про незацікавленість вітчизняних та іноземних інвесторів у фінансуванні даних підприємств. Це обумовлює необхідність розробки комплексу заходів щодо стимулювання надходження капіталу для активізації інноваційної діяльності українських підприємств.

Запропоновано зупинити увагу на розподілі українських підприємств за видами інновацій (рис. 1):



**Рис. 1. Інноваційна діяльність українських підприємств в 2013 р., %\***

\*Складено автором на основі: [12, с. 196].

Судячи з наведеної діаграми, найбільша частина українських підприємств, що займаються інноваційною діяльністю (62,8%), набувають інновації ззовні у вигляді машин, обладнання та програмного забезпечення; 10,2% - проводять внутрішні НДР; лише 2,2% - проводять зовнішні НДР.

Дана структура розподілу українських підприємств за видами інновацій обумовлює необхідність налагодження зв'язків між українськими підприємствами та науковими

організаціями й університетами, які є головними генераторами інновацій.

**Висновки та пропозиції.** Сучасна ринкова економіка і науково-технічний прогрес змінюють соціальні, економічні, технологічні, організаційні та екологічні умови, які визначають стабільність, конкурентоспроможність та ефективність національної економіки, життєвий рівень населення країни. В той же час всеохоплююча глобалізація прискорює темпи науково-технічного прогресу та розширює масштаби використання його результатів. Визначено, що в даних умовах розвитку окремо взятої країни та світового господарства в цілому в контексті глобалізації для підвищення рівня корпоративної конкурентоспроможності проривні інновації відіграють дуже важливу роль. Проаналізовано розподіл українських підприємств за видами інновацій і визначено, що найбільшу їхню частку складають машини, обладнання та програмне забезпечення, які підприємства купують на міжнародному ринку. Частка проривних інновацій складає приблизно 10 %, що є негативним фактором для української економіки, тому що, як було визначено, проривні інновації є фактом підвищення корпоративної конкурентоспроможності економіки країни.

#### **Список використаної літератури:**

1. Федулова Л. Концептуальні модель інноваційної стратегії України / Л. Федулова // Економіка і прогнозування. – 2012. – № 1. – С. 87-100.
2. Геєць В.М. Суспільство, держава, економіка: феноменологія взаємодії та розвитку / В.М. Геєць // НАН України, Ін - т екон. та прогноз. – К., 2009. – 864 с.
3. Арутюнян С.С. Інноваційна складова нової моделі економічного розвитку України у посткризовий період / С.С. Арутюнян, Р.Р. Арутюнян // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2010. – № 691. – С. 253–257.
4. Данік Н.В. Інноваційний розвиток економіки України / Н.В. Данік // Всеукраїнський науково-виробничий журнал Інноваційна економіка – 2012. – № 2 (28). – С. 36-39.

5. Ключник А.В. Організаційно-економічне забезпечення залучення іноземних інвестицій в аграрний сектор економіки Миколаївської області / А.В. Ключник, М.Д. Бабенко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2008. – вип. 1. – С. 31-37.
6. Гальчинський А. С. Глобальні трансформації: концептуальні альтернативи: Методологічні аспекти / А. С. Гальчинський / Ін-т стратегічних оцінок. – К.: Либідь, 2006. – 310 с.
7. Закон України «Про інноваційну діяльність» від 4.07.2002 р. № 40 – IV / Відомості Верховної Ради України. – 2002. – N 36. – Ст. 266.
8. Новицкий В. Императивы инновационного развития / В. Новицкий // Экономика Украины. – 2007. – № 2. – С. 45 – 52.
9. Лимарь В. В. Интеллектуальная рента в современной мировой экономике / В. В. Лимарь // Современный научный вестник. Серия: экономика. - 2010. № 3 (85). - С. 89 – 93.
10. Investing in research: an action plan for Europe. Communication from the Commission. Commission of the European Communities. Brussels, 2003 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://cloegaqui.free.fr/cloeg\\_Downloads/EU.pdf](http://cloegaqui.free.fr/cloeg_Downloads/EU.pdf).
11. Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Communication from the Commission. Commission of the European Communities. Brussels, 2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://eunec.vlor.be/detail\\_bestanden/doc014%20Europe%202020.pdf](http://eunec.vlor.be/detail_bestanden/doc014%20Europe%202020.pdf).
12. Наукова та інноваційна діяльність в Україні [за 2013 рік]: Статистичний збірник. – К.: ДП «Інформаційно- видавничий центр України», 2014. – 282 с.

### **3.4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ АРХІТЕКТУРОЮ ПІДПРИЄМСТВА**

**Анотація:** Розглянуто роботи з керування архітектурою підприємства, що потребують автоматизованої підтримки. Описано склад основних програмних засобів. Встановлено вимоги до них. Проаналізовано інформаційні зв'язки.

**Постановка проблеми.** Архітектура підприємства – це актуальна концепція, формування якої поки що не завершено. Нині тривають численні розробки та дослідження. Планування, проектування, розробка, використання, оцінювання та керування архітектурою підприємства та взаємопов'язані з цим процеси потребують інтегрованої автоматизованої підтримки, але комплексно це питання не було досліджено.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання архітектури підприємства, методологіям її побудови та використання присвячено роботи Zachman J.A., Sowa J.F., Minoli D., Schekkerman J. Зиндер Е.З., багатьох інших фахівців, а також дослідження таких організацій, як The Open Group, DoDAF, Institute For Enterprise Architecture Developments та ін. З дисципліни нагромаджено великий обсяг знань. Зокрема структуру комплексної ІС керування архітектурою підприємства, вміст її компонентів та підходи до їх побудови визначено автором в [1]. Водночас відчувається нестача конкретних рекомендацій що організації системи керування архітектурою.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання):** У цьому контексті завданням дослідження визначено аналіз та визначення вимог до програмних засобів керування архітектурою підприємства.

**Виклад основного матеріалу.** Архітектура – це фундаментальна організація системи, що полягає у сукупності її компонентів, взаємозв'язків між ними та з середовищем, а також принципи керування її проектуванням та еволюцією. Архітектура підприємства в цьому контексті поєднує організаційну логіку бізнес-процесів та можливості й інфраструктуру інформаційних технологій з урахуванням трансформації всіх елементів у контексті стратегічних планів підприємства. За своєю суттю архітектура – це база інформаційних активів стратегічного характеру, що визначають місію, інформацію та технології, необхідні для досягнення місії, та трансформаційні процеси запровадження нових технологій у відповідь на зміни місії у формі базової архітектури, цільової архітектури та плану перетворення. Таким чином, архітектура подається як сукупність різнорідних

компонентів, їхніх взаємозв'язків, принципів і керівництв щодо проектування та еволюції.

У контексті необхідної автоматизованої підтримки визначено найважливіші ділянки діяльності з керування архітектурою:

- розробка та керування програмою з архітектури – як і для будь-яких інших, для архітектурних проектів визначаються цілі, політика, організаційна структура, процедури, плани, бюджет та інші ресурси й обмеження. Важливою задачею є визначення пріоритетів завдань і перевірка доступності потрібних ресурсів на основі інтеграції із системою керування підприємством;

- інжиніринг архітектури передбачає роботу з шаблонами архітектури, посилковими моделями та архітектурами, процесами розробки архітектури, методами моделювання, засобами моделювання та аналізу архітектури. Розробка якісної архітектури це не лише опрацювання шаблону (узагальненої архітектури), а й прийняття інженерних рішень стосовно бізнесу, архітектури даних, інфраструктури, безпеки, архітектурних шаблонів, компонентної, сервіс-орієнтованої чи федеративної архітектури, використання моделей та базової (посилкової) архітектури, проблем з успадкованою системою та коробковими програмними системами, гнучкості та інших характеристик, потрібних для запровадження нових технологій, і, врешті речт, щодо планів переходу. При цьому суто архітектурні рішення мають відповідати проектним рішенням, що фіксуються в інтегрованому CASE-середовищі;

- використання архітектури. Керівництво і менеджери використовують архітектуру для відстеження відповідності систем та інвестицій місії та стратегії підприємства, а також з метою планування і нагромадження знань для перевірки ефективності та не надлишковості вкладень. Інженерам архітектура потрібна для перевірки стандартизованості, узгодженості, сумісності, інтегрованості, не надлишковості проектних рішень. Отже, має бути передбачена інтеграція з системою підтримки прийняття стратегічних рішень, зокрема фінансових та інвестиційних, системою підтримки прийняття проектних рішень та системою автоматизації проектування;

– оцінювання архітектури на предмет зрілості моделей, якості та властивостей архітектури, оцінювання продуктів, процесів розробки та використання архітектури, оцінювання ресурсів, кадрів та можливостей – все це має здійснюватись узгоджено з оцінюванням підприємства та використовуватись як одна з основ для прийняття стратегічних рішень;

– нагромадження знань з позитивного та негативного досвіду розробки та використання архітектури, їх структуризація та виведення нових знань щодо ефективного проведення трансформацій, вибору засобів, проектних рішень, підрядчиків тощо.

Засоби керування архітектурою в цілому мають забезпечувати виконання розробниками та менеджерами таких функцій:

– ідентифікація, організація та поширення місії (бачення) та операційного процесу;

– прийняття архітектурних рішень;

– розробка архітектури як інтегрований процес шляхом збереження, нагромадження, оновлення та надання доступу користувачам до централізованого сховища архітектурної інформації;

– визначення систем і стандартів інформаційних технологій та асоціювання з ними архітектурної інформації;

– керування конфігурацією та змінами;

– сумісного використання інформації, співробітництва та повторного використання інформації;

– керування діяльністю з розробки архітектури і відстеження дотримання планів та використання ресурсів.

У цьому контексті центральними засобами керування архітектурою є системи керування репозиторієм та моделювання архітектури. За результатами дослідження було визначено вимоги, що можуть бути використані як критерії під час вибору відповідних програмних засобів.

Першу групу складають функціональні вимоги.

Система моделювання архітектури повинна забезпечувати:



- опис архітектури на високому рівні для використання під час планування, бюджетування, прийняття рішень тощо з наступною деталізацією;
- встановлення зв'язків між елементами архітектури та інформацією щодо витрат та бюджету;
- опис архітектури складних систем для подальшого використання під час розробки системи;
- розробку архітектури за шаблоном;
- аналіз графічних об'єктів, а також зберігання та подання архітектурної інформації у графічному поданні;
- організацію елементів архітектури у подання – підмножини, відібрані за потребами користувачів або інших зацікавлених осіб;
- формування та виконання запитів користувачів як в межах окремої архітектури, так і групи архітектур;
- підтримку перегляду історії змін архітектури (поточної, зі змінами за місяць/квартал/рік або інший період, цільової);
- налаштування та встановлення надійних перехресних взаємозв'язків між елементами архітектури та елементами даних;
- перевірку на повноту та несуперечливість різних елементів архітектури, їх синтаксичний і семантичний контроль;
- трасування – наскрізний аналіз архітектури, співвіднесення архітектури в цілому та її окремих елементів з шаблоном та посилковою архітектурою або їх структурними частинами;
- вибір нотації та методології моделювання;
- широкі можливості роботи з графікою – містити стандартні графічні символи, надавати користувачеві можливості зі створення власних символів, імпорту символів із сторонніх засобів, налаштування діаграм, створення шаблонів звітів,
- охоплення архітектурної інформації для всієї організації;
- подання основних потоків інформації та робіт;

- робота за загальноприйнятими стандартами моделювання (UML, BPMN тощо)
- налаштування словника даних на рівні атрибутів і взаємозв'язків;
- підтримку імітаційного моделювання;
- формування метрик для наступного визначення повноти та узгодженості архітектури з аналізом минулого досвіду та виробленням логічних висновків та рекомендацій;
- автоматизоване формування звітів, публікація різних елементів архітектури у вигляді стандартних документів (діаграм, таблиць, списків) з використанням шаблонів.

Засоби керування репозиторієм повинні підтримувати створення, зберігання, оновлення та надання доступу до архітектурних даних для використання в архітектурних моделях або продуктах у вигляді бази/сховища даних з використанням реляційної СКБД, постійного об'єктного зберігання або XML з можливостями:

- графічного інтерфейсу користувача;
- користувацького налаштування та маніпулювання схемою даних або атрибутів постійних об'єктів;
- створення користувацьких звітів;
- реалізації простих запитів для генерування високорівневих зведених звітів для підтримки прийняття управлінських рішень щодо закупівель, генерування та керування вимогами або бюджетування;
- імпортування архітектурних даних із зовнішніх джерел.

Окрему групу складають функції з керування конфігурацією – вони можуть виконуватись за допомогою окремої системи:

- контроль доступу до елементів даних на фізичному рівні і контроль змін;
- відстеження модифікацій даних та їх авторів;
- створення, підтримка і порівняння різних версій, їх групування за архітектурами і за елементами архітектури;
- облік стану об'єктів конфігураційного керування;
- підтримка багатокористувацького середовища з можливостями співробітництва членів команди проекту;

- підтримка користувацького опису послідовності дій, потрібних для формування версій і модифікацій, та автоматичне виконання цих дій;

- архівація елементів даних для використання в майбутньому.

Важливою вимогою є сумісність програмних засобів. Внутрішні структурні взаємозв'язки показано на рис. 1.

Архітектурна інформація має бути доступна численним користувачам, серед яких проєктувальники і розробники архітектури, менеджери та інші зацікавлені особи, які можуть мати різні інформаційні потреби, працювати в різних ІТ-середовищах, потребувати різних механізмів доступу до інформації, відповідні компоненти повинні:

- надавати обмежений інтранет-доступ ("тільки читати") або забезпечувати можливість генерації HTML-сторінок;

- підтримувати пряму HTML-публікацію або пропонувати вільний перегляд;

- надавати Web-інтерфейс з доступом до моделей і даних репозиторію з географічно віддалених місць;

- підтримувати різні ІТ-платформи;

- налаштовуватись згідно досвіду користувача та його потреб;

- забезпечувати легке формування запитів з автоматичною перевіркою правильності написання.

Система керування архітектурою в цілому повинна мати зв'язки із системами підтримки стратегічного управління підприємства, керування ІТ-сервісами, керування розробкою і модернізацією ІС підприємства. Інтеграція забезпечується такими можливостями:

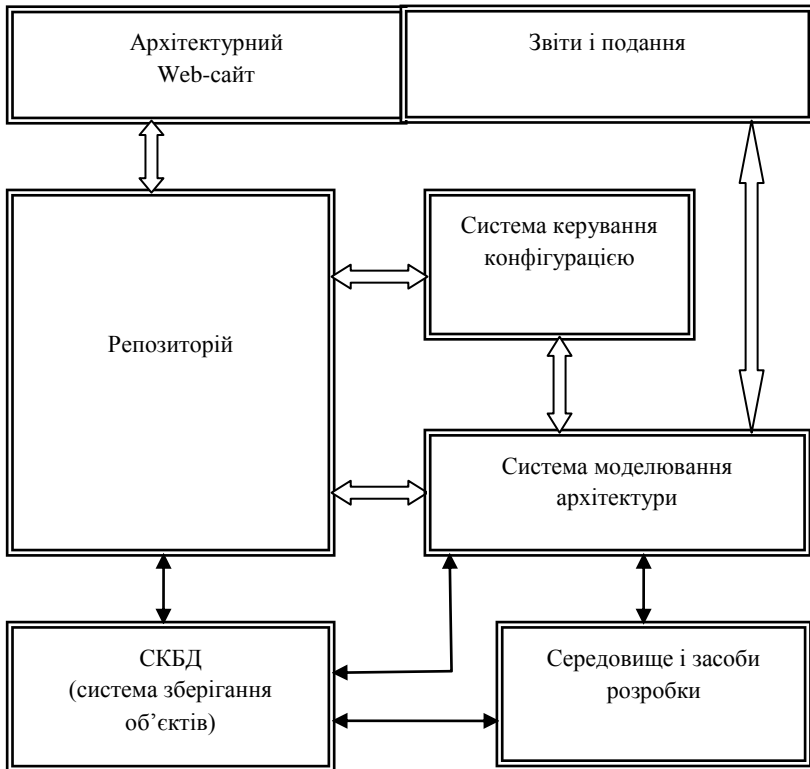


Рис. 1. Структура системи керування архітектурою  $\longleftrightarrow$  – дані і моделі,  $\longleftrightarrow$  – дані.

- двосторонніми інтерфейсами зі сторонніми засобами через нотацію і семантику моделей;
- інтерфейсом з офісними додатками;
- імпортом/експортом даних з репозиторію (сутностей, атрибутів, залежностей) з використанням відкритих стандартів і технологій (зокрема, ODBC);
- підтримкою множини форматів обміну даними;
- сумісним доступом до даних (імпорт/експорт) з іншими засобами через стандартні формати (CSV, XML, ISO AP233);

- підтримкою визначених інтерфейсів (ХМІ);
- відповідністю стандарту АРІ.

Інші вимоги є стандартними. Програмні засоби повинні відповідати вимогам:

- надійності – забезпечувати контроль і цілісність даних, автоматичне резервування, захист від несанкціонованого доступу, оброблення помилок, аналіз відмов у критичних додатках;

- простоти використання, що передбачає зручність користувацького інтерфейсу, локалізацію згідно вимог країни використання, простоту освоєння, адаптацію до конкретних вимог користувача, якість супроводжувальної документації, доступність та якість навчальних матеріалів, простоту роботи як для початківців, так і для досвідчених користувачів, уніфікованість користувацького інтерфейсу відносно інших засобів, що застосовуються, наявність інтерактивної швидкої, повної та якісної допомоги, зрозумілість і корисність діагностичних повідомлень, припустимий час реакції на дії користувача залежно від середовища, простоту встановлення та оновлення версій;

- ефективності, що включає у себе вимоги щодо необхідного програмно-технічного середовища, ефективність виконання функцій залежно від інтенсивності роботи користувача, продуктивність;

- супроводжуваність – рівень підтримки з боку постачальника, трасування та сумісність оновлень, супроводжуваність кінцевого продукту;

- можливість перенесення – сумісність з різними версіями ОС, можливість перенесення даних між різними версіями засобів; відповідність стандартам перенесення.

Також під час вибору слід зважати на загальні вимоги, до яких можна віднести масштабованість, адаптивність, витрати, оцінний ефект від впровадження, профіль дистриб'ютора, сертифікація постачальника, ліцензійна політика, експортні обмеження, профіль продукту, підтримка постачальника, доступність та якість навчання, адаптація, необхідна для впровадження.

**Висновки.** Викладені вимоги можуть стати основою для добору критеріїв оцінювання програмних засобів з керування архітектурою підприємства. Разом з потребами користувачів, цілями та обмеженнями проекту та відомостями щодо наявних програмних систем вони складають вхідну інформацію для прийняття обґрунтованих рішень.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. Інформаційні системи в економіці: монографія / [С.В.Устенко, А.М. Береза, Г.П. Галузинський та ін.]; за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. С.В. Устенка – К.:КНЕУ, 2012. – 425,[7]с.

