

Міністерство освіти та науки України
Криворізький державний педагогічний університет
Запорізький інститут економіки та інформаційних
технологій

Комп'ютерне моделювання
та інформаційні технології
в науці, економіці та освіті

Збірник наукових праць

Том 1

Кривий Ріг
Видавничий відділ КДПУ
2001

УДК 681.3.001.57+37.01:007

Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці та освіті: Збірник наукових праць: В 2-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2001. – Т. 1. – 305 с.

Перший том збірника містить статті з різних аспектів застосування комп'ютерного моделювання та мережних технологій у наукових дослідженнях. Значну увагу приділено економіко-математичному моделюванню та інформаційним технологіям у ринковій економіці.

Для студентів вищих навчальних закладів, аспірантів, наукових та педагогічних працівників.

Редакційна колегія:

В.М. Соловійов, доктор фізико-математичних наук
Є.Я. Глушко, доктор фізико-математичних наук
О.І. Олейніков, доктор фізико-математичних наук
Я.В. Шрамко, доктор філософських наук, професор
В.І. Хорольський, доктор технічних наук, професор
О.А. Учитель, доктор технічних наук, професор
І.О. Теплицький, відповідальний редактор
С.О. Семеріков, відповідальний секретар

Рецензенти:

В.М. Назаренко – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інформатики, автоматики та систем управління Криворізького технічного університету
А.Ю. Ків – д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної фізики Південноукраїнського державного педагогічного університету (м. Одеса)

Затверджено Вченою радою Криворізького державного педагогічного університету (протокол №7 від 08.02.2001 р.)

ISBN 966-8302-44-1

ИЗМЕРЕНИЕ СЛАБЫХ ТОКОВ В УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ

А.А. Архипенко, Е.Я. Глушко, Д.В. Дедюлин
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический
университет

В работе приводятся результаты экспериментов с установкой по измерению токов в ультрадисперсной среде и описание изменений, внесённых в её конструкцию.

В [1] проводилось теоретическое исследование прохождения электрического тока через дисперсную среду и была описана экспериментальная установка для исследования вольтамперных характеристик дисперсного элемента электрической цепи. Авторы провели большую серию экспериментов с этой установкой, в результате которой выяснилось, что, даже несмотря на максимальную экранировку и ряд других принятых мер, ток утечек и наводок регистрируемый наноамперметром, был на 2-3 порядка больше значений, предсказанных теоретическим исследованием [1]. Таким образом, паразитные токи очень сильно маскировали полезный сигнал, что делало измерения невозможными.

Для преодоления этой проблемы авторы предлагают внести ряд конструктивных изменений в активный элемент и принципиально иной подход к измерению тока.

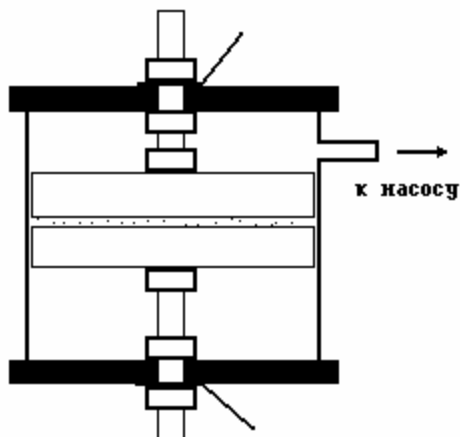


Рис. 1. Активный элемент

В усовершенствованном варианте установки активный элемент (рис. 1) состоит из двух металлических поршней, помещенных в герметичный стеклянный цилиндр. Требуемый зазор между поршнями обеспечивают полоски фторопласта. По нашему мнению, понизить уровень токов утечки можно, откачав воздух из рабочего объема активного элемента. Кроме того, можно повысить отношение сигнал/помеха увеличением площади пластин активного элемента с одновременным увеличением количества порошка между пластинами.

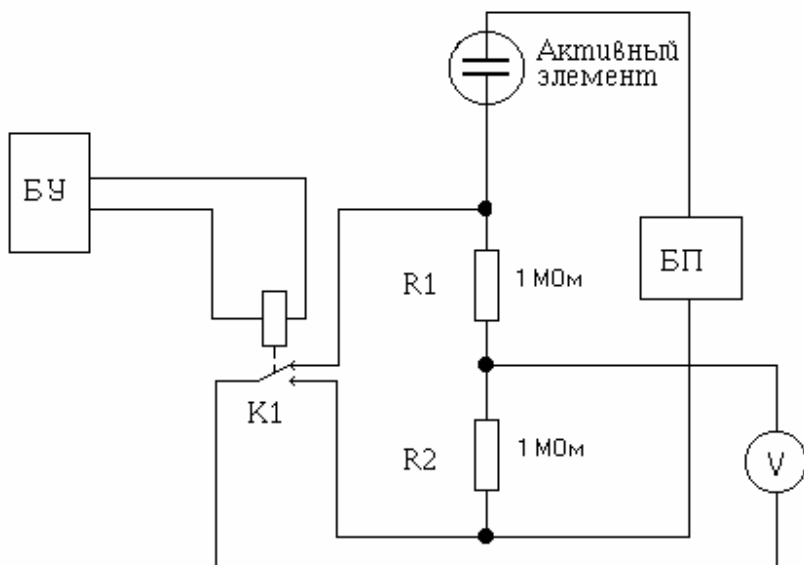


Рис. 2. Общая схема установки

Основное отличие усовершенствованной установки от старой в принципиально ином подходе к измерению тока (рис. 2). Ток активного элемента, протекая через последовательно с ним соединенные сопротивления R1 и R2, создаёт на каждом из них равные падения напряжений. Между точкой соединения этих сопротивлений и переключающим контактом герконового реле К1 включен селективный вольтметр. Герконовое реле выбрано из соображений максимального быстродействия. Таким образом, на вольтметре формируется последовательность разнополярных

импульсов прямоугольной формы. Применение селективного вольтметра позволяет измерять напряжение основной гармоники переменного напряжения с достаточно большой точностью, подавляя при этом все внеполосные помехи.