### **3.5. МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Информационно-логистические системы являются одним из направлений в системе поставок товара. Комплексное применение экономико-математических моделей нашло своё применение в информационно-логистических системах, что является отличительной особенностью от традиционных логистических систем в управлении экономическими объектами. В этих системах осуществляется анализ финансово-экономических показателей с дальнейшим решением задач оптимизации, прогнозирования, принятия решений и всех уровней планирования.

В настоящее время логистика переживает стадию нового развития. Многие вопросы, относящиеся к терминологии и основным понятиям логистики, с развитием рыночных отношений постоянно уточняются и углубляются, разрабатываются новые теоретические положения и расширяется круг проблем, решаемых методами логистики. Кроме того, кризисные явления ставят вопрос об изменении методов управления субъектами хозяйствования, под которыми понимаются юридические лица с инфраструктурой (подсистемами хозяйственной деятельности), представляющие множество технологий, средств и предметов труда,

работников, соединённых структурно и функционально, в процессе взаимодействия которых создаётся продукция или услуги. На передний план выходят экономические, рыночные критерии эффективности, позволяющие решать проблемы выбора поставщиков и потребителей продукции, установления хозяйственных связей, определения факторов, обеспечивающих конкурентоспособность выпускаемой продукции или предоставляемых услуг, увеличение объёма выпуска и повышения качества продукции с одновременным уменьшением обслуживающего персонала. Повышаются требования к гибкости управления. Нестабильность внешней среды, её динамические изменения, достижения науки и техники, используемые экономическими объектами для обеспечения выживаемости и конкурентоспособности, превращают их во всё более сложные системы, что определяет необходимость поиска новых методов, обеспечивающих их управляемость.

Большой вклад в развитие теории и концептуальных основ автоматизированных систем управления предприятием внесли отечественные ученые Лысенко Ю.Г. [1], Сытник В.Ф. [2] и другие. Исследования адаптивных систем, а также разработка их моделей были проведены учеными Забродским В.А. [3], Петренко В. Л. [4], и другими, развитие теории реинжиниринга экономических систем – Андриенко В.Н. [5], мониторинга – Галицыным В.К. [6].

Проведенный анализ показал, что комплексное применение моделей и методов в информационно-аналитических системах (ИАС) нашло своё отражение в работах Порохни В.М. [7], Пушкаря А.И. [8]. В этих системах осуществляется анализ финансово-экономических показателей с дальнейшим решением задач оптимизации, прогнозирования, принятия решений и всех уровней планирования. При обработке информации в ИАС экономических объектов используются экономико-математические модели, методы и проводятся такие действия:

– поступление информации из всех источников экономического объекта и сбор этой информации в базе данных автоматизированной системы управления (АСУ);

- обработка и фильтрация экономической информации в ИАС;
- анализ информации в ИАС;
- представление информации для разных уровней управления экономическим объектом;
- решение задач оптимизации, прогнозирования экономических показателей и подготовки принятия решений по управлению экономическим объектом.

Следует отметить, что ИАС экономического объекта не ограничивается только накоплением и представлением информации. Специализированные алгоритмы, реализованные отдельными подсистемами (модулями) программного обеспечения, позволяют решать задачи моделирования в реальном масштабе времени.

Поэтому назначением информационно-логистических систем является планирование и принятие решения в управлении материальными потоками в рамках стратегии развития производственно-экономической деятельности предприятия, в современных условиях конкуренции с использованием современных средств коммуникации (Интернет, мобильная связь и другие). Обработка большого объема информации, оперативность принятия решения вносят весомый вклад в развитие предприятия или экономического объекта.

Формы и методы управления экономическим объектом определяются миссией, формулировка которой позволяет построить концепцию ИЛС. Экономический объект в зависимости от целей и задач рассматривается: как носитель производственной функции для получения прибыли; как организация субъектов производственного процесса для более эффективного использования их возможностей; как система для поддержания отношений с внутренней и внешней средой; как многоуровневая система объектов, стремящаяся достичь успеха на своем функциональном уровне.

В этой связи оперативность получения информации оказывает значительное влияние на успешную деятельность экономического объекта во внешней среде. Вместе с тем в современной экономике информация приобрела новое



качество, которое способствует возникновению и движению материальных потоков с использованием Интернет-технологий. Поэтому особую роль играет комплекс информационного обеспечения.

Поскольку качество планирования повышается вместе с увеличением потока информации и скорости обработки данных, службы материального обеспечения производственных предприятий сегодня образуют единую информационную сеть.

Благодаря функционированию ИЛС при обмене снабженческими данными повышается эффективность управления запасами. Обмен информации в экономических объектах распространяется по подсистемам поставщиков и транспортных компаний, что позволяет экономическим объектам уменьшить затраты, связанные с обеспечением деятельности полной логистической цепи. Повысив ее эффективность, экономический объект получает экономию, которая делится в определенных пропорциях между сторонами: изготовителем, поставщиком и транспортной компанией, компенсируя затраты на создание и содержание современных информационных систем, которые позволяют получать дополнительную прибыль от их использования.

Следует отметить, что для обеспечения информационного обслуживания всей структуры материально-технического снабжения должны присутствовать следующие информационные элементы: способ снабжения; количество или его объем; происхождение предмета снабжения; его месторасположение; время прибытия в пункт размещения; время отправки из пункта размещения; система транспортировки; время транспортировки; резервирование. Перечисленные группы данных учитывают особенности Интернет-технологии и составляются для всех мест размещения, для каждого перевозимого товара. С этой целью устанавливаются пункты считывания и передачи информации во всех местах размещения.

Поэтому ИЛС в управлении экономическими объектами охватывают управление всеми процессами движения и складирования продукции на экономическом объекте, позволяя

обеспечить своевременное и эффективное ее движение, используя современные средства коммуникации и мобильные средства связи с минимальными затратами и оптимальным сервисом.

Эта система эффективна только тогда, когда проблема решается путем создания информационного базиса, соответствующего данному виду производства и его объему и другим характеристикам производственной структуры экономического объекта. Также к этому относятся информация фондов (наличие фактических и планируемых заказов, содержание производственных основных и промежуточных складов) и сроков (поставки, обработки, ожидания, простои, соблюдение сроков). Для сбора этих данных используются системы контроллинга и АСУ экономического объекта, которые контролируют объемы и сроки текущих процессов и передают эти сведения информационно-логистической системе. Информационно-логистические системы предъявляют к информационной сети следующие требования: быстрый и надежный автоматизированный сбор информации, данных о транспортных средствах и другие

По сети Интернет (онлайновая связь, электронная почта и другие) синхронно с грузом передается информация, содержащая для каждой отправляемой единицы все необходимые для нее характеристики товара и реквизиты. При такой системе на всех участках маршрута в любое время можно получить исчерпывающую информацию о грузе и на основе этого принимать управленческие решения. В ряде случаев грузоотправители получают доступ к файлам, отражающим состояние транспортных услуг и загрузку транспорта.

ИЛС также предполагают использование автоматизированного документооборота между производителями товаров и крупными магазинами для населения, включающего обмен накладными и транспортными конторами при прямой отправке товаров от производителя к покупателю.

В области распределения товаров используются две системы стандартных протоколов – стандарты сетей обмена

информацией между торговыми учреждениями и общий стандарт связи. Эти протоколы являются стандартными и используются для следующих операциях: заказах на покупку; заказах на отправку партий грузов; получении консультаций для грузоотправителей; заполнении фактурных счетов; различных выплатах (электронных платежах); оформлении накладных; получении информации о перевозимых товарах.

Исследования показали, что поставка товаров потребителю в среднем занимает менее недели с момента получения заказа от клиента независимо от географического положения.

Обеспечение производства высокотехнологичным оборудованием и вычислительной техникой, а также создание локальных сетей на производстве – довольно дорогой и сложный процесс, требующий привлечения специалистов и дополнительных инвестиций в производственный процесс. Это является основным недостатком информационной логистики – высокие цены на высокотехнологичное оборудование и быстрое его старение по сравнению с развитием науки и техники, а также внедрением новых технологий в производство, то есть покупка такого оборудования значительно упрощает и ускоряет процесс передачи и обмена данных, но в то же время происходит очень быстрое его старение и уже не достаточно той мощности и скорости передачи данных для целей производства. Следовательно, необходима замена такого дорогостоящего оборудования через относительно короткое время 3 – 5 лет. Поскольку, суммы амортизационных отчислений будет недостаточно, здесь необходима успешная работа экономического объекта, направлена на получение наибольшей прибыли путем сокращения издержек и повышения качества продукции.

К достоинствам информационной логистики можно отнести удобство и высокую скорость обмена информацией между производителем, поставщиком и покупателем, довольно незначительные затраты на содержание и обслуживание такого оборудования, большой объем передачи данных, практически нет запаздываний, происходят значительные усиления в системе с обратной связью.

Организационная структура системы управления

экономического объекта включает:

- состав и номенклатуру управленческих органов и должностей;
- распределение власти (функция управления) и ответственности между ними;
- информационные связи и взаимоотношения подразделений и должностей.

Структура управления экономическим объектом в целом должна охватывать весь набор функций управления – планирование, организацию, координирование, стимулирование, оперативное управление, контроль. В то же время, система управления не должна осуществлять неблагоприятное воздействие (бюрократическая волокита, внутренние политические разногласия между руководителями направлений, конкуренция в использовании ресурсов и другие) на протекающие бизнес-процессы и должна ликвидировать внутреннюю конкуренцию в функционировании внутренних структурных подразделений.

Для экономических объектов характерно разделение системы управления по следующим направлениям:

- финансовый менеджмент – в рамках этого направления осуществляется учет доходов и расходов, анализ и контроль затрат, управление финансовыми потоками;
- управление персоналом – в рамках этого направления осуществляется работа с трудовыми ресурсами, определяются возможности каждого сотрудника и соответствие его занимаемой должности, уровень участия в процессах экономического объекта и соответствующее этому уровню вознаграждение;
- управление производством – в рамках этого направления осуществляется общее руководство по процессам основного и вспомогательного производства, координация взаимодействия между технологическими процессами и функциональное регулирование;
- управление обслуживающими службами – в рамках этого направления осуществляется координация служб обслуживания процессов (ремонтные, строительные, сантехнические, коммуникационные и другие), определение

первоочередности выполнения работ, распределение ресурсов, используемых в обслуживании производства.

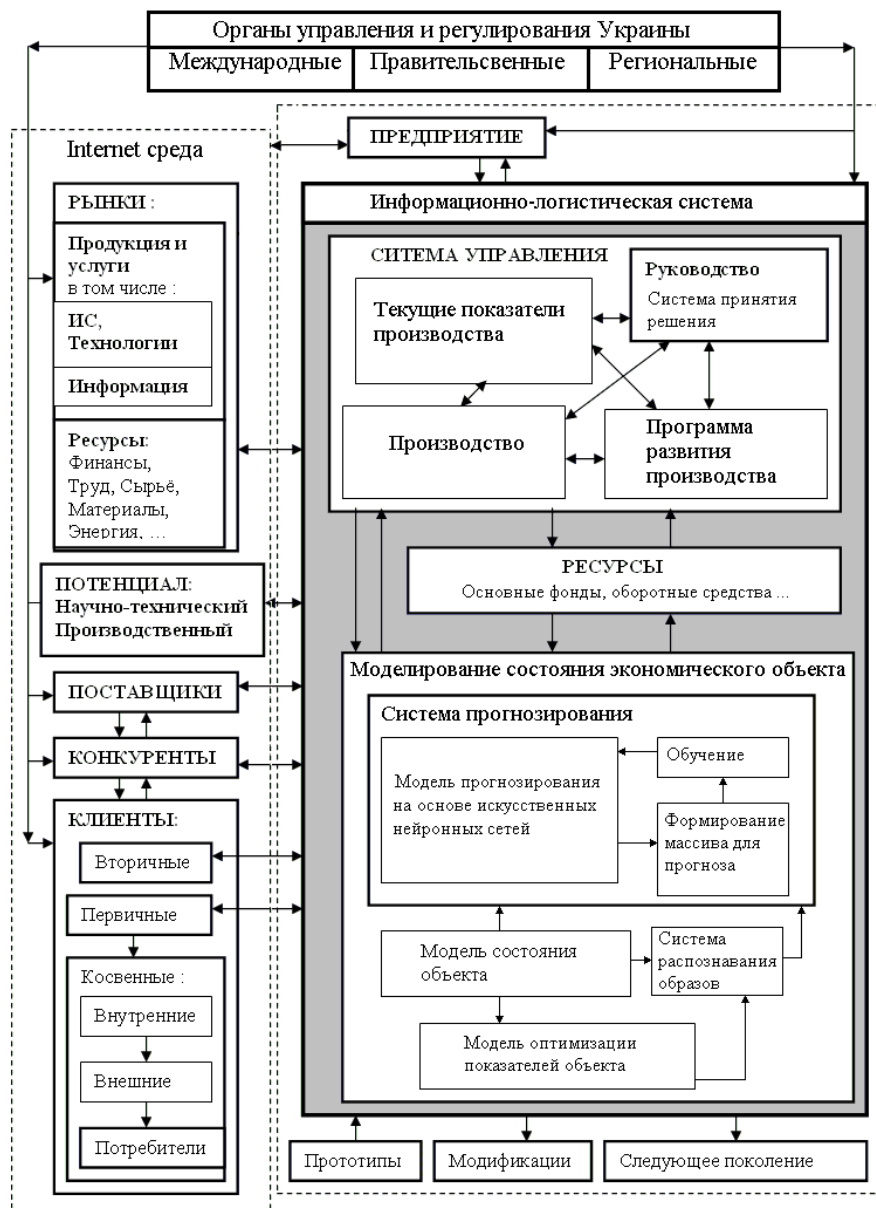
В структуре экономического объекта выделяются внутренние подразделения (отделы, цеха и другие) – обособленные ячейки, выполняющие определенные функции (управления, учета, производства и другие), а также укрупненные подразделения – совокупность подразделений на определенном уровне иерархии, объединенных обычно по функциональному признаку (вспомогательные производства).

Управление экономическим объектом представляет собой ступени управления, которые находятся в вертикальной зависимости и подчиняются друг другу по иерархии: менеджеры более высокой ступени управления принимают решения, которые конкретизируются и доводятся до нижестоящих звеньев, что образует пирамидальную структуру управления организации.

Рациональная структура управления экономическим объектом предполагает распределение всех функций управления между соответствующими звеньями с минимизацией числа таких звеньев и соблюдением определенных норм управляемости, обеспечивающих реальную возможность участия каждого функционального звена в едином процессе управления, исключающих дублирование функций.

Представить в одной модели все аспекты реинжиниринга системы управления экономического объекта невозможно, так как его деятельность должна рассматриваться с точки зрения различных категорий персонала: директора, менеджеров, операторов работ. У представителей каждой из перечисленных категорий существует своё субъективное представление о функционировании экономического объекта. Следовательно, для каждой из этих категорий необходимы свои специфические модели.

Концептуальная модель информационно-логистической системы управления экономического объекта представлена на рис. 1 [9].



**Рис. 1. Концептуальная модель информационно-логистической системы управления экономическим объектом**

Основой концептуальной модели ИЛС является:

- бизнес-система – представлена экономическим объектом;

- внешним окружением системы ИЛС является Интернет-среда, а также органы управления и регулирования Украины;

- бизнес-процессы, протекающие в процессе управления производством. В бизнес-процессе используются субъекты, которые влияют или имеют отношения к производству.

- Бизнес-процессы, представленные на рис. 1, отражают зависимости между внутренними структурными ИЛС, а именно, системой управления и системой моделирования состояния экономического объекта.

В системе управления решаются задачи контроллинга текущего состояния производства (блок «Текущие показатели производства»), общего руководства (блок «Руководство») для принятия решений по стратегическому и оперативному управлению производством (блок «Производство») на основании данных, полученных с блока «Программа развития производства». Кроме того, блок «Программа развития производства» использует данные с систем «Ресурсы» и «Моделирование состояния экономического объекта».

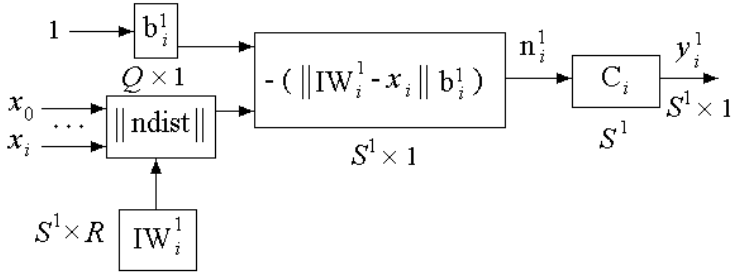
Система «Моделирование состояния экономического объекта» включает: «Систему прогнозирования», «Систему распознавания образов», «Модель состояния объекта» и «Модель оптимизации показателей объекта».

«Модель состояния объекта» использует оперативные данные экономических показателей, а также производства. Пройдя процессы фильтрации, информация поступает в модель оптимизации показателей объекта и в систему распознавания образов.

В системе распознавания образов для обработки больших массивов информации применяется самоорганизующаяся нейронная сеть (НС) Кохонена, которая решает задачи классификации и разбиения данных на группы или кластеры. Кроме того, данная НС применяется для анализа данных, распознавания кластеров данных, а также устанавливает их близость.

Модель нейронной сети Кохонена имеет два слоя: входной и выходной. Нейроны слоя 0 служат лишь точками разветвления и не выполняют вычислений. Каждый нейрон слоя 0 соединен с каждым нейроном слоя 1 (слой Кохонена) отдельным весом  $w_i$ . Эти веса в целом рассматриваются как матрица весов  $IW_i^1$ .

На рис. 2 представлена модель сети (слоя) Кохонена.



$IW_i^1$  — матрица весов,

$y_i^1 = C_i(n_i^1)$  — выход сети Кохонена.

**Рис. 2. Модель сети Кохонена**

Выходы элементов R слоя Кохонена вычисляются в соответствии с выбранной функцией расстояния D:

$$n_i = D_i(x_i, w_{Ri}) = \sqrt{\sum (x_i - w_{Ri})^2} . \quad (1)$$

В сети Кохонена используется конкурирующая функция активации, которая действует не для каждого отдельного нейрона, а ее действие распространяется на весь слой. В результате действия функции активации выходам всех нейронов, за исключением нейрона с максимальным расстоянием, присваивается значение 0, а выходу нейрона с минимальным расстоянием присваивается значение 1. Таким образом, вектор выхода  $y_i^1$  имеет единственный элемент, равный 1, а остальные равны 0:



$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{при } i = i^*, \\ 0 & \text{при } i \neq i^*, \end{cases} \quad \text{где } i^* = \arg(\max(n_i)). \quad (2)$$

Номер нейрона  $i$  определяет ту группу (кластер), к которой наиболее близок входной вектор.

Слой Кохонена распознает входные векторы в схожие группы. Это достигается с помощью такой подстройки весов слоя Кохонена, что близкие входные векторы активируют один и тот же нейрон данного слоя. Обучение Кохонена является самообучением, протекающим без учителя.

В процессе обучения слоя Кохонена на вход НС подается входной вектор, вычисляются расстояния между ним и векторами весов, связанными со всеми нейронами Кохонена. Выбирается нейрон с минимальным расстоянием и его веса подстраиваются. Так как расстояние является мерой сходства между векторами входов и весов, то процесс обучения состоит в выборе нейрона Кохонена с весовым вектором, наиболее близким к входному вектору. Процесс обучения можно записать в следующем виде:

$$w_{Ri} = w_{Ri}^0 + \beta(x_i - w_{Ri}^0), \quad (3)$$

где  $w_{Ri}$  — новое значение веса, соединяющего входную компоненту  $x_i$  с нейроном, имеющим минимальное расстояние,

$w_{Ri}^0$  — предыдущее значение этого веса,

$\beta$  — крутизна (коэффициент скорости обучения).

Каждый элемент весовой матрицы  $w_{Ri}$ , связанный с нейроном, имеющим минимальное расстояние, изменяется пропорционально разности между его величиной и величиной входа, к которому он присоединен. Направление изменения минимизирует разность между весом и его входом.

Значения весовых коэффициентов  $w_{Ri}$  являются координаты точек (центр кластеров), которые и определяют образ данной экономической системы.

Полученные данные поступают в систему прогнозирования. В системе прогнозирования используется модель многослойной НС. Данное решение позволяет выполнять одношаговое и многошаговое прогнозирование.

Трудность реализации нейронных сетей (НС) в разнотипном признаковом пространстве в первую очередь связана с выбором весов входных параметров, измеряемых в слабых шкалах. Унификация данных путем перехода из сильных шкал измерения к слабым уменьшает количество используемой информации, делает выборки объектов комбинаторно ограниченными.

Наличие определенной априорной информации и свойств самих обрабатываемых данных дает возможность проводить нормирование и пополнение данных из исторических слоев (многомерные базы данных — OLAP), то есть придавать количественные свойства шкалам порядка и наименования.

Процесс обучения НС в большинстве известных случаев проводится для заранее заданного фиксированного числа нейронов путем последовательного уточнения весов взвешенных сумм каждого из них. Процесс синтеза НС с минимальным числом нейронов теоретически плохо обоснован, его описания в литературе весьма поверхностны. Минимально необходимое число нейронов определяется с использованием процедуры контрастирования, в основу которой положена оценка значимости весов связей в НС.

Процесс синтеза НС с минимальным числом нейронов напрямую зависит от структуры признакового пространства описаний допустимых объектов. Отбор оптимального количества нейронов сводится к решению задачи минимального покрытия обучающей выборки объектами-эталопами.

Считается, что множество допустимых объектов  $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$  представляет обучающую выборку, в которой заданы представители  $I$  непересекающихся классов  $K_1, \dots, K_l$ . Каждый допустимый объект описывается с помощью  $n$  признаков,  $r$  из которых количественные ( $0 \leq r \leq n$ ),  $(n - r)$  — номинальные.

Математическая интерпретация выбора весов-признаков для нейронов сети выражается в построении кусочно-линейных дискриминантных функций, на базе которых принимается решение о принадлежности объектов к классам.

Каждая дискриминантная функция отвечает за принятие решения по «своей» части признакового пространства.

Для определения по НС принадлежности произвольного допустимого объекта  $S$  к классам  $K_1, \dots, K_l$  необходимо:

- вычислить множество весов входных параметров нейронов;

- выделить минимальное покрытие множества  $E_0$  объектами-эталоном, с помощью которых следует реализовать алгоритм, корректно распознающий объекты обучения.

Пусть  $I, J$  — множества номеров соответственно количественных и номинальных признаков, используемых для описания допустимых объектов, и объект  $S_j \in E_0 (S_j = (x_{j1}, \dots, x_{jn}))$  является эталоном выборки. Значение весов количественных признаков эталона

$$\text{вычисляется } \forall t \in I, w_{jt} = x_{jt} \quad \text{и} \quad w_{j0} = \frac{1}{2} \sum_{t \in I} w_{jt}^2.$$

Вычисление значений весов номинальных признаков по одному из предлагаемых способов основывается на предположении об одинаковом характере различий между количественными и номинальными признаками, т.е. считается, что максимальное различие объектов по количественным признакам соответствует максимальному возможному различию по каждому номинальному признаку. С помощью

$$\text{значений } w_{\max} = \max_{S_j \in E_0} \left( -\frac{2w_{j0}}{r} \right), \quad \lambda_{\max} = \sum_{t=1}^l |K_t| (|K_t| - 1),$$

$$\beta_{\max} = \sum_{t=1}^l |K_t| (m - |K_t|)$$

Тогда вес каждого номинального признака  $c \in J$  можно записать:

$$w_{jc} = \left( \frac{\lambda_c}{\lambda_{\max}} \right) \left( \frac{\beta_c}{\beta_{\max}} \right) w_{\max}, \quad (4)$$

$$\text{где } \lambda_c = \sum_{j=1}^l \sum_{S_d \in K_j} \begin{cases} 1, & x_{ic} = x_{dc}; \\ 0, & x_{ic} \neq x_{dc}; \end{cases}$$

$$\beta_c = \sum_{j=1}^l \sum_{S_d \in K_j} \begin{cases} 1, & x_{ic} = x_{dc}; \\ 0, & x_{ic} \neq x_{dc}. \end{cases}$$

Значение взвешенной суммы по объекту-эталону  $S_j \in E_0$  для произвольного экономического объекта  $S = (a_1, \dots, a_n)$  запишем:

$$\varphi(S, S_j) = \sum_{i \in I} w_{ij} a_i + \sum_{i \in J, x_{ji} = a_i} w_{ji} + w_{j0}. \quad (5)$$

Согласно решающему правилу, реализующему принцип «победитель забирает все», объект  $S$  принадлежит к тому классу, значение взвешенной суммы объекта-эталона которого максимально.

В связи с разномасштабностью измерений количественных признаков в определенных случаях целесообразно проводить их нормирование. Одной из форм нормирования является отображение значений признаков в  $[0,1]$  по формуле:

$$x_{ji}^* = \frac{x_{ji} - x_{\min}^i}{x_{\max}^i - x_{\min}^i}, \quad (6)$$

где  $x_{\max}^i, x_{\min}^i$  — соответственно максимальное и минимальное значения признака  $i \in I$  на  $E_0$ .

Отказ от предположения об одинаковом характере различий количественных и номинальных признаков, а также нормирование по (6) делают ненужным вычисление значения  $w_{\max}$  и позволяют вместо (4) использовать следующее выражение:

$$w_{ic} = \left( \frac{\lambda_c}{\lambda_{\max}} \right) \left( \frac{\beta_c}{\beta_{\max}} \right). \quad (7)$$

Полученное выражение (7) можно использовать и в тех случаях, когда описание допустимых объектов определяется только значениями номинальных признаков.

Поиск минимального покрытия  $F$  обучающей выборки эталонами с целью выбора минимальной конфигурации нейронной сети осуществляется процедурой «последовательное исключение». Изначально все объекты  $E_0$  считаются эталонами покрытия  $F$ , то есть  $F = E_0$ . Если при использовании  $F$  и  $s_i$  в качестве эталонов алгоритм распознавания является корректным (не делающим ошибок) на  $E_0$ , то производится удаление объекта  $s_i$  из  $P$ . Если исключение любого объекта-эталона из  $F$  и последующее использование  $F$ -алгоритма распознавания приводят к появлению ошибок на  $E_0$ , то выполнение процедуры останавливается.

Итогом работы процедуры «последовательное исключение» является множество  $F$ , содержащее минимальное число объектов-эталонов, достаточное для корректного разделения объектов обучения на классы. Очевидно, что состав множества  $F$  зависит от порядка подачи объектов-кандидатов на удаление из числа эталонов.

Другой формой работы с разнотипными признаками является перевод номинальных признаков к булевым и последующее использование математических методов анализа количественных признаков в объединенном пространстве количественных и булевых признаков. Обозначим через  $T$  множество номеров булевских признаков, мощность которого равна сумме градаций каждого номинального признака. Если признак  $c \in J$  имеет  $q$  возможных значений  $\{b_c^1, \dots, b_c^q\}$ , то каждому  $b_c^i$  сопоставляется булев признак  $y_t$  с  $t \in T$  в соответствии:

$$y_t = \begin{cases} 1, & \text{если } x_c = b_c^i, \\ 0, & \text{если } x_c \neq b_c^i. \end{cases} \quad (8)$$

В объединенном пространстве количественных и булевых признаков для минимального покрытия обучающей выборки эталонами был использован конечно-сходящийся алгоритм, или процедура «последовательных исключений».

В целях сравнительного анализа перечислим рассмотренные способы задания структуры данных для выбора на них минимальной конфигурации НС:

- вычисление весов номинальных признаков по (4) с сохранением исходных значений количественных признаков;
- преобразование количественных признаков в  $[0,1]$  и вычисление весов номинальных признаков по (7);
- перевод номинальных признаков в булевы и дальнейшее использование их в объединенном пространстве как количественных.

В первом способе недостатком метода является использование предположения о зависимости весов количественных и номинальных признаков.

Второй метод избавлен от предположений о зависимости весов количественных и номинальных признаков, зато требует предварительных вычислений максимальных и минимальных значений по каждому количественному признаку.

К числу существенных недостатков третьего метода можно отнести рост размерности признакового пространства описаний допустимых объектов, что может привести к значительному увеличению затрат вычислительных ресурсов при синтезе НС.

Для численной оценки разных способов выбора структуры нейронных сетей, предлагается использовать меру статистического разнообразия класса кусочно-линейных решающих функций. Предпочтение нужно отдавать той структуре нейронной сети, для которой выполняется следующее условие:

$$k \times n = \min_{E_0} \quad (9)$$

где  $k$  – число нейронов сети;

$n$  – размерность пространства признаков.

Построение НС через решение задачи минимального покрытия обучающей выборки объектами-эталоном позволяет НС сохранять свойства «обобщения» и сводить к минимуму количество неверных ответов на примерах, которые она «не видела» в процессе обучения.

В процессе моделирования в состав данных входило 40 объектов в структуре экономического объекта, описываемых двумя количественными признаками. Первые 20 определяют первый класс, а с 21 по 40 — второй. В описание каждого объекта включены два номинальных признака, имеющие по две градации каждый.

Таким образом, концептуальная модель информационно-логистической системы управления экономическим объектом и разработанные модели положены в основу Интернет портала.

### Список использованной литературы:

1. Лысенко Ю.Г. Модели управления хозрасчетным промышленным предприятием / Лысенко Ю.Г. // Финансы и статистика – М., 1991. – 208 с.
2. Сытник В. Ф. АСУП и оптимальное планирование / В. Ф. Сытник – К.: Вища школа, 1977. – 312с
3. Забродский В.А. Методы организации адаптивного планирования и управления в экономико–производственных системах / В.А. Забродский, П.А.Иващенко, В.И.Скурихин – К.: Наукова думка, 1980. – 272с
4. Петренко В.Л., Забродский В.А., Клебанова Т.С. Адаптивные механизмы и их положение в экономике / В.Л. Петренко, В.А. Забродский, Т.С.Клебанова // Экономическая кибернетика. 2000. №1 – 2. – С. 98-109.
5. Андриенко В.Н. Модели реинжиниринга систем управления / В.Н.Андриенко – Донецк: ДонНУ, 2001. – 184с.
6. Галіцин В.К. Системи моніторингу/ В.К. Галіцин – К.: КНЕУ, 2000.- 232с.
7. Порохня В.М. Моделювання економіки / В.М. Порохня –

Запоріжжя, ЗДІА, – 387с.

8. Пушкарь О. І. Системи підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник / О. І. Пушкарь, В. М. Гіковатий, О. С. Євсєєв, Л. В. Потрашкова; За ред. д-ра екон. Наук. Проф. Пушкаря О. І.-Х.:ВД «ІНЖЕК», 2006.- 304 с.

9. Іванов М. Актуальні проблеми управління / Монографія: У 2 т. / В. Огаренко, В. Корінев, О. Гугнін, М. Іванов та ін.; за наук. ред. д-наук з держ.упр. професора В.Огаренка. – Запоріжжя: КПУ, 2008. Т.2. -548с.

### **3.6. ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА – ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ**

Важливою складовою економічної та національної безпеки України є її енергетична безпека, стан якої залежить від ефективності здійснення цілеспрямованої політики захисту національних інтересів у енергетичній та пов'язаних з нею сферах.

Загострення негативних світових тенденцій щодо сталого постачання енергоносіїв та щодо охорони довкілля, зміна геополітичних інтересів та стратегічних завдань сусідніх з Україною країн, а також загострення внутрішніх енергетичних проблем висунули питання енергетичної безпеки на одне з основних щодо економічної та фінансової безпеки України.

**Аналіз основних досліджень та публікацій.** Методологічні, теоретико-методичні й науково-практичні аспекти енергетичної безпеки України на сьогодні є досить ґрунтовно дослідженими та розробленими, зокрема, такими вченими і фахівцями, як Геєць В.М., Пірожков С.І., Недін І.В., Мунтян В.І., Сухоруков А.І., Жаліло Я.А., Степанов В.М., та ін. Останнім часом здебільшого досліджуються такі аспекти енергетичної безпеки, як різні підходи до проблем паливно-енергетичного комплексу, а також економіко-правові та інституціональні питання. Але, чимало питань забезпечення енергетичної безпеки держави в сучасних умовах як теоретичного, так і прикладного характеру лишаються нерозробленими.



**Мета дослідження.** Метою статті є дослідження стану енергетичної безпеки та залежності від неї фінансово-економічної безпеки України.

**Виклад основного матеріалу.** Для більшості країн однією з основних складових фінансово-економічної безпеки України є енергетична безпека у всіх її проявах, що пов'язана з ефективним використанням енергоресурсів, а також – їх диверсифікацією в контексті світової економіки.

Країни Старої Європи – Франція, Німеччина, Італія й решта – акцентують увагу світової громадськості на диверсифікації постачань енергоносіїв та їх транзиту, а також – на створенні нових схем співпраці з російським монополістом в енергетичній сфері. Головний пріоритет для цих країн – реалізація національних енергетичних інтересів у контексті європейського економічного простору.

Енергетична безпека України є важливим компонентом національної безпеки, правові основи якої сформульовані у двох основних документах: Концепції національної безпеки України і Законі України «Про основи національної безпеки України». Енергетична безпека – це здатність держави протистояти зовнішнім і внутрішнім ризикам, які можуть порушити безперебійність постачання і використання всіх видів енергоносіїв, електричної і теплової енергії. Енергетична безпека України служить важливим чинником її зовнішньоекономічної політики, адже історично склалося так, що на території України розміщено велику кількість енергогенеруючих потужностей і енергомістких підприємств. Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) України є основою розвитку її економіки, постачаючи всі види палива, електричної і теплової енергії споживачам не тільки в Україні, а й за кордон.

За роки незалежного розвитку відбулися зміни в ПЕК, які стосувалися реформування власності й реструктуризації підприємств, переходу на світові ціни, зміни обсягів виробництва продукції

Основними ризиками в енергетичній сфері є наступні: низька ефективність енергоспоживання; відсутність дієвого системного механізму нейтралізації високих цін на вуглєці в

енергосистемі; низька інвестиційна привабливість енергосистеми країни; недостатня прозорість енергетичного комплексу й відсутність правових рамок, а також – ринкових відносин в енергетичній галузі; заполітизованість і корпоративна корупційність газових відносин у системі публічного управління між Україною і Росією.

Міжнародний центр перспективних досліджень вважає енергетичну безпеку України – один із стратегічних пріоритетів.

Згідно з дослідженнями МЦДП найбільш небезпечні ризики для України в енергетичній сфері: законодавча база; система управління енергетикою; сировинна база.

У формуванні енергетичної політики беруть участь більш як 15 державних інституцій, Національне агентство України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів, Міжвідомча комісія з питань розвитку енергетики

Для України, окрім суто економічних, ресурсних і організаційно-економічних чинників енергетичної безпеки, завжди важливим був і залишається геополітичний – енергетичний ринок країни, який перебуває під значним впливом активних його учасників, які й формують його стан, конфігурацію й напрями розвитку. Два основних учасники українського енергетичного ринку це: «Газпром» та Європейський Союз. В рамках Енергетичної Стратегії Україна взаємодіє з різними державами світу. Україна є учасником низки ініціатив ЄС у галузі енергетики, але Європейський союз не став ключовим гравцем на енергетичному ринку України. Велику зацікавленість у присутності на енергетичному ринку України проявляють США, але вони також мають свої власні інтереси в реалізації енергетичної політики України.

Ризиками для енергетичної безпеки України в управлінні є наступні: відсутність якісної та ефективної системи управління енергетичною сферою; нерозвиненість видобувної галузі; недиверсифікованість постачання енергоносіїв. Реорганізація та реструктуризація енергетичної сфери за роки незалежності України лише поглиблювала енергозалежність України від імпорту енергоресурсів. Незважаючи на наявність на території України значних покладів нафти, газу, вугілля, сланцевого

газу, Україна є енергодефіцитною країною, оскільки покриває потреби в енергоресурсах лише частково

Через відсутність достатнього фінансування геологорозвідувальних робіт зменшується видобуток газу попри досить значні його поклади. Родовища сланцевого газу, здатні забезпечити економіку України, до теперішнього часу не розробляються. Суттєво зменшився видобуток енергоресурсів на Донеччині внаслідок недавніх політичних подій. Видобуток нафти скорочується внаслідок виснаження родовищ та недостатнього фінансування геологорозвідувальних робіт. Продуктивність видобутку вугілля досить низька, а собівартість висока, що не дозволяє конкурувати галузі з іншими постачальниками. Технічний стан вугільних шахт на грані катастрофи.

Енергетична галузь потребує суттєвих інвестицій, але потрібно визначити напрямки та джерела їх вкладання [1]. Вибір перспективної енергетики на сучасному етапі розвитку людства є найбільш важливим питанням, оскільки енергетика являє собою системоутворюючу галузь національної економіки, що визначає її конкурентоспроможність, фінансово-економічну безпеку країни. Енергетику XXI століття потрібно розглядати комплексно, тобто у взаємозв'язку складових його розвитку: економічної, політичної та екологічної.

В сучасному суспільстві сформувалася нова парадигма економіки та енергетики, а саме, перехід до рішення еколого-економічних проблем з урахуванням узгодження інтересів та вимог політики, виробництва, економіки та екології [3]. Витрати на ліквідацію наслідків впливу на екологію сьогодні суттєво перевищують витрати на створення нових екологічно чистих продуктів.

У сфері енергоефективності в Україні діють більше 200 актів законодавства, а також 50 національних стандартів групи «Енергозбереження». Проте в Україні не існує чіткого механізму впровадження енергоощадних заходів, але є деяке економічне стимулювання енергоефективності, а саме:

- звільнення імпортованого енергоощадного обладнання від сплати ввізного мита (ставка податку до 10%) та від сплати податку на додану вартість(ставка податку до 20%);

- звільнення підприємств, що виробляють альтернативні види палива або енергоефективне обладнання та впроваджують енергоощадні технології від податку на прибуток (ставка податку - 25%);
- застосування «зеленого тарифу» для енергії, виробленої з альтернативних джерел [1].

В європейських країнах існує чітко налагоджена державна політика в сфері енергоспоживання, яка визначається постійним здороженням природних енергетичних ресурсів. Наприклад, в Норвегії, яка займає третє місце в світі по родовищам природного газу, його практично не використовують для опалення будинків населення [2].

Масштаб сучасного розвитку енергетики в світі настільки значний, що ресурсні фактори та екологічні проблеми, пов'язані з енергетикою стають тими критичними обмеженнями, нехтування якими може погрожувати самій цивілізації. Тому, саме ресурси та екологічні проблеми є визначальними при виборі виду енергетики.

За оцінками Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) при збереженні темпів росту населення та ВВП (відповідно до даних ООН та Всесвітнього банку) споживання первинної енергії до 2050 року – приблизно на 74%. Добування та розвідка не зможе забезпечити такого приросту первинних ресурсів, щоб задовольнити зростання потреби в енергії [3]. Виділяють такі напрямки глобальної енергетики: традиційна енергетика на органічному паливі; гідроенергетика; атомна енергетика; нетрадиційна енергетика - відновлювані джерела енергії

Вважається, що на межі 2030 р. вартість традиційної енергетики та нової, що розробляється приблизно буде рівною. В той же час, економне, ефективне споживання енергії дозволить вже зараз забезпечити скорочення споживання органічного палива до 40% (застосування енергоефективних технологій в електроенергетиці - на 25%, на транспорті – 20%, в промисловості – до 40% економії) [3].

Між економікою та енергетикою існує прямий зв'язок. Саме енергетика визначає не тільки собівартість продукції, але й характер розвитку цивілізації (рис.1).

Якщо на долю усіх енергетичних ємностей приходиться більше 10% ВВП, то це «тупиковий» варіант розвитку, в такому випадку стрімко збільшуються ризики фінансово-економічної безпеки країни. Тому необхідно негайно впроваджувати заходи по модернізації енергетики.

При відповідному фінансуванні відновлювальних джерел енергії (ВДЄ) в світі, вартість традиційної вуглеводородної енергетики та ВДЄ до 2030 року можуть зрівнятися. Але енергія може призвести до змін клімату, перерозподілу теплового потоку землі; вітрова – впливає на навколишнє середовище шумом та інфразвуком, перерозподілом повітряних потоків, тощо. Тому суттєвою залишається доля традиційної енергетики.



Рис.1 Динаміка змін питомої ваги витрат на енергію в глобальному ВВП[3].

За даними Гринпис та МЕА лівова частка в світовому енергетичному балансі відводиться сонячній енергії. По їхнім прогнозам ядерна енергетика перестане існувати, але залишиться достатньо значним вклад біомаси, вітрової енергетики, тощо. Але за інформацією джерела [3] структура споживання енергоресурсів до 2050 року буде наступною: нафта газ – 20%; газ – 16%; вугілля – 27%; ядерна енергія -

7%; біомаса – 7%; сонячна енергія – 10%; енергія вітру – 5%; інші ВДЕ – 8%

Не варто переоцінювати сланцеву революцію, яка лобіюється певними економічними та політичними колами. Сланцеве виробництво є технологічно небезпечним, крім того, для отримання 1000 м<sup>3</sup> газу потрібно близько 1т піску та декілька тон води [3]. Запаси сланцевого газу в світі вдвічі більші ніж природного. Різниця між сланцевим та природним газом полягає лише у способі його видобування (використання технології гідророзриву шару).

Енергетично незалежні держави світу, серед яких США та Росія, вже звернули увагу на альтернативні джерела отримання енергії, які мають ряд переваг, а саме:

- екологічна безпека при їх використанні
- виробляються з відновлюваних джерел;
- дозволяють підвищити енергетичну незалежність та безпеку країни

На сьогодні перевагу віддають таким видам альтернативного палива: природний газ (скраплений, зріджений, охолоджений); газовий конденсат; диметилефір; шахтний метан; біодизельне паливо, біогаз, біопаливо; повітря; водень; вода; спирти. Зараз доля ВДЕ не перевищує 7%, а за даними МЕА в 2030 році 60% електроенергії буде вироблятися за рахунок відновлювальних джерел енергії.

Президентом України підписаний указ «Про стратегію стійкого розвитку «Україна 2020», в якій одними з першочергових визначені реформа національної безпеки та оборони, антикорупційна реформа, децентралізація та реформа державного управління, дерегуляція та розвиток підприємництва [4]. Серед пріоритетів цієї стратегії реалізація двох програм – енергонезалежності та популяризації України в світі. Серед пріоритетних для України видів альтернативних джерел енергії є вітрова, мала гідроенергетика, біоенергетика, сонячна геотермальна енергетика та альтернативні гази. На сьогодні альтернативна енергетика задовольняє потреби України в енергоресурсах лише на 1-2%. Її регулює відповідне законодавство [1].

Енергоемність ВВП в Україні в 2,6 рази перевищує середній рівень енергоемності ВВП країн світу. Причиною цього є надмірне споживання енергоресурсів галузями економіки. Лівова частка енергоресурсів, які споживає Україна – це газ (43%), внаслідок чого країна є енергозалежною від постачальників цього ресурсу. А от Франція, наприклад, має намір перевести в найближчі роки з газу на вугілля до 70% електростанцій, США – понад 60%. При цьому з продуктів горіння сухої перегонки можна виготовляти синтетичне паливо.

З відходів продукції сільського господарства доцільно виробляти етиловий спирт, на якому працює значна частина автотранспорту країн Південної Америки, Індії, Філіппін, тощо. Необхідність вдосконалення автомобільних енергоустановок визначаються важливими соціально-економічними та екологічними проблемами:

- раціональністю використання палива нафтового походження, в тому числі заміною його альтернативними енергоносіями;
- зниженням шкідливого впливу автотранспорту на навколишнє середовище.

Одним з факторів, що обмежують вибір енергоресурсів є екологічні проблеми. Мінімальні викиди відпрацьованого газу приходиться на водень. Усі інші дають значні викиди окису азоту,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ .

В галузі житлово-комунального господарства також відбудуться суттєві зміни, а саме по оцінкам МЕА, споживання енергії для опалення збільшиться до 2050 – на 48%. Ця проблема буде однією з основних, оскільки відбудеться зростання питомої ваги на опалення для одного мешканця планети.

Перспективними технологічними рішеннями в сфері ЖКГ може бути масштабне будівництво «розумних будинків», що передбачає нульову потребу в енергії ззовні, тобто «розумні будинки» забезпечать себе самі за рахунок системи автоматичного регулювання подачі тепла, в тому числі зі зниженням подачі тепла в неробочий час в офісних приміщеннях; встановлення теплових насосів та

теплоакумуляторів. Будинки будуть самоокупними. Скандинавські країни віддають перевагу тепловим насосам, а Ізраїль, Туреччина, Бразилія віддають перевагу сонячній енергетиці.

На думку експертів, близько 15% електроенергії витрачається на освітлення. Особливо важливим є це питання для населення України, оскільки різко зростають тарифи на електроенергію, що відпускається населенню: з 36,6 коп. за 1 кВт·год станом на 01.04 2015 року за обсяг спожитий до 100 кВт·год електроенергії (на місяць) до 90 коп. станом на 1.03.2017р. [5].

До перспективних технологій відносять: світлодіоди на органічних матеріалах, з розширеним спектром випромінювання, більш близьким до сонячного; електролюмінісентні панелі.

Між енергоспоживанням та рівнем ВВП завжди існує залежність. Україна має досить високий рівень енергоспоживання при значному зниженні ВВП, що свідчить про неефективність енергоспоживання. Для поліпшення енергоекономічного балансу потрібно зменшити енергоспоживання, що можливо:

по-перше, за рахунок економії енергоресурсів;

по-друге, перехід на енергозберігаючі технології;

по-третє, використання альтернативних джерел отримання енергії.

Для реалізації вказаних напрямків поліпшення енергоекономічного балансу потрібні суттєві інвестиції, але стрімке зростання світових цін на енергетичні ресурси спонукатиме державу впроваджувати необхідні заходи, оскільки це стосується не тільки фінансово-економічної безпеки, але й безпеки держави в цілому.

### **Висновки.**

Враховуючи складне соціально-економічне й геополітичне становище, до невідкладних завдань забезпечення енергобезпеки України слід віднести такі:

1.підвищення ефективності управління в енергетичному секторі,;



2. зменшення споживання газу за рахунок використання альтернативних ресурсів та модернізації галузей, що споживають природний газ.

3. вирішення проблеми ціноутворення на газ;

4. розвиток власного виробництва паливно-енергетичних ресурсів;

5. диверсифікація джерел зовнішнього постачання паливно-енергетичних ресурсів

6. широке залучення альтернативних джерел енергії.

Цілеспрямована робота в цьому напрямі дасть можливість Україні позбутися енергетичної залежності, підвищити фінансово-економічну безпеку держави, конкурентоспроможність в світовому економічному та політичному просторі.

### **Список використаної літератури:**

1. Виклики для енергетичної безпеки України. / Аналітична записка МЦПД, 2010р.

2. А. Паршин: Исползованию нетрадиционных видов топлива мешает низкая стоимость природного газа - [Електронний ресурс] Режим доступу:

<http://www.day.kiev.ua/ru/article/ekonomika/alternativnyy-vektor-energeticheskoy-bezopasnosti>

3. В.Н. Половинкин Выбор перспективной энергетики XXI века [Електронний ресурс] Режим доступу:

<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4509>

4. Про встановлення тарифів на електроенергію, що відпускається населенню. - [Електронний ресурс] Режим доступу:

<http://www.e-help.com.ua/pro-elektrichestvo/novosti/provstanovlennya-tarifiv-na-elektroenergiyu-shho-vidpuskayetsya-naselennyu/>

5. «О Стратегии устойчивого развития «Украина – 2020» / Интерфакс Украина (информационное агентство). - [Електронний ресурс] Режим доступу: /

<http://interfax.com.ua/news/economic/243944.html>

### **3.7. ЕКСПЕРТНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ SWOT-АНАЛІЗУ**

У сучасній науковій літературі SWOT-аналіз займає вагомe місце серед методів планування діяльності організацій. Майже у кожному сучасному виданні зі стратегічного менеджменту можна знайти згадування про нього, а також рекомендації щодо його проведення. SWOT-аналіз є визнаним та популярним засобом ведення бізнесу. Але разом з тим він має деякі особливості на які є потреба звернути увагу.

Розглянемо основні віхи розвитку SWOT-аналізу та деякі особливості його практичної реалізації. Скорочення SWOT було запропоновано у 1963 році Кенеттом Ендрюсом (Kenneth Andrews) для позначення головних чинників, що впливають на діяльність організацій. Ідея SWOT полягала у формуванні своєрідної вербальної матриці, яка була засобом структурування та формалізації знань про поточний стан об'єкту який досліджувався. У 1965 році вийшла друком праця під назвою «Business Policy: Text and Cases». Дана праця витримала декілька видань і тісно пов'язала SWOT-аналіз зі стратегічним плануванням розвитку підприємств. SWOT-аналіз стає частиною схеми побудови стратегічних рішень LCAG (скорочення від перших літер прізвищ авторів). Також, разом з даною схемою дій, SWOT-аналіз стає інструментами стратегічного планування розвитку підприємств [1]. Однак, у 1982 році виходить праця під назвою «The TOWS matrix - A tool for situational analysis», яка розкриває значно ширші можливості застосування SWOT-аналізу. Зокрема, у ній показані можливості використання SWOT-аналізу не тільки у плануванні дій на майбутнє, а також і у оцінюванні минулих та поточних станів розвитку підприємства. Доведено, що SWOT-аналіз може мати ітераційний характер та може проводитись періодично. У такому випадку мова може йти не тільки про стратегічне, а й про тактичне планування діяльності. Для того, щоб виокремити саме таку особливість SWOT-аналізу, використовується позначення зі зворотною послідовністю літер - TOWS-аналіз [2]. На жаль, як автори першоджерел так і автори сучасних наукових публікацій, що присвячені

питанням проведення SWOT або TOWS-аналізу, не завжди достатньо приділяють увагу математичним методам оцінювання отриманих результатів. Методи проведення розрахунків, на основі проведеного SWOT або TOWS-аналізу, як правило, не мають цілісного закінченого характеру. Публікація, що пропонується до розгляду, має на меті дати відповідь на це важливе питання.

SWOT-аналіз за формою свого виконання відноситься до експертних методів. Сьогодні є декілька тлумачень того, як саме необхідно проводити SWOT-аналіз. Широкого вжитку знайшли два підходи, які по своїй природі мають багато спільного оскільки стосуються, хоч і з різних точок зору, але одних і тих самих чинників.

Перший підхід визначає сильні і слабкі можливості та сильні і слабкі загрози з огляду на відомі сильні і слабкі якості. Результати такого SWOT-аналізу заносяться у таблицю 1. Другий підхід визначає сильні і слабкі якості, а також можливості і загрози з огляду на їх позитивний та негативний вплив, враховуючи внутрішню та зовнішню природу їх походження. Результати такого SWOT-аналізу заносяться у таблицю 2. Зазвичай, як у таблицю 1 так і у таблицю 2 експерти записують назви тих характеристик, які, на їх думку, відповідають перетину відповідних стовпців і рядків.

Наведені схеми проведення SWOT-аналізу пропонується дещо модифікувати - доповнити їх можливістю числового оцінювання кожного з чинників. Крім того, обрати таку схему числового оцінювання, яка у подальшому надасть можливість зробити висновки про стан об'єкта або явища, що аналізується. Так оцінки чинників, які визначені у таблиці 1 необхідно фіксувати у матриці, яка подана у таблиці 3, оцінки чинників, які визначені у таблиці 2 необхідно фіксувати у матриці, яка подана у таблиці 4.

*Таблиця 1*

**Матриця SWOT-аналізу впливу можливостей та загроз на сильні та слабкі якості**

	<i>Сильні якості</i>	<i>Слабкі якості</i>
<i>Можливості</i>	<i>Сильні можливості</i>	<i>Слабкі можливості</i>
<i>Загрози</i>	<i>Сильні загрози</i>	<i>Слабкі загрози</i>

Таблиця 2

**Матриця SWOT-аналізу можливостей, загроз, сильних та слабких якостей**

	<i>Позитивний вплив</i>	<i>Негативний вплив</i>
<i>Внутрішнє походження</i>	<i>Сильні якості</i>	<i>Слабкі якості</i>
<i>Зовнішнє походження</i>	<i>Можливості</i>	<i>Загрози</i>

Таблиця 3

**Матриця оцінювання впливу можливостей та загроз на сильні та слабкі якості**

	<i>Сильні якості</i>	<i>Слабкі якості</i>
<i>Можливості</i>	OS	OW
<i>Загрози</i>	TS	TW

Таблиця 4

**Матриця оцінювання можливостей, загроз, сильних та слабких якостей**

	<i>Позитивний вплив</i>	<i>Негативний вплив</i>
<i>Внутрішнє походження</i>	IP	IL
<i>Зовнішнє походження</i>	EP	EL

Оцінки впливу факторів можливостей на фактори сильних якостей записуються у таблицю 5 та визначаються експертами такими, що задовольняють умовам:

$$0 \leq OS_{o,s} \leq OS^+, \forall o \in [1, O], \forall s \in [1, S],$$

де  $O$  - кількість факторів можливостей, що беруть участь в оцінюванні;  $o$  - індекс фактору можливостей;  $S$  - кількість факторів сильних якостей, що беруть участь в оцінюванні;  $s$  - індекс фактору сильних якостей;  $OS_{o,s}$  - оцінка впливу  $o$ -ого фактору можливостей на  $s$ -ий фактор сильних якостей;  $OS^+$  - максимально можлива оцінка впливу будь якого фактору можливостей на будь який фактор сильних якостей.

Таблиця 5

**Оцінки впливу факторів можливостей на фактори сильних якостей**

	1	2	...	$S - 1$	$S$
1	$OS_{1,1}$	$OS_{1,2}$	...	$OS_{1,S-1}$	$OS_{1,S}$
2	$OS_{2,1}$	$OS_{2,2}$	...	$OS_{2,S-1}$	$OS_{2,S}$
...	...	...	...	...	...
$O - 1$	$OS_{O-1,1}$	$OS_{O-1,2}$	...	$OS_{O-1,S-1}$	$OS_{O-1,S}$
$O$	$OS_{O,1}$	$OS_{O,2}$	...	$OS_{O,S-1}$	$OS_{O,S}$

Позначимо загальну оцінку впливу факторів можливостей на фактори сильних якостей через  $OS$  та застосуємо для її розрахунку вираз:

$$OS = \frac{\sum_{o=1}^O \sum_{s=1}^S OS_{o,s}}{O \cdot S \cdot OS^+}.$$

Значення загальної оцінки впливу факторів можливостей на фактори сильних якостей завжди буде задовольняти нерівності  $0 \leq OS \leq 1$ .

Оцінки впливу факторів можливостей на фактори слабких якостей записуються у таблицю 6 та визначаються експертами такими, що задовольняють умовам:

$$OW^- \leq OW_{o,w} \leq OW^+, \forall o \in [1, O], \forall w \in [1, W],$$

де  $O$  - кількість факторів можливостей, що беруть участь в оцінюванні;  $o$  - індекс фактору можливостей;  $W$  - кількість факторів слабких якостей, що беруть участь в оцінюванні;  $w$  - індекс фактору слабких якостей;  $OW_{o,w}$  - оцінка впливу  $o$ -ого фактору можливостей на  $w$ -ий фактор слабких якостей;  $OW^-$  - максимально можлива за модулем негативна оцінка впливу будь якого фактору можливостей на будь який фактор слабких якостей;  $OW^+$  - максимально можлива оцінка впливу будь якого фактору можливостей на будь який фактор слабких якостей.

Таблиця 6

**Оцінки впливу факторів можливостей на фактори слабких якостей**

	1	2	...	$W - 1$	$W$
1	$OW_{1,1}$	$OW_{1,2}$	...	$OW_{1,W-1}$	$OW_{1,W}$
2	$OW_{2,1}$	$OW_{2,2}$	...	$OW_{2,W-1}$	$OW_{2,W}$
...	...	...	...	...	...
$O - 1$	$OW_{O-1,1}$	$OW_{O-1,2}$	...	$OW_{O-1,W-1}$	$OW_{O-1,W}$
$O$	$OW_{O,1}$	$OW_{O,2}$	...	$OW_{O,W-1}$	$OW_{O,W}$

Позначимо загальну оцінку впливу факторів можливостей на фактори слабких якостей через  $OW$  та застосуємо для її розрахунку вираз:

$$OW = \frac{\sum_{o=1}^O \sum_{w=1}^W OW_{o,w}}{O \cdot W \cdot |OW^-|} + \frac{\sum_{o=1}^O \sum_{w=1}^W OW_{o,w}}{O \cdot W \cdot OW^+}.$$

де  $OW_{o,w}^-$  - оцінки значення яких є менші нуля;  $OW_{o,w}^+$  - оцінки значення яких є більші нуля.

Значення загальної оцінки впливу факторів можливостей на фактори слабких якостей завжди буде задовольняти нерівності  $-1 \leq OW \leq 1$ .

Оцінки впливу факторів загроз на фактори сильних якостей записуються у таблицю 7 та визначаються експертами такими, що задовольняють умовам:

$$TS^- \leq TS_{t,s} \leq TS^+, \forall t \in [1, T], \forall s \in [1, S],$$

де  $T$  - кількість факторів загроз, що беруть участь в оцінюванні;  $t$  - індекс фактору загроз;  $S$  - кількість факторів сильних якостей, що беруть участь в оцінюванні;  $s$  - індекс фактору сильних якостей;  $TS_{t,s}$  - оцінка впливу  $t$ -ого фактору загроз на  $s$ -ий фактор сильних якостей;  $TS_{t,s}^-$  - максимально можлива за модулем негативна оцінка впливу будь якого

фактору загроз на будь який фактор сильних якостей;  $TS_{t,s}^+$  - максимально можлива оцінка впливу будь якого фактору загроз на будь який фактор сильних якостей.

Таблиця 7

**Оцінки впливу факторів загроз на фактори сильних якостей**

	1	2	...	$S - 1$	$S$
1	$TS_{1,1}$	$TS_{1,2}$	...	$TS_{1,S-1}$	$TS_{1,S}$
2	$TS_{2,1}$	$TS_{2,2}$	...	$TS_{2,S-1}$	$TS_{2,S}$
...	...	...	...	...	...
$T - 1$	$TS_{T-1,1}$	$TS_{T-1,2}$	...	$TS_{T-1,S-1}$	$TS_{T-1,S}$
$T$	$TS_{T,1}$	$TS_{T,2}$	...	$TS_{T,S-1}$	$TS_{T,S}$

Позначимо загальну оцінку впливу факторів загроз на фактори сильних якостей через  $TS$  та застосуємо для її розрахунку вираз:

$$TS = \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S TS_{t,s}^-}{T \cdot S \cdot |TS^-|} + \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S TS_{t,s}^+}{T \cdot S \cdot TS^+} .$$

де  $TS_{t,s}^-$  - оцінки значення яких є менші нуля;  $TS_{t,s}^+$  - оцінки значення яких є більші нуля.

Значення загальної оцінки впливу факторів загроз на фактори сильних якостей завжди буде задовольняти нерівності  $-1 \leq TS \leq 1$ .

Оцінки впливу факторів загроз на фактори слабких якостей записуються у таблицю 8 та визначаються експертами такими, що задовольняють умовам:

$$TW^- \leq TW_{t,w} \leq 0, \forall t \in [1, T], \forall w \in [1, W],$$

де  $T$  - кількість факторів загроз, що беруть участь в оцінюванні;  $t$  - індекс фактору загроз;  $W$  - кількість факторів слабких якостей, що беруть участь в оцінюванні;  $w$  - індекс

фактору слабких якостей;  $TW_{t,w}$  - оцінка впливу  $t$ -ого фактору загроз на  $w$ -ий фактор слабких якостей;  $TW^-$  - максимально можлива за модулем негативна оцінка впливу будь якого фактору загроз на будь який фактор слабких якостей.

Таблиця 8

**Оцінки впливу факторів загроз на фактори слабких якостей**

	1	2	...	$W - 1$	$W$
1	$TW_{1,1}$	$TW_{1,2}$	...	$TW_{1,W-1}$	$TW_{1,W}$
2	$TW_{2,1}$	$TW_{2,2}$	...	$TW_{2,W-1}$	$TW_{2,W}$
...	...	...	...	...	...
$T - 1$	$TW_{T-1,1}$	$TW_{T-1,2}$	...	$TW_{T-1,W-1}$	$TW_{T-1,W}$
$T$	$TW_{T,1}$	$TW_{T,2}$	...	$TW_{T,W-1}$	$TW_{T,W}$

Позначимо загальну оцінку впливу факторів загроз на фактори слабких якостей через  $TW$  та застосуємо для її розрахунку вираз:

$$TW = \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{w=1}^W TW_{t,w}}{T \cdot W \cdot |TW^-|}.$$

Значення загальної оцінки впливу факторів загроз на фактори слабких якостей завжди буде задовольняти нерівності  $-1 \leq TW \leq 0$ .

Оцінки впливу факторів внутрішнього походження на фактори позитивної дії записуються у таблицю 9 та визначаються експертами такими, що задовольняють умовам:

$$0 \leq IP_{i,p} \leq IP^+, \forall i \in [1, I], \forall p \in [1, P],$$

де  $I$  - кількість факторів внутрішнього походження, що беруть участь в оцінюванні;  $i$  - індекс фактору внутрішнього походження;  $P$  - кількість факторів позитивної дії, що беруть участь в оцінюванні;  $p$  - індекс фактору позитивної дії;  $IP_{i,p}$  - оцінка впливу  $i$ -ого фактору внутрішнього походження на  $p$ -



ий фактор позитивної дії;  $IP^+$  - максимально можлива оцінка впливу будь якого фактору внутрішнього походження на будь який фактор позитивної дії.

Таблиця 9

**Оцінки впливу факторів внутрішнього походження на фактори позитивної дії**

	1	2	...	$P - 1$	$P$
1	$IP_{1,1}$	$IP_{1,2}$	...	$IP_{1,P-1}$	$IP_{1,P}$
2	$IP_{2,1}$	$IP_{2,2}$	...	$IP_{2,P-1}$	$IP_{2,P}$
...	...	...	...	...	...
$I - 1$	$IP_{I-1,1}$	$IP_{I-1,2}$	...	$IP_{I-1,P-1}$	$IP_{I-1,P}$
$I$	$IP_{I,1}$	$IP_{I,2}$	...	$IP_{I,P-1}$	$IP_{I,P}$

Позначимо загальну оцінку впливу факторів внутрішнього походження на фактори позитивної дії через  $IP$  та застосуємо для її розрахунку вираз:

$$IP = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{p=1}^P IP_{i,p}}{I \cdot P \cdot IP^+}.$$

Значення загальної оцінки впливу факторів внутрішнього походження на фактори позитивної дії завжди буде задовольняти нерівності  $0 \leq IP \leq 1$ .

Оцінки впливу факторів внутрішнього походження на фактори негативної дії записуються у таблицю 10 та визначаються експертами такими, що задовольняють умовам:

$$IL^- \leq IL_{i,l} \leq 0, \forall i \in [1, I], \forall l \in [1, L],$$

де  $I$  - кількість факторів внутрішнього походження, що беруть участь в оцінюванні;  $i$  - індекс фактору внутрішнього походження;  $L$  - кількість факторів негативної дії, що беруть участь в оцінюванні;  $l$  - індекс фактору негативної дії;  $IL_{i,l}$  - оцінка впливу  $i$ -ого фактору внутрішнього походження на  $l$ -ий фактор негативної дії;  $IL_{i,l}^-$  - максимально можлива за

модулем негативна оцінка впливу будь якого фактору внутрішнього походження на будь який фактор негативної дії.

Таблиця 10

**Оцінки впливу факторів внутрішнього походження на фактори негативної дії**

	1	2	...	$L - 1$	$L$
1	$IL_{1,1}$	$IL_{1,2}$	...	$IL_{1,L-1}$	$IL_{1,L}$
2	$IL_{2,1}$	$IL_{2,2}$	...	$IL_{2,L-1}$	$IL_{2,L}$
...	...	...	...	...	...
$I - 1$	$IL_{I-1,1}$	$IL_{I-1,2}$	...	$IL_{I-1,L-1}$	$IL_{I-1,L}$
$I$	$IL_{I,1}$	$IL_{I,2}$	...	$IL_{I,L-1}$	$IL_{I,L}$

Позначимо загальну оцінку впливу факторів внутрішнього походження на фактори негативної дії через  $IL$  та застосуємо для її розрахунку вираз:

$$IL = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L IL_{i,l}}{I \cdot L \cdot |IL^-|}$$

Значення загальної оцінки впливу факторів внутрішнього походження на фактори негативної дії завжди буде задовольняти нерівності  $-1 \leq IL \leq 0$ .

Оцінки впливу факторів зовнішнього походження на фактори позитивної дії записуються у таблицю 11 та визначаються експертами такими, що задовольняють умовам:

$$0 \leq EP_{e,p} \leq EP^+, \forall e \in [1, E], \forall p \in [1, P],$$

де  $E$  - кількість факторів зовнішнього походження, що беруть участь в оцінюванні;  $e$  - індекс фактору зовнішнього походження;  $P$  - кількість факторів позитивної дії, що беруть участь в оцінюванні;  $p$  - індекс фактору позитивної дії;  $EP_{e,p}$  - оцінка впливу  $e$ -ого фактору зовнішнього походження на  $p$ -ий фактор позитивної дії;  $EP^+$  - максимально можлива оцінка

впливу будь якого фактору зовнішнього походження на будь який фактор позитивної дії.

Таблиця 11

**Оцінки впливу факторів зовнішнього походження на фактори позитивної дії**

	1	2	...	$P - 1$	$P$
1	$EP_{1,1}$	$EP_{1,2}$	...	$EP_{1,P-1}$	$EP_{1,P}$
2	$EP_{2,1}$	$EP_{2,2}$	...	$EP_{2,P-1}$	$EP_{2,P}$
...	...	...	...	...	...
$E - 1$	$EP_{E-1,1}$	$EP_{E-1,2}$	...	$EP_{E-1,P-1}$	$EP_{E-1,P}$
$E$	$EP_{E,1}$	$EP_{E,2}$	...	$EP_{E,P-1}$	$EP_{E,P}$

Позначимо загальну оцінку впливу факторів зовнішнього походження на фактори позитивної дії через  $EP$  та застосуємо для її розрахунку вираз:

$$EP = \frac{\sum_{e=1}^E \sum_{p=1}^P EP_{e,p}}{E \cdot P \cdot EP^+}$$

Значення загальної оцінки впливу факторів зовнішнього походження на фактори позитивної дії завжди буде задовольняти нерівності  $0 \leq EP \leq 1$ .

Оцінки впливу факторів зовнішнього походження на фактори негативної дії записуються у таблицю 12 та визначаються експертами такими, що задовольняють умовам:

$$EL^- \leq EL_{e,l} \leq 0, \forall e \in [1, E], \forall l \in [1, L],$$

де  $E$  - кількість факторів зовнішнього походження, що беруть участь в оцінюванні;  $e$  - індекс фактору зовнішнього походження;  $L$  - кількість факторів негативної дії, що беруть участь в оцінюванні;  $l$  - індекс фактору негативної дії;  $EL_{e,l}$  - оцінка впливу  $e$ -ого фактору зовнішнього походження на  $l$ -ий фактор негативної дії;  $EL^-$  - максимально можлива за модулем негативна оцінка впливу будь якого фактору зовнішнього походження на будь який фактор негативної дії.

**Оцінки впливу факторів зовнішнього походження на фактори негативної дії**

	1	2	...	$L - 1$	$L$
1	$EL_{1,1}$	$EL_{1,2}$	...	$EL_{1,L-1}$	$EL_{1,L}$
2	$EL_{2,1}$	$EL_{2,2}$	...	$EL_{2,L-1}$	$EL_{2,L}$
...	...	...	...	...	...
$E - 1$	$EL_{E-1,1}$	$EL_{E-1,2}$	...	$EL_{E-1,L-1}$	$EL_{E-1,L}$
$E$	$EL_{E,1}$	$EL_{E,2}$	...	$EL_{E,L-1}$	$EL_{E,L}$

Позначимо загальну оцінку впливу факторів зовнішнього походження на фактори негативної дії через  $EL$  та застосуємо для її розрахунку вираз:

$$EL = \frac{\sum_{e=1}^E \sum_{l=1}^L EL_{e,l}}{E \cdot L \cdot |EL|}.$$

Значення загальної оцінки впливу факторів зовнішнього походження на фактори негативної дії завжди буде задовольняти нерівності  $-1 \leq EL \leq 0$ .

Загальна оцінка впливу можливостей та загроз на сильні та слабкі якості може бути визначена за формулою:

$$R_1 = \frac{OS + OW + TS + TW}{3},$$

де  $R_1$  - загальна оцінка впливу можливостей та загроз на сильні та слабкі якості.

Для  $R_1$  справедлива нерівність  $-1 \leq R_1 \leq 1$ .

Загальна оцінка взаємодії можливостей, загроз, сильних та слабких якостей може бути визначена за формулою:

$$R_2 = \frac{IP + IL + EP + EL}{2},$$

де  $R_2$  - загальна оцінка взаємодії можливостей, загроз, сильних та слабких якостей.

Для  $R_2$  справедлива нерівність  $-1 \leq R_2 \leq 1$ .

Значення показників  $R_1$  та  $R_2$  формуються на основі одних і тих самих відомостей про об'єкт але у різний спосіб. Природно висловити припущення, що у результаті неупередженого проведення аналізу значення цих показників повинно співпадати. Або істотно наблизитись одне до одного.

Нехай для якісно проведеного SWOT-аналізу розбіжність між  $R_1$  та  $R_2$  не повинна перебільшувати 10%. Тоді повинна задовольнятися нерівність  $|R_1 - R_2| \leq 0.2$ . Результатам SWOT-аналізу можна довіряти якщо вище згадана нерівність буде задовольнятися. Позначимо індекс розглянутих показників через  $x$  таким чином, що  $x \in \{1,2\}$ . Далі  $R_1$  та  $R_2$  будуть позначатись через  $R_x$ . Спираючись на значення показника  $R_x$  можна зробити висновки з проведеного SWOT-аналізу. Для цього пропонується скористатись таблицею 13.

Розглянемо деякі випадки більш детально. Якщо в результаті проведеного оцінювання  $R_x = -1$ , то це означає, що всі експерти одностайні у думці про цілком негативний вплив загроз та слабких якостей. Така ситуація є критичною і потребує негайного втручання з метою виправлення даного положення.

Таблиця 13

**Тлумачення виконаного оцінювання  
результатів SWOT-аналізу**

<i>Значення</i>	<i>Тлумачення</i>
$R_x = -1$	Колапс
$-1 < R_x \leq -2/3$	Занепад
$-2/3 < R_x \leq -1/3$	Криза
$-1/3 < R_x < 0$	Тривога
$R_x = 0$	Паритет
$0 < R_x \leq 1/3$	Формування

$1/3 < R_x \leq 2/3$	Становлення
$2/3 < R_x < 1$	Розвиток
$R_x = 1$	Розквіт

Якщо  $R_x = 0$ , то ситуація характеризується паритетом сил. Такий випадок є виключно нестабільним і може однаково схилити ситуацію як у бік небезпек так і до позитивного розвитку. У цій ситуації є необхідною особлива увага та готовність до втручання.

Випадок коли  $R_x = 1$  навпаки говорить про цілком позитивний розвиток на який негативні фактори, на думку експертів, не мають жодного впливу. Це найкраща ситуація якої необхідно прагнути.

#### **Список використаної літератури:**

1. Learned E. P. Business policy: Text and Cases / [E. P. Learned, C. R. Christensen, K. R. Andrews, W. D. Guth]. - Homewood : Richard D. Irwin, Inc., Illinois, 1969. - 1046 p.
2. The TOWS Matrix - A Tool for Situational Analysis [E-Resource] / H. Wehrich - 1982. - P. 19. - Access mode: [http://www.usfca.edu/fac\\_staff/wehrichh/docs/tows.pdf](http://www.usfca.edu/fac_staff/wehrichh/docs/tows.pdf)

### **3.8. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ ТОРГОВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Проаналізувавши сучасну методологію управління торговельною діяльністю підприємства, а також існуючі системи автоматизації в даній області, сформулюємо особливості побудови ефективної ІС управління бізнес-процесами торговельної компанії. Причому специфіку побудови розглянемо в контексті великого торговельного підприємства з розподіленою структурою.

В управлінні розподіленою торговельною мережею підприємства інформаційна система з єдиною базою даних (рис. 1.), що забезпечує розв'язок наступних завдань:

- єдиний інформаційний простір для прийняття рішень в режимі реального часу;

- повне виключення подвійного введення і подвійного контролю інформації;

- можливість проведення єдиної закупівельної політики мережі в будь-який момент часу на основі актуальної інформації;

- максимальну автоматизацію в рішенні задач поповнення запасів регіональних центрів продажів;

- актуальний моніторинг функціонування мережі регіональних центрів торгівлі на будь-якому робочому місці, включаючи можливість ефективного дистанційного доступу;

- управління всіма об'єктами мережі може вестися менеджерами з єдиного центру, що забезпечує їхній безпосередній контакт як між собою, так і з керівництвом. Це дозволяє оперативно ухвалювати як тактичні, так і стратегічні рішення. Кожний менеджер у такій схемі може відповідати за свої об'єкти мережі або за свою товарну групу;

- управління товарними запасами і оборотними активами проводиться централізовано;

- управління асортиментами і ціноутворенням здійснюється з єдиного центру, що дозволяє проводити гнучку асортиментну і цінову політику, створюючи необхідну диференціацію асортименту і установлюючи різні ціни для центрів роздрібною торгівлі, наприклад, залежно від їхнього територіального розташування;

- єдність, детальність, оперативність і повнота інформації про всі об'єкти мережі дозволяє проводити актуальні аналітичні оцінки, як по кожному об'єкту, так і по всьому підприємству в цілому, що забезпечує найбільш ефективне використання обігових коштів.

У міру укрупнення масштабів діяльності підприємства, появи розгалужених торговельних мереж виникла необхідність розробки методів вибудовування бізнес-процесів, управління і вибору системи автоматизації. Вибір оптимального методу

управління підприємством, як правило, пов'язано із визначенням моделі управління і архітектури використовуваної інформаційної системи. На даний момент склалися наступні моделі управління:

1. *Інвестиційна модель*. Наявність єдиного фінансового центру із практично самостійними об'єктами господарювання. Таку схему використовує значна частина торговельних компаній, які фактично не є у повному розумінні слова суб'єктами мережної торгівлі (об'єднані загальними інвесторами, або торговельною маркою). Недоліки такої моделі: неможливість використання переваг мережевого оператора, істотна залежність від якості менеджменту конкретного виконавця, відсутність консолідації закупівель і, як наслідок, вкрай низька конкурентоспроможність. З погляду інформаційних систем тут може успішно застосовуватися автономне програмне забезпечення. Загалом відзначається відсутність перспектив збереження істотної частки ринку за такими торговельними компаніями.

2. *Холдингова модель*. Центр стратегічно визначає закупівельну політику (постачальників, номенклатуру і закупівельні ціни) і самостійні в оперативному управлінні об'єкти торгівлі. Найчастіше цю модель управління вибирають оператори, що не мають розподільних центрів та делегують функції оперативної взаємодії з постачальниками менеджерам торговельних закладів. Використання такої схеми характерно для мереж великих супермаркетів, де висока оперативність інформації про стан торговельних об'єктів для центру не є критичною та можлива частота відновлення інформації раз на добу. Переваги моделі: гнучкість в управлінні конкретним магазином менеджерами на місцях. Недоліком такої архітектури є багаторазове збільшення парку серверів та вартості системного і прикладного програмного забезпечення, що є причиною значного підвищення вартості застосування інформаційних систем.

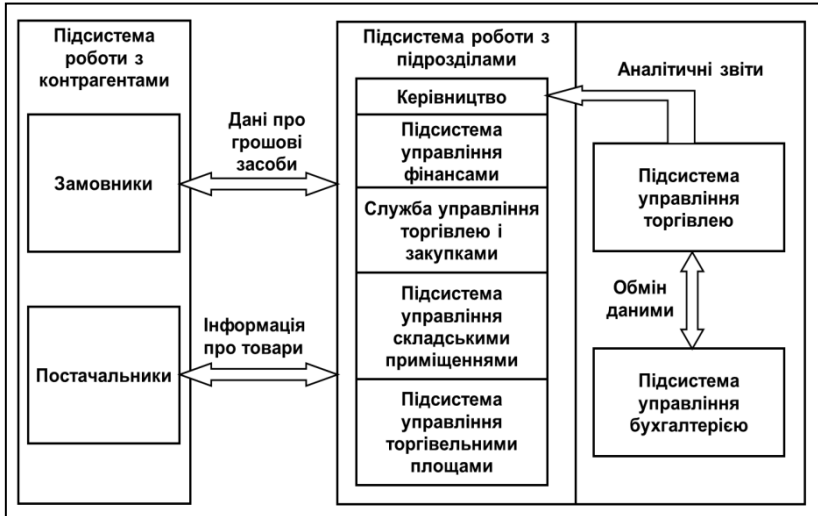
3. *Централізована модель*. Єдиний центр управління делегує об'єктам торгівлі функції, мінімально необхідні для участі в логістичних операціях по руху товарів (замовлення, інвентаризація, переоцінка). До даної моделі управління прагне



більшість нових мережевих торговельних компаній, особливо тих, які мають розподільні центри. Зниження витрат і ефективність використання апарата управління при його концентрації в єдиному центрі очевидна та істотна. Фактично в цьому випадку ми маємо справу з дистанційним управлінням торговельними об'єктами. Ця модель дає колосальний ефект тоді, коли усі бізнес-процеси компанії регламентовані та уніфіковані. Така модель дозволяє здійснювати управління неперервним чином, на відміну від холдингової моделі, де управління має дискретний характер - від одного сеансу зв'язку до іншого. Для того щоб на будь-які зміни, що відбуваються в торговельному закладі, негайно реагували в центрі, необхідна наявність постійного каналу зв'язку. Якщо вдається побудувати такий канал і забезпечити роботу в режимі on-line з єдиним сервером бази даних, це дозволяє сконцентрувати інвестиції на єдиному сервері, зменшити витрати на придбання системного і прикладного програмного забезпечення. Звичайно, будуть потрібні витрати на побудову каналів зв'язку, але дане рішення дозволить у десятки разів знизити збільшення апарата управління при перспективному збільшенні об'єктів мережної торговельної компанії.

4. *Гібридна модель.* Може зустрічатися модель управління, коли в одній мережі є об'єкти керовані централізовано, а інша частина об'єктів торгівлі може працювати по холдинговому принципу. Цей випадок частіше зустрічається в роздрібних операторів, що розбудовують загальнонаціональні мережі. Причому регіональні відділення для центру можуть виступати як підрозділи, що працюють по холдинговій моделі управління всередині яких буде застосовуватися або централізована, або гібридна модель управління.

Розглянувши основні моделі торговельної діяльності можна зробити висновок про доцільність створювати інформаційні системи управління торговельною діяльністю підприємства з єдиною базою даних на основі централізованої моделі управління (рис. 1).



**Рис. 1. Структура інформаційної системи управління торговельною діяльністю на основі централізованої моделі управління**

Дана модель побудови інформаційної системи передбачає використання єдиної бази даних для всіх об'єктів мережі, яка встановлена на єдиному сервері в центральному офісі, або на кожному з об'єктів. У цьому випадку всі об'єкти мережі підключені до єдиної бази даних і працюють в режимі реального часу. Розглянемо основні переваги такої побудови інформаційної системи перед інформаційними системами з розподіленими базами даних [1-4]:

- режим реального часу - у будь-який момент часу інформаційна система надає тільки актуальну інформацію та дозволяє здійснювати неперервне управління мережею;
- низькі витрати такої побудови мережі, які виражаються у відсутності необхідності збільшення витрат на кваліфікований персонал і дороге комп'ютерне устаткування при відкритті кожного нового об'єкта мережі. Витрати здійснюються один раз на покупку потужного центрального сервера та організацію ефективної інформаційної служби;
- повнота і несуперечливість даних про всі об'єкти мережі, що дозволяє здійснювати ефективну консолідацію інформації.

Така система повинна забезпечувати розв'язок зазначених вище цільових завдань. Крім того, важливо врахувати недоліки проаналізованих вище систем автоматизації торгівлі. А саме, у випадку розподіленої організаційної структури підприємства, необхідно виділити кошти для оптимального вирішення тактичних функцій управління філіям. Також відзначимо актуальність питання у виборі засобу для обміну даними між віддаленими підрозділами. Проаналізувавши слабкі місця безпосереднього дистанційного доступу до єдиної бази даних, найбільш оптимальним, на наш погляд, рішенням є використання індивідуальних механізмів зчитування і завантаження даних з однієї бази в іншу. Перевага даного підходу полягає тому, що в кожному, віддаленому підрозділі функціонують свої незалежні один від одного облікові програми [5,6]. Кожна веде облік у відповідності з тими вимогами і завданнями, які стоять перед територіальною філією. Обмін даних між конфігураціями автоматизованої системи здійснюється за допомогою спеціально, індивідуально створюваних під конкретні завдання механізмів. Головною особливістю такого підходу є той факт, що самі дані, які передаються від одного підрозділу до іншого, містять тільки дуже обмежену інформацію, яка описує, по-перше, що відбувається на поточний момент часу (наприклад, зчитування підсумків робочого дня), а по-друге, тільки ті об'єкти обліку, які є необхідні. Тим самим виключається основний недолік застосування централізованої архітектури - громіздкість бази даних. Крім того, у ході побудови інформаційної системи управління бізнес-процесами торговельного підприємства необхідна організація цілісності даних, механізму доступу до них відповідно до прав користувачів.

Такі принципи організації системи автоматизації бізнес-процесів у рамках створення єдиного інформаційного простору підприємства відповідають стандарту PDM-систем [7,8]. Проведений аналіз стану інформаційних технологій і напрямку їх розвитку дозволяє зробити висновок про те, що одним з найбільш важливих завдань є створення автоматизованої системи управління торговельної компанії з використанням CALS-технологій для підвищення ефективності її роботи. До її

складу повинні входити різні засоби моделювання і оптимізації бізнес-процесів.

Однією з головних задач є моделювання роботи великої корпорації при забезпеченні централізації з метою досягнення максимальної ефективності управління. Для цього повинні бути реалізовані засоби моделювання розв'язку цільових завдань торговельного підприємства в частині аналізу конкурентного середовища, формування критеріїв якості товарів, оптимізації товарів по категоріям, вибору групи товарів для продажу, оптимізації місць зберігання товарів, визначення ціни товарів, прогнозування продажів. Тому інформаційна система управління повинна будуватися як централізована система з виділенням певних функцій філіям для розв'язку цільових завдань корпорації. Причому основні стратегічні рішення приймаються центральним офісом, а у філіях дані рішення конкретизуються на розв'язок певних завдань. Створення такої системи управління дозволить автоматизувати управління діяльністю компанії для одержання максимального прибутку.

Для забезпечення можливості розв'язку перерахованих завдань необхідно обґрунтувати раціональну архітектуру системи управління. Вона повинна максимально забезпечити виконання цільової функції торговельного підприємства. При цьому необхідно враховувати можливість використання наявних на підприємстві технічних засобів. Потім у відповідності до запропонованої архітектури технічних засобів необхідно обґрунтувати структуру системних і проблемно-орієнтованих засобів системи управління підприємством [9]. Обґрунтування повинне враховувати досвід використання таких систем і накопичений потенціал в області розробки інформаційних технологій для подібних підприємств.

Проведений аналіз наявних інформаційних технологій показав істотні недоліки використовуваних моделей і математичного апарата для розв'язку завдань управління підприємства. Тому виникає завдання розробки ефективних математичних моделей функціонування інформаційних систем і відповідних їм алгоритмів і програм. Найважливішим етапом розробки такої інформаційної системи є її програмна реалізація

й впровадження на торговельному підприємстві. Таким чином, розробка і створення інформаційної системи управління торговельного підприємством забезпечується розв'язком наступних завдань:

1. Розробка архітектури системи управління великої торговельної компанії на основі CALS-еєхнологій;

2. Розробка моделей і алгоритмів моделювання діяльності компанії при стратегічній централізації управління і виділенні тактичних функцій управління філіям, з метою забезпечення максимізації прибутку за районами продажу, оптимізації місць зберігання товарів, прогнозування попиту, визначення оптимальної ціни товарів з урахуванням перерозподілу функцій управління між центральним офісом і філіями;

4. Розробка методів захисту інформації в системі управління підприємством корпоративної торгівлі.

5. Розробка прикладного програмного забезпечення і його впровадження в систему управління.

#### **Список використаної літератури:**

1. Машенко В.Е. Системное корпоративное управление: учеб. пособие / В.Е. Машенко. - М.: Финансы и статистика, 2003. - 251 с.
2. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении: учеб. пособие / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин. - М.: Финансы и , статистика, 2003. - 368 с.
3. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: учеб. пособие / В.А. Геловани [и др.]. - М.: Эдиториал УРСС, 2001. - 304 с.
4. Рейтлян Я.Р.: Аналитическая основа - принятия управленческих решений: учеб. пособие / Я.Р. Рейтлян. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 333 с.
5. Сахаров А.А. Концепции построения и реализации информационных систем, ориентированных на анализ данных / А.А. Сахаров // СУБД. - 1996.-№4. -С. 55-70:
6. Хансен Г. Базы данных: разработка и управление: Пер. с англ./ Г.Хансен, Д. Хансен. - М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 1999: - 704 с.

7. Теория автоматического управления : учеб. пособие / под ред. А.А. Воронова. - М.: Высшая школа, 1977. 4 2.- 270 с.
8. Зиндер Е.З. Бизнес-реинжиниринг и технологии системного проектирования: учеб. пособие / Е.З. Зиндер. - М.: Центр Информационных Технологий, 1996. - 306 с.
9. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей: учеб. пособие / А.Н. Степанов. - СПб: Питер, 2005. - 512 с.

### **3.9. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ АКТИВНОГО ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Розвиток економіки України в значній мірі визначається економічним потенціалом її виробничих систем (підприємств), їхньою конкурентоспроможністю і стійкістю розвитку в умовах впливу факторів зовнішнього середовища.

Зовнішнє середовище по мірі розвитку ринкових відносин здійснює все більший вплив на діяльність вітчизняних підприємств. Тому доцільно досліджувати особливості управління конкурентними перевагами підприємства в тісному взаємозв'язку з факторами зовнішнього середовища, визначати тенденції їхньої зміни і розвитку. При цьому більш конкурентоспроможним є те підприємство, яке змогло найбільш адекватним способом і в найкоротший термін адаптуватися до нового стану зовнішнього середовища [1, с.96].

Отже, ключовим завданням менеджменту українських підприємств на даному етапі інтеграції України в світовий економічний простір та розвитку національної економіки є забезпечення конкурентоспроможності виробничих систем в умовах активного зовнішнього середовища.

Значимість поставленого завдання важко переоцінити. Його вирішення на першому кроці вимагає негайної координації наукових ресурсів та практичного досвіду з метою розробки нових актуальних підходів, що дозволять розробити нові інструменти для забезпечення конкурентоспроможності

українських підприємств. Ключового фокусування в даному аспекті вимагає, звісно, система менеджменту українських підприємств.

Дослідженню конкурентоспроможності підприємств та формуванню можливих шляхів підвищення її рівня присвячені праці вітчизняних та зарубіжних науковців Г. Азоєва, І. Ансоффа, А.Воронкової, В. Галеева, А. Градова, Ю. Іванова, А. Кроткова, Ж.Ламбена, Й.Ліфіц, М.Портера, Р.Фатхутдінова, Д.Юданова та інших.

Зміни, що відбуваються у зовнішньому середовищі, все більше дестабілізують діяльність менеджменту сучасних підприємств в аспекті отримання конкурентних переваг та забезпечення конкурентоспроможності. Відсутність бачення необхідних змін та впровадження радикальних організаційних перетворень спричиняють кризовий стан господарювання та втрату конкурентних позицій багатьох українських підприємств.

Система управління підприємством не може претендувати на одноосібне значення в аспекті забезпечення його конкурентоспроможності. Проте на сьогоднішній день чітко відзначається, наскільки складною проблемою є її адаптація до бурхливого зовнішнього середовища, що вимагає постійного пошуку нових системних підходів до її організації.

Не зважаючи на складність сучасних підприємств як системи, більшість українських компаній побудовані та керуються за функціями та рівнями ієрархії.

Функціональне управління в класичному розумінні – це управління за функціями, в процесі якого кожен функціональний керівник відає виконанням певного кола функцій, робіт (виробничі, технологічні, проектні, фінансові, інформаційні, забезпечуючі) [2].

Для функціонально орієнтованого підходу характерна ієрархічність. Споживачем результатів діяльності співпрацівників є керівник. При цьому він контролює ефективність діяльності співпрацівників. Взаємодія між підрозділами здійснюється, як правило, через керівників. У зв'язку з цим функціональний підхід має достатньо серйозні недоліки [3]:

– відсутність можливості швидкого реагування на вимоги ринку внаслідок того, що управління має дуже жорстку структуру, збудовану «зверху-донизу». Ухвалення рішень здійснюється повільно, зі значною кількістю узгоджень і передавальних ланок. При цьому ухвалення навіть найпростіших рішень проходить через керівника;

– відсутність зацікавленості співробітників в кінцевому результаті (задоволеності клієнта). Основне в такій організації – чітко і правильно виконати свої функції. Головним споживачем результатів праці виконавця є його менеджер, від якого і залежить винагорода співробітника;

– відсутність розуміння цілей організації і впливу діяльності декількох підрозділів на єдиний результат часто призводить до конкуренцій між підрозділами за розширення зон впливу і скорочення зон відповідальності;

– великі «невидимі» накладні витрати, пов'язані з тим, що топ-менеджери сильно задіяні в поточній діяльності і вимушені «склеювати» окремі функції в процеси, щоб забезпечити досягнення кінцевого результату.

Для більшості радянських підприємств економічні, демографічні і соціальні фактори не враховувались на відміну від капіталістичних країн, де вони були основою для прийняття рішень. Традиційна функціональна побудова систем управління була доцільною. Однак з появою конкуренції змагатися з компаніями, які спеціалізуються на певних сегментах ринку, стає все важче. Виникає необхідність обмежитися конкретним сектором (продукції або послуг), а це вимагає змін всіх функцій управління і компетенції керівника. Але функціональна система не здатна швидко переорієнтуватися. Чим інтенсивніше виявлялася дія зовнішнього середовища, тим більше уваги керівництво підприємств повинне було приділяти вивченню процесів, що відбуваються в ринковій економіці, і розробці адекватних реакцій на можливі зовнішні дії [4, с. 29].

Лише з розвалом Радянського Союзу та з освоєнням принципів функціонування ринкової економіки, в котрій необхідно постійно вдосконалювати форми організації, українські управлінці почали шукати альтернативи, які б



дозволили адаптувати підприємства до умов активного зовнішнього середовища.

Не дивлячись на подальшу трансформацію чи навіть дискредитацію ідей функціональної спеціалізації сьгоднішніми науковцями в галузі управління, вони досі мають величезний вплив на підприємства у всьому світі, значна кількість яких побудована за даним принципом та базується на фахівцях, що виконують спеціалізовані завдання. Дані тенденції гостро актуальні й для українських підприємств.

Серед ключових недоліків функціонального управління в умовах активного зовнішнього середовища слід відзначити:

1. Відсутність розуміння спільного та індивідуального залучення усіх структурних підрозділів та працівників в процес створення цінності для споживача.

2. Зосередження на внутрішній конкуренції між структурними підрозділами організації замість конкурентної боротьби зі зовнішніми конкурентами.

3. Неefективне застосування інформації та її передачі, що є однією з ключових складових в прийнятті управлінських рішень в умовах сьгоднішньої невизначеності.

Усі перелічені недоліки аж ніяк не сприяють концентрації усіх організаційних ресурсів з метою отримання конкурентних переваг та забезпечення конкурентоспроможності підприємства. Для вирішення проблем, пов'язаних з вище переліченими недоліками, західні компанії стали переймати досвід японських організацій щодо використання процесного підходу в управлінні.

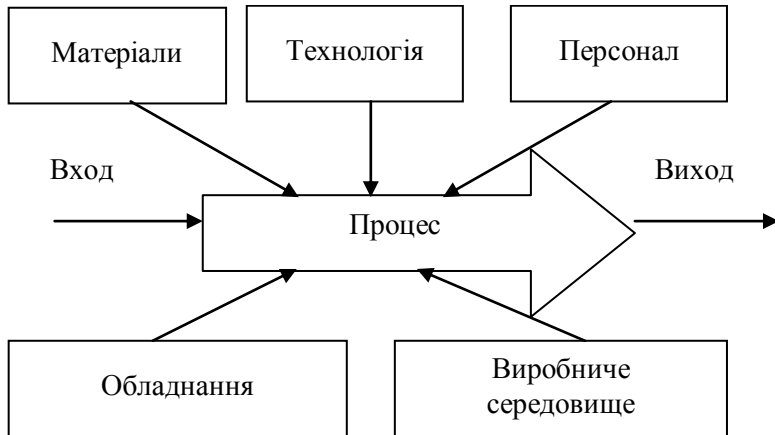
Під «процесним підходом» розуміють застосовування в межах організації системи процесів разом з їх ідентифікуванням і взаємодіями, а також керуванням ними для одержання бажаного результату. Перевага процесного підходу – забезпечуваний ним безперервний контроль зв'язків окремих процесів у межах системи процесів, а також їх поєднань і взаємодій [5].

За впровадження в систему управління підприємством процесного підходу змінюються і підходи до формування конкурентоспроможності підприємства. Так, ключовою

основою для формування конкурентоспроможності стають бізнес-процеси підприємства.

Для позначення бізнес-процесу часто використовується поняття «5М» – п'ять складових частин процесу, які формують внутрішні фактори конкурентоспроможності самих бізнес-процесів (рис. 1): Method – технологія; Man – персонал; Machinery – устаткування; Material – матеріали; un Milieu ouvrier (франц.) – виробниче середовище [6, с. 241].

Даний список можна варіювати, викреслювати або доповнювати залежно від специфіки процесу, але в основному це ті складові, без яких не може відбутися процес, що разом із зовнішніми факторами формують передумови конкурентоспроможності бізнес-процесів підприємства.



**Рис. 1. Внутрішні фактори формування конкурентоспроможності бізнес-процесів**

У сучасній міжнародній практиці управління є ціла низка практичних інструментів, що застосовуються з метою забезпечення конкурентоспроможності підприємств.

Широкого практичного застосування в міжнародній практиці набув реінжиніринг бізнес-процесів (РБП), що користувався значною популярністю на заході в середині 90-років ХХ століття, безпосереднім базисом якого є процесний підхід до управління.

Реінжиніринг – «це спосіб кардинальної перебудови бізнес-процесів в компанії, який протікає з кардинальними якісними змінами в діяльності конкретного підприємства, які визначаються стрибкоподібним перепроєктуванням елементів фінансової, виробничої, маркетингової, логістичної, ресурсної, кадрової, інформаційної, екологічної складових організаційно-економічного механізму підприємства і включають адаптацію підприємства до ринкового середовища, що змінюється» [7, с. 102].

Поняття РБП виникло приблизно в 1990 році і відтоді викликає активний інтерес спеціалістів у сфері менеджменту. Авторами концепції реінжинірингу бізнес-процесів є всесвітньо визнані американські науковці М. Хамер та Д. Чамплі. М. Хаммер визначає реінжиніринг як «фундаментальне переосмислення і радикальна перебудова бізнес-процесів для досягнення кардинальних поліпшень критичних сучасних показників ефективності: вартості, якості, сервісу і оперативності» [8, с.52].

Однією з основних особливостей реінжинірингу є його орієнтація не на функції, а на процеси, і тому зазвичай він пов'язаний з відмовою від вертикальної організаційної структури на користь структури, що сприяє тіснішій горизонтальній координації, більшій гнучкості та високій швидкості реакції компанії на зміни в зовнішньому середовищі. Реінжиніринг бізнес-процесів змушує відмовитись від попереднього досвіду менеджерів компаній в реалізації певної діяльності, і по новому поглянути на ланцюжок створення цінності для споживачів.

Виходячи з даного твердження можна зазначити, що [9]:

- реінжиніринг бізнес-процесів вимагає вільного мислення, не скутого рамками існуючих систем і бізнес-процесів;
- реінжиніринг бізнес-процесів вимагає творчого підходу і залежить від стилю мислення, наприклад, використання можливості роботи в домашніх умовах, а не в офісі, прагнення до постійного поліпшення;
- реінжиніринг бізнес-процесів не зводиться тільки до розгляду технологій, що використовуються, він включає й інші

елементи - правильне застосування принципів управління процесами, розвиток методів управління якістю, сучасні методи мотивації та управління персоналом.

Реінжиніринг бізнес-процесів надає замовникам поліпшення таких найважливіших параметрів як скорочення терміну виконання замовлення, покращення якості товарів, робіт і послуг і поліпшення рівня обслуговування. З погляду підприємства успішне проведення реінжинірингу бізнес-процесів може спричинити за собою скорочення витрат, збільшення продуктивності, підвищення конкурентоспроможності продукції підприємства і, як наслідок, посилення позицій підприємства на ринку. Головне, що забезпечує реінжиніринг – це спосіб досягнення цілей, які довгий час вважалися теоретично досяжними, але насправді в більшості організацій не вистачало ні технологій, ні здатності досягти їх.

Свідченням на користь реінжинірингу може служити висока динамічність сучасного ділового світу. Безупинні і досить істотні зміни в технологіях і засобах комунікації, ринках збуту і потребах клієнтів стали звичайним явищем, і підприємства, намагаючись вижити і зберегти конкурентоспроможність, змушені безупинно перебудовувати свою стратегію і тактику. Дана проблема вирішується шляхом зміни базових принципів організації підприємств та орієнтації не на функції, а на процеси. З усіх концепцій менеджменту, що ґрунтуються на процесах, РБП є найефективнішою.

Таким чином, за результатами даного дослідження можна зробити такі висновки:

1) діючі системи управління українських підприємств не здатні швидко адаптуватися до зовнішніх умов функціонування, що є ключовою перепорою на шляху забезпечення конкурентоспроможності, не зважаючи на наявні матеріальні ресурси;

2) фактори зовнішнього середовища все більше виходять за рамки суто економічних відносин та знаходяться в соціально-економічному просторі, що ще більше посилює значення ефективного менеджменту як ключової конкурентної переваги;

3) проблематика забезпечення конкурентоспроможності підприємств на теоретичному рівні на сьогоднішній день не має достатньої кількості системних напрацювань, розроблених інструментів та підходів до її вирішення, що вимагає подальших наукових досліджень в даному напрямку;

4) в умовах активного стану зовнішнього середовища менеджерам українських компаній необхідно приділяти достатньо уваги застосуванню РБП на практиці. Особливо це стосується управлінських процесів, оскільки консервативні цінності управління є однією з ключових перепон на шляху забезпечення конкурентоспроможності підприємства.

5) новим процесам, що виникають у процесі реінжинірингу, притаманні відмітні властивості. До них належать горизонтальне стискання процесу (декілька операцій об'єднується в одну), вертикальне стискання процесу (виконавці, яким делегована частина владних повноважень, приймають самостійні рішення), суміщення частини раніше послідовних робіт, зменшення перевірок і керівних впливів, мінімізація погоджень, переважання змішаного централізовано-децентралізованого підходу.

### **Список використаної літератури:**

1. Грозний І.С. Вплив детермінуючих факторів зовнішнього конкурентного середовища на формування і розвиток конкурентних переваг підприємства / І.С. Грозний, С.В. Коверга // Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України. Економіко-правове забезпечення розвитку підприємництва в Україні. – 2008. – Вип. 6 (74). – С. 92-102.
2. Райзберг Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 479 с.
3. Вишняков О.Л. Процессный подход в управлении организацией [Электронный ресурс] / О.Л. Вишняков, К.Г. Тулинцев. – Режим доступа: [http://pmteam.ru/upload/image/Processny\\_Podhod\\_v\\_upravlenii.pdf](http://pmteam.ru/upload/image/Processny_Podhod_v_upravlenii.pdf)
4. Абдикеев Н. М. Реинжиниринг бизнес-процессов / Н.М. Абдикеев. – М.: Изд-во Эксмо, 2005. – 592 с.

5. ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Вимоги: Наказ Держспоживстандарту України від 22.06.2009 р. № 225. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http:// www.iso.org](http://www.iso.org).
6. Репин В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. – 408 с.
7. Таранюк Л.М. Науково-понятійний апарат реінжинірингу бізнес-процесів підприємства / Л.М. Таранюк // Механізм регулювання економіки. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2009. – №4.Т.1(43) – С. 97-105.
8. Хаммер М. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе / М. Хаммер, Дж. Чампи. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2006. – 287 с.
9. Робсон М. Практическое руководство по реинжинирингу бизнес-процессов / М. Робсон, Ф. Уллах. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 224 с.

### **3.10. ЕКОНОМІКА ОСВІТИ РЕГІОНУ: ШАНС НА ПЕРСПЕКТИВУ**

Сучасний стан економічного розвитку України потребує децентралізації влади, освіти і культури, про що неодноразово наголошували вітчизняні політики. Так, М.С. Грушевський у далекому 1921 р. підкреслював недосконалий поділ України на губернії й повіти, що залишається переважно й на даний час. Він пропонував здійснити «поділ на землі, більші від повітів, а менші від губерній». В їх рамках розвивалось би те «широке громадське самоврядування, котре має на оці проект нашої конституції, будуючи нову Україну на основах децентралізації й полишаючи центральній виконавчій владі справи, які зістаються поза межами діяльності установ місцевої і національної самоуправи, або дотикають цілої республіки. Треба отже намацати й відокремити ці райони, а тоді й губернії й уїзди втрачуть всяку причину свого існування» [1].

Ми вже дійшли до того місця в розвитку нашого знання, де вже побував геній Володимира Івановича Вернадського і залишив нам всепроникаючі знаки руху свого великого розуму:

життя всюде і є неперервним у часі, мінеральний світ є похідною від життя; геологічна роль людини і людства – перехід біосфери в ноосферу і вибухоподібне поширення наукової свідомості; організація науки є ноосферним явищем, забезпеченим освітою.

Очікувана земна гармонія соціального з'явиться за умови узгодження земного і космічного в царині біосфери.

Біосфера – фундаментальне поняття біогеохімії, один з основних структурних компонентів організації Землі і навколосемного простору, сфера, в якій здійснюються біоенергетичні процеси і обмін речовин внаслідок діяльності життя.

Україна входить в ноосферу в кризовий час збройного конфлікту на сході країни, при цьому стрімко проявляються дух і життєві сили народу, виростають ідеали свободи і цілеспрямованого розвитку соціуму, і не тільки українського... Синтез земного і космічного – новітня картина: передбачає вслід за філософією космізму запровадити педагогіку космізму.

Ідеї антропокосмізму, активної еволюції, всеєдності, панетизму, екологічного і морального імперативів є пріоритетними в методології сучасної освіти для подальшого вироблення синтезу ентропійного і антиентропійного знання, щоб предметність сприяла впізнанню Меті освіти.

Ідея ноосфери В.І. Вернадського, як області єдності (гармонії) природи і суспільства, де розум і духовність є визначальними чинниками розвитку цивілізації, – на порядку денному сучасної школи.

Ноосферна освіта – своєрідна програма, в якій зосереджена мета розвитку суспільства, де освіта стає цілісним світоглядом, що дозволяє забезпечити належну екологічну свідомість і духовну складову особистості одночасно – становить ноосферний світогляд особистості.

Його риси:

- 1) опора на ключові ідеї філософії руського космізму;
- 2) цілісність, інтегративність, що охоплюється різними областями знань (наукове, гуманітарне, релігійне, філософське);

- 3) усвідомлення людиною себе і свого місця в довкіллі;
- 4) оволодіння нормами соціоприродної (ноосферної) етики, їх практичне запровадження [3].

Ситуація в Україні 2014-2015 рр. проявила морфологію духу країни як біосферні макрорегіони – Західний, Центральний, Східний, Приморський – потребують відповідних освітніх каналів, розпочинаючи українську весну на планеті (компаративістика не працює).

Ноосфера (думка прийшла В.І. Вернадському на Полтавщині не випадково!) активно діє, проте за своїми законами, які є незрозумілими людині і потребують адаптації – з одного боку, поглиблення пізнання – з іншого. Тобто, ноосфера ще не виробила механізмів контролю над подіями на планеті, а біосфера вже не в змозі компенсувати зміни в природі, заподіяні людиною, як на рівні всепланетної екосистеми, так і на рівні геному (В.А. Кордюм), і через недолугість освіти – непоінформованість з боку фундаментальних наук, розгубленість методології, запізнення зі створенням штучного розуму тощо – не спішить (і теж не в змозі) приходити на допомогу... – тому криза буде і далі загострюватися.

Нині, поряд з глобалізацією виникає прискіплива увага до регіонів.

Регіон біосферний – відносно замкнуте територіальне недержавне соціально-виробниче утворення, яке характеризується відносною самодостатністю й здатністю до самовідтворення соціально-виробничих функцій і відповідної інфраструктури, вбудоване у функціональну структуру космобіотизованого геопростору; територія адміністративної області, краю, група адміністративних районів або окремих район, містить у своєму центрі мегаполіс (місто або систему міст), щільність населення спадає від центру до периферії.

Одним із таких осередків – точкою росту економіки України – є Кременчуцький біосферний регіон (складові: Кременчук, Комсомольськ, Світловодськ; Кременчуцький, Світловодський, Онуфріївський, Козельщинський, Глобинський райони). Нині Кременчуччина – це понад 80% ВВП Полтавщини.



В царині кабінетної державної регіональної політики ще визріває думка про значне посилення ролі місцевих органів влади в розробці та реалізації стратегії розвитку окремих територій – регіонів. Ресурсом такого розвитку мала би ставати освіта, що закладає основи нового соціального договору, націлена на партнерські стосунки між владою, бізнесом та громадськістю.

Саме з локальних порядків біосферного регіону, з його освітнього проектування в суто природних межах розпочинається вихід із суцільного хаосу.

Сьогодні в наукових колах України поживилася концептуалізація процесу трансформації освіти в напрямі розвитку регіональних систем. Адже кризи не існує – є невідповідність освіти. За підтримки Міністерства освіти і науки України, Національної академії педагогічних наук України, за авторитетної наукової думки президента Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля доктора економічних наук, професора Б.І. Холода, науковцями Кременчуцького інституту в 2009 році започатковано і діє на 25-літню перспективу й надалі науковий проект Кременчуччини «Профільна освіта регіону» (Затверджено наказом Міністерства освіти і науки України №1193 від 14 жовтня 2011 р.). А значить потребує глибокого аналізу (регіонального підходу) вся наша справа, пов'язана з формуванням фахівця ХХІ століття, – прагне говорити про регіон як симетричну в часі біосферну область, потребує подальшого розвитку зусиль на засадах наукового забезпечення освітньої регуляторної політики.

У цьому напрямку колектив інституту працює під керівництвом д.пед.н., професора А.П. Самодріна. Серйозним доробком на регіональному рівні є напрацювання учасників Всеукраїнського семінару «Економіка освіти і освітня діяльність», який пройшов у м. Полтава у 2006 році на базі Полтавського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти імені М.В. Остроградського.

На початку ХХІ століття економічна складова глобальних процесів зчинила бурхливі зміни у всіх сферах суспільного життя. Зростання цінності знань привнесло, як наслідок, нову

систему оцінок у визначення ролі, змісту та мети освіти. Нинішнє спрощене сприйняття системою державної влади освіти шкодить не лише учасникам освітнього процесу, а насамперед – економічній системі. Сьогодні неможливо проводити реформування економіки країни без відповідних глибинних процесів змін в освітній системі. Існує потреба у формуванні в Україні якісно нового інноваційного суспільства, що базується на нових підходах до технологічних змін, гуманізації економіки країни, як частини світового глобалізованого простору. Економіка й освіта тісно пов'язані і взаємозалежні. Ось чому потрібно обов'язково враховувати внутрішні та зовнішні фактори, які впливають на всі процеси, які відбуваються в системі освіти в плані залучення інвестицій, надання і розширення освітніх послуг, модернізації, реформування тощо з метою досягнення якісно нового рівня конкурентоспроможності економіки та її предтечі – освіти.

Щоб вийти на траєкторію сталого економічного розвитку, побудувати відкрите демократичне суспільство з європейським рівнем життя, давно назріла потреба створити якісно новий суспільно-психологічний клімат, який сприяв би соціально-економічним новаціям та більшій самореалізації людини в нашій країні.

Економіка освіти важлива гілка системи економічних наук і відноситься до числа найбільш молодих, оскільки як наука, вона склалася набагато пізніше економіки промисловості і ряду інших галузевих економік – всього лише кілька десятиліть тому.

Економіка освіти – наука про комплексну економічну роль освіти в процесі розширеного відтворення, в т. ч. відтворення виробничих відносин між людьми у цій сфері, властивих їй закономірностей.

Об'єктивними передумовами виникнення і розвитку економіки освіти є:

- становлення системи освіти як самостійної та специфічної галузі господарства;
- розгортання НТР, що зумовила істотне розширення масштабів освіти, значне збільшення витрат на неї, посилення впливу освіти на темпи економічного зростання;

- сукупний внесок освіти у зростання майбутніх доходів суспільства в цілому та індивіда зокрема.

Як навчальна дисципліна, економіка освіти має свій, тільки їй притаманний предмет, тобто об'єкт і суб'єкт вивчення. Таким об'єктом є своєрідні продуктивні сили та економічні відносини, характерні для організації та проведення процесу освітньої діяльності. Об'єкт – це не тільки економічні умови і форми відтворення робочої сили, форми суспільних витрат на розвиток системи освіти та підготовку кадрів, умови відшкодування цих витрат, але й процес створення та обміну освітніх послуг.

Суб'єктом дослідження і вивчення в економіці освіти виступають люди, велика частина населення, яка в тій чи іншій мірі включена в освітню трудову діяльність. Це діти, що виховуються в дошкільних установах, учні різних шкіл, середніх спеціальних навчальних закладів, студенти вузів та їхні батьки, всі, хто споживає освітні послуги, вихователі, викладачі та інші працівники сфери освіти. Існують різні підходи і методології щодо визначення змісту поняття економічної сутності освіти. Це залежить від системи аргументації кінцевої мети збагачення індивіда, суспільства в цілому відповідними знаннями.

Суб'єктивними факторами створення економіки освіти були теоретичні, методологічні й методичні розробки західних економістів з економічних проблем освіти, перетворення її на окрему навчальну дисципліну, що викладається у багатьох університетах розвинутих країн світу.

Найвагоміший внесок у розробку теоретико-методологічних засад економіки освіти зробили західні вчені Г. Беккер, Т. Шульц, Ф. Махлуп, М. Блауг, В. Петті, А. Сміт, Д. Рікардо, А. Маршалл та ін. Методологічною основою економіки освіти у працях західних економістів є здебільшого теорія «людського капіталу», згідно з якою знання, навички та інші здібності людини, які впливають на зростання виробництва і доходів, є капіталом, а вкладеннями, що формують цей капітал, є витрати на освіту, підготовку робочої сили на виробництві, на медичне обслуговування тощо. Прихильники цієї теорії виходили з того, що вартість

виховання й освіти формує реальні витрати, а праця освіченої людини продуктивніша, що свідчить про зростання національного багатства внаслідок здійснення витрат на освіту. За підрахунками західних і вітчизняних економістів, майже третина приросту валового внутрішнього продукту в розвинутих країнах світу нині забезпечується інвестиціями у сферу освіти. За даними Г. Беккера, віддача вищої освіти в США становить від 10 до 20%. Тому розвинуті країни світу ще в 1970-х прийняли концепцію «Про інтелектуалізацію народного господарства і розвиток здібностей населення», яка була підкріплена комплексом заходів щодо її реалізації.

В Україні проблеми ринкового змісту економіки освіти розглядали на початку XXI ст.: проф. В.І. Куценко, видав навчальний посібник «Економіка освіти» (2003 р.) [2]; проф. Т.Є. Оболенська (2005 р.) - в контексті маркетингу освітніх послуг. На її думку, ринок, а значить, і маркетинг освітніх послуг необхідно аналізувати в трьох робочих масштабах: міжнародному, державному та регіональному.

Академік В.Г. Кремень, досліджуючи проблеми ринкового змісту економіки освіти, започаткував розробку науково-методичних засад формування економічної компетентності працівників освіти [4].

Набуття економікою освіти ринкового характеру – одна з важливих інтеграційних проблем України. Розв'язання зазначеної проблеми започатковано «Національною доктриною розвитку освіти України у XXI столітті» (2002 р.).

Вирішення питання наповнення ринковим змістом економіки освіти Національною доктриною зводиться до врегулювання проблем фінансування, ефективного використання коштів і створення системи нормування та оплати праці. Сучасний стан економічного розвитку країни, кожного регіону потребує дослідження, розуміння та пошуку оптимальних підходів до визначення економічних, науково-освітніх аспектів у розвитку регіонів і сучасного суспільства загалом.

Знання проблеми і розуміння перспектив розвитку кожного регіону дає змогу максимально забезпечувати

інноваційно-технологічний розвиток, збалансований попит та пропозицію робочої сили на ринку праці в державі.

Прикладом вирішення проблем економіки освіти на регіональному рівні, на нашу думку, є розвиток ННК «Профільна освіта регіону» (який підтримано трьома інститутами Національної Академії наук України та чотирма інститутами Національної Академії педагогічних наук України), кроки якого зафіксувало рішення Всеукраїнської науково-практичної конференції «Розвиток освітнього округу Кременчуччини «Профільна освіта регіону» досвід і перспективи».

Синхронізація управлінських рішень щодо визначення стратегії освіти і стратегії розвитку соціально-економічної системи, яку ми розглядаємо як суто природну в умовах Кременчуччини сьогодні є актуальною і покладено в основу створення та розвитку навчально-наукового комплексу багаторівневої безперервної освіти «Профільна освіта регіону».

Навчально-науковий комплекс «Профільна освіта регіону» – це найбільш масштабний освітній, соціально-економічний та громадський проект Кременчуцького інституту Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля, кроки у напрямку до здійснення якого стали знаковими подіями життя інституту.

З моменту створення ННК «Профільна освіта регіону» виявилась його унікальність: вперше освітній округ заснувало безпосередньо саме МОН України; вперше діяльність округу отримала наукову підтримку провідних наукових установ України.

Однією із глобальних задач Комплексу є: з одного боку, систематизація освітньої діяльності усіх рівнів щодо підготовки фахівців для сучасного виробництва, сфери послуг Кременчуччини, з другого можливість створення цієї системи підготовки фахівців в умовах найбільш сприятливих за найменших витрат тою системою, яка готує людину до життя.

Комплексний характер проектування забезпечує розкриття творчого начала особистості як умову і результат самоорганізації на засадах освітньої перспективи.

ННК «Профільна освіта регіону» є проектом, що стверджує, по суті, новий організаційно-економічний механізм функціонування освіти, новий підхід до фінансування освітньої діяльності та нові критерії встановлення соціально-економічної ефективності освітньої діяльності для громади Кременчуччини.

#### **Список використаної літератури:**

1. Грушевський М.С. Новий поділ України / М.С. Грушевський // Хто такі українці і чого вони хочуть. – К.: Знання, 1921. – С. 215–218.
2. Куценко, В. І. Економіка освіти : навчальний посібник / В.І. Куценко. - Київ : Міленіум,2003.-105 с.
3. Самодрин А. П. Педагогічна організація регіону : теорія і практика : [монографія] А. П. Самодрин. – Кременчук : ПП Щербатих, 2006. – 232 с.
4. Феномен інновації : освіта, суспільство, культура : монографія / за ред. В. Г. Кременя. – К. : Педагогічна думка, 2008. – 472 с.

## ANNOTATION

### **Barna M. Yu. Scientific approach to increase efficiency dominants selection system of domestic trade in Ukraine**

This article contains the methodological thesis; system of the relationships between the factors and indicators for each subsystem of the domestic trade; selection of dominants efficient for the system of domestic trade of Ukraine under the transformation, division of the dominants to dominants-adaptors and dominants-stimulators which allow to achieve an increase of turnover at the national level.

**Keywords:** domestic trade, dominants, indicators, national level, system factors.

### **Byrskyi V.V. Open economy as a factor of sustainable development**

Studying the concept of strategy as a tool for development and implementation of sustainable economic systems have important scientific objectives: to identify a set of economic indicators that reflects the level of openness and interaction between economic systems; spend updating their classification; the role of openness regional economic system in shaping the strategy of sustainable development.

### **Denisova O.O. The Study of Enterprise Architecture Software Requirements**

The work considers of Enterprise Architecture management activities that need computer-aided support. Enterprise Architecture Software is examined. Requirements for software components are elaborated.

### **Diorditsa S.G., Dilenko V.A. Evaluation and analysis of the functioning of the economy of Ukraine using the model «input-output»**

Evaluation and analysis of the efficiency of functioning of the economy of Ukraine, using the model of «input-output» In terms of economic and mathematical model «input-output» suggested a complex of performance indicators system manufacturers. Based on

these indicators, using official statistics analyzed the efficiency of the Ukrainian economy and identified some trends in its dynamics in 2003 - 2012 years.

### **Gurova V. Explosive innovations in insuring of global corporative competitiveness.**

The article is devoted to the investigation of the role of explosive innovations in insuring of global corporative competitiveness. It is concluded that the economy of the developed countries is characterized by the domination of the high-tech branches and service sector. Using of the explosive innovations opens the prospects for solving of social and economic problems. It is estimated that the share of explosive innovations makes up 14 % of total amount of innovations. It is defined that the modern world market is characterized by such tendencies: globalization, acceleration of information exchange, cutting down the knowledge transfer length, strengthening of organizations interaction etc. It is analyzed the innovation activity of Ukraine's enterprises and concluded that more than 70 % of enterprises applied by innovation activity due to the own funds and the share of explosive innovations is near 10 %.

**Keywords:** explosive innovations, corporative competitiveness, innovation activity, knowledge transfer, information exchange.

### **Hopka V., Tobilevich J. Network analysis applied to dynamics research commodity market in times of crisis**

The work is devoted to research of features spot market dynamics in times of crisis by means of network analysis. The results give reason to believe that unlike the stock, commodity markets are virtually uncorrelated, which greatly complicates the prediction of adverse events.

**Keywords:** complex networks, measure of complexity, topological analysis, spectral analysis, the commodity market, crisis

### **Ivanov N.N. Model build information and logistics systems**

This section considers an approach to the smart management of business entities. The paper proposes a conceptual model of logistic information management system of the economic entity and of the



developed model is the basis for building Internet portal. Keywords: smart management, logistic system, information management.

### **Kobets V. Model of double electronic vickrey auction**

The paper deals with different approaches to special mechanisms for the distribution of goods and payments, such as auction model. Different formats of auctions that change welfare of their participants are investigated. It is defined that in double Vickrey auction incentives for most buyers and sellers are created to reveal their true types. The developed version of double Vickrey auction showed the highest efficiency in the terms of social welfare among alternative formats and disproved the ability of Vickrey auction to achieve results like market mechanism of perfect competition.

### **Korolkov V., Lytvyn K. Cognitive aspects raising of knowledge's component in the production function**

As the title implies, this paper considers two main ideas of modern society: knowledge economy and human potential. Over the last decades, world market economy has expanded and its functioning has undergone deep changes. Economy in developed countries has become driven by technologies based on knowledge and information production and dissemination. The role of education in any economy can be seen through the role it plays in the formation of human capital in a country. As a result of these investigations, the conclusion should be made that the concept “knowledge economy” must take the basic place among different strategies of economic development.

### **Korzachenko O.V. Call-center modeling: theoretical aspects**

A call-center is a collection of resources capable of delivering services by telephone. The number of call-centers is increasing rapidly: many companies see a call-center as a way to have a close relation with the customer. Correctly sizing the capacity of a call-center can bring benefits in terms of improved customer service and in terms of reduced operating costs (efficiency). Specifying the capacity of a call-center is a task that demands a significant knowledge of mathematics, in particular of analytical models. This paper presents the Erlang B, Erlang C and Simulation models

followed by a comparison based in order to identify the advantages of using simulation.

**Kurbanov K.R., Pushkar A.I. Economic security of Ukraine**

Energy security, the state of which depends on the effectiveness of the implementation of policies to protect national interests in energy and related sectors, is an important component of economic and national security of Ukraine. The article reveals global trends providing energy and energy efficiency, the relationship between energy consumption and economic development of the country, describes the state's energy and economic security of Ukraine and ways to improve it.

**Malaksiano M.O. On the planning of the equipment's repairs and retirement terms which provides stability of the economic indicators when the forecast level of equipment's employment is uncertain**

The problem of the optimal repairs and retirement terms planning is considered for the complex port equipment when its forecast level of employment is uncertain. The diffusion process is used to simulate the stochastic process of equipment's employment. The multiobjective mathematical model is introduced to investigate the problem of the optimal repair and replacement schedule for the complex port equipment that reduces the risks associated with the inability to predict the exact level of employment.

**Matviychuk A., Sknar I. Description of biologically plausible artificial neuron's logic**

The article deals with the creation of biologically plausible neurons that can be used to create a new generation of neural networks. Using the latest achievements in the field of neurobiology allowed making an algorithm that can be used to create biologically plausible artificial neuron. By combining neurobiological and technological advances offered a radically new neural model to provide a basis for constructing a neural architecture that is as close to the biological counterpart. The possibility of the free model refinement and complexity, and performance models at any level

scale (isolated from one neuron to the integrated neural structures) is provided.

**Keywords:** biologically plausible artificial neural network, neuron, synapse, artificial intelligence

**Potapenko S. D. The expert estimation of results of SWOT analysis**

The publication analyzes the current state for development of estimation's methods of results of SWOT analysis. Considered author's approach to the quantitative evaluation of results of SWOT analysis. Describes a method for assessing the quality of results of SWOT analysis and their interpretation.

**Puchkova S.I., Sergeev P.P. Providing of competitiveness of enterprise in conditions of active external environment**

The influence of the environment on the competitiveness of enterprise is determined. The weaknesses of functional management in the conditions of active external environment marked. The essence of the process approach in enterprise management is analysed. The notions and advantages of of business process reengineering are explored, expediency of its application for providing of competitiveness of enterprise is grounded

**Pursky O.I., Demchenko R.S., Mazoha D.P. Features of construction of information management system by business processes of trade enterprise**

In the presented work the teatures of construction of information management system by business processes of trade enterprise were study. The models of management by trade enterprise economic activities are considered. The structure of information management system by business processes of trade enterprise on the basis of the centralised business management model is developed.

**Ramazanov S.K., Sergiyenko A.V. Integral social, ecological and economic stochastic model of dynamics of technogenical regional business in crisis**

Developed and investigated integrated social-ecological-economic model stochastic dynamics of man-made regional enterprises

suitable for the crisis. When modeling the dynamics of labor, resources and other factors used generalized logistic equation Ferhyulsta as stochastic modeling. A review and analysis of some received in recent years by various authors on the results of macro and micro-economic dynamics of ecological and socio systems and processes that operate and develop in difficult conditions nelyneynostey, nestabylnostey and management. Most previously created models of socio-ecological and economic systems (SEES) have theoretical and determined character and quite problematic in terms of the availability of information for their implementation. In this context, the task of managing technological regional production in crisis causes an objective need to improve methods, models and information technology-based stochastic equations to control SEES.

### **Serdyuk O., Soloviev V. Financial crisis as process abnormal synchronization**

The financial crisis is seen as the synchronization of individual nodes, which are agents of the market, and links serve as a measure of communication between them. It is shown that in the correlation, and recurrent networks known crisis of 1987-2015. manifested as abnormal synchronization and increasing complexity of the system.

**Keywords:** financial crisis, complex networks, correlation, synchronization, spectral properties, topological measures of complexity

### **Soloviev V.M., Fedorishin I.E. Research influence of economic shocks on the economy of Ukraine**

In the paper presented the dynamic stochastic general equilibrium model, which is adapted to the known model Ireland and includes twelve parameters. The influence of economic shocks on key macroeconomic indicators are studied. Assessment results will predict the effects of shocks to the economic system of Ukraine and develop strategic solutions to its stabilization and development.

**Keywords:** dynamic stochastic model of general equilibrium, indicator, economic shocks, globalization

### **Solovyova K.V., Samusyonok A.V. Modelling competitiveness indices by vi- financial markets**

Current research defines the advantages of modern interdisciplinary approaches to analysis the competitiveness ranking, justifies the efficiency of using recurrent, spectral and topological methods on the example of financial data.

**Keywords:** global competitiveness index, information measures, recurrence measures, topological analysis, spectral analysis.

**Solovyova V.V., Vodoleeva I.Y. The complex networks theory and economical linguistics**

In the article considers the basic concepts and theoretical foundations of cognitive science. Analyzed the basic tools of complex networks theory for economic systems. Presents the results of calculation of spectral and topological measures for economic publications. Constructed graph visibility for cognitive networks

**Keywords:** complex networks, economic crisis, cognitive linguistics, graph, topological measures, spectral characteristics

**Steblyuk N., Volosova N. Application economic and mathematical methods and models in marketing research**

The work done structuring process of economic and mathematical modeling and systematization of economic and mathematical methods and models used in marketing research. We describe the most common modern economic and mathematical modeling techniques appropriate to the nature and type of marketing objectives. Examples of problems solved by standard mathematical models, although unrelated to the situation modeled first.

**Keywords:** economic-mathematical model, marketing research, the optimal solution.

**Velichko O.M., Danilchuk G.B. Prevention economic crisis means multifractal analysis**

The results are compared multifractal analysis for foreign exchange, commodity and stock markets. It is shown that Hurst local coefficient and multifractality spectrum width can serve as indicator-predictor of the crisis

**Keywords:** stock index, local Hurst coefficient, range multifractality, indicator-predictor of crises.

**Vitlinskyy V. V., Skitsko V. I., Melnyk H. V. Modeling of logistics systems' process using Petri Nets and taking account the uncertainty of their functioning.**

Conceptual principles and tools of fuzzy Petri Nets' basic kinds are presented in this paper. Fuzzy Petri Net, which was constructed with fuzzy defined markings and transitions, models the interaction of manufacturer, distributor (store), carrier and customer. The tree of reachable markings was built for represented Petri Net.

**Zakharchenko P.V. Transformation cycle in economy of the resort-recreation systems**

The concept of transformation is grounded in research, as a certain period of cyclic dynamics, and the scenario of transformation co-operation of the resort-recreation systems is got for the receipt of synergetic effect. Offered approach supposes possibility to examine development of economy of the resort-recreation systems, as co-operation of economic cycles and transformation processes. The concept of transformation cycle is also entered and the mechanism of his functioning is rotined. On this basis, a model, which allows carrying out description of transformation strategies as a transformation cycle, is built.

**Keywords:** resort-recreation complex, economic transformations, synergetic effect, transformation cycle, model of transformation changes.

## **Зміст**

<b>ПЕРЕДМОВА .....</b>	<b>5</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ</b>	
1.1. Попередження кризових явищ в економіці засобами мультифрактального аналізу .....	8
1.2. Дослідження динаміки спотового ринку в кризові періоди засобами мережного аналізу .....	20
1.3. Когнітивні аспекти зростання знанневої складової у виробничій функції.....	27
1.4. Описание логики работы биологически правдоподобного искусственного нейрона.....	36
1.5. Фінансова криза як процес аномальної синхронізації.....	53
1.6. Теорія складних мереж та економічна когнітивістика.....	64
1.7. Дослідження впливу економічних шоків на стан економіки України.....	71
1.8. Моделювання індексів конкурентоспроможності за даними фінансових ринків .....	81
1.9. Інтегральна соціально-еколого-економічна стохастична модель динаміки техногенного регіонального підприємства в умовах кризи.....	90
<b>РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ</b>	
2.1. Моделювання процесів логістичних систем з використанням мереж Петрі та врахуванням невизначеності їх функціонування.....	110
2.2. Оценка и анализ эффективности функционирования экономики Украины с использованием модели «затраты-выпуск» .....	127
2.3. Трансформаційний цикл в економіці курортно- рекреаційних систем .....	143
2.4. Model of double electronic Vickrey auction.....	154

2.5. Моделювання діяльності call-центрів: теоретичні аспекти .....	165
2.6. О повышении устойчивости экономических показателей при планировании сроков ремонтов и замен оборудования, используемого в условиях неполностью прогнозируемого уровня его занятости ...	177
2.7. Оцінка інформаційного капіталу та інтелектуального капіталу стратегії підприємства.....	195
2.8. Нейро-нечіткі технології моделювання в системі стратегічного управління.....	209
2.9. Застосування економіко-математичних методів та моделей в маркетингових дослідженнях.....	234

### **РОЗДІЛ 3. ІННОВАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БІЗНЕСІ І ОСВІТІ**

3.1. Наукові підходи до відбору домінант підвищення ефективності розвитку системи внутрішньої торгівлі України .....	244
3.2. Відкритість економіки як інструмент формування сталого розвитку .....	254
3.3. Проривні інновації в забезпеченні глобальної корпоративної конкурентоспроможності.....	262
3.4. Дослідження вимог до програмних засобів керування архітектурою підприємства.....	269
3.5. Модель построения информационно-логистических систем.....	278
3.6. Енергетична безпека – важлива складова економічної безпеки України.....	296
3.7. Експертне оцінювання результатів SWOT-аналізу.....	306
3.8. Особливості побудови інформаційних систем управління бізнес-процесами торговельного підприємства .....	318
3.9. Забезпечення конкурентоспроможності підприємства в умовах активного зовнішнього середовища .....	326
3.10. Економіка освіти регіону: шанс на перспективу ...	334
<b>ANNOTATION</b> .....	343



Підп. до друку 14.05.15. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Гарнітура Minion Pro.

Умовн. друк. арк. 17,6.

Тираж 200 прим.

Виготовлено ФОП Третяков О.М.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців.

Серія ДК № 4862 від 11.03.2015 р.

18000, м. Черкаси, вул. Слави, 1.

Тел: 0472 45 70 02, 067 470 13 14.

E-mail: book\_brama@ukr.net