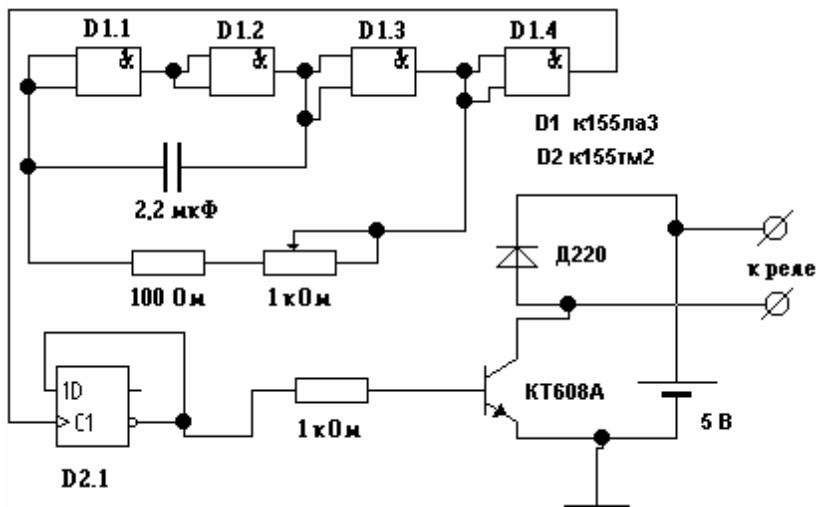


Рис. 3. Электрическая принципиальная схема блока управления

Переключением реле управляет блок управления (рис. 3). Задающий генератор прямоугольных импульсов собран по классической схеме на логических элементах микросхемы D1. На микросхеме D2 собран счетчик-делитель на 2. На его выходе длина импульса равна $\frac{1}{2}$ периода следования, благодаря чему на вольтметре нет постоянной составляющей напряжения. Собственно переключением реле управляет транзисторный ключ. Частота переключения может регулируется в пределах 40–400 Гц.

Блок питания установки обеспечивает плавную регулировку напряжения в пределах 10–700 В.

Сейчас установка находится на стадии окончательной сборки и наладки. Однако предварительные эксперименты, проведенные с её отдельными блоками, позволяют надеяться на успех эксперимента.

Литература:

1. Архипенко А.А., Глушко Е.Я., Глушко А.Я., Якубенко К.В., Слюсаренко Н.А. Исследование прохождения тока в ультрадисперсной проводящей квазижидкой среде. // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в природничих науках: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2000. – 462 с.
2. Мяздриков О.И. Электрическая проводимость дисперсных структур. – М.: Химия, 1984.
3. Мяздриков О.И., ПТЭ, 1, 1968.
4. Справочник по интегральным микросхемам. Под общей редакцией Б.В. Тарабардина. – М.: Энергия, 1977.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

І.В. Бакушевич, В.П. Мартинюк, В.М. Гора
м. Тернопіль, Тернопільський державний технічний університет

В умовах трансформаційної кризи особливого значення набуває питання забезпечення економічної безпеки (ЕкБ) України та всіх її регіонів. Особливо це відчутно сьогодні, коли наша держава взяла курс на інтеграцію до Об'єднаної Європи, в результаті чого роль і значення даної важливої складової національної безпеки істотно зростає.

Першочерговим пріоритетом, необхідним для забезпечення Україні належного місця у світовому співтоваристві та поступового переходу її до усталеного економічного розвитку, є розробка та здійснення науково обґрунтованої та цілеспрямованої політики, направленої на захист національних економічних інтересів від зовнішніх і внутрішніх загроз.

Під економічною безпекою України розуміється стан захищеності життєво важливих економічних інтересів особистості, суспільства й держави від внутрішніх і зовнішніх загроз [1].

Стан ЕкБ України в цілому суттєвою мірою залежить від забезпечення стійкого розвитку всіх її регіонів. Це передбачає, що при розробці загальнодержавної політики в галузі розширеного відтворення повинна враховуватись необхідність формування ефективної просторової структури країни, яка б забезпечувала баланс інтересів усіх регіонів України.

Під економічною безпекою регіону (ЕБР) пропонується розглядати сукупність умов і факторів, що характеризують поточний стан регіональної економіки, стабільність, стійкість та поступовість її розвитку, інтеграцію з економікою цілої держави. Тому кожна країна намагається вирівнювати територіальні відмінності умов життєдіяльності населення в регіонах, збалансовувати рівень доходів населення з врахуванням регіональних особливостей.

Виходячи з цього, питання оцінки стану ЕБР та виявлення чинників, що виводять ситуацію в різних регіонах України за межі ЕкБ, виявляються досить актуальними.

Провівши аналітичну роботу по вивченню сучасного стану ЕБР [2] та використовуючи методику індикативного аналізу [3] для розгляду, обговорення і реального застосування на практиці пропонується програма діагностики стану ЕБР, яка розроблена нами і може використовуватися як прикладний продукт електронних таблиць Excel. Загальний інтерфейс даного програмного продукту відтворено на рисунку 1.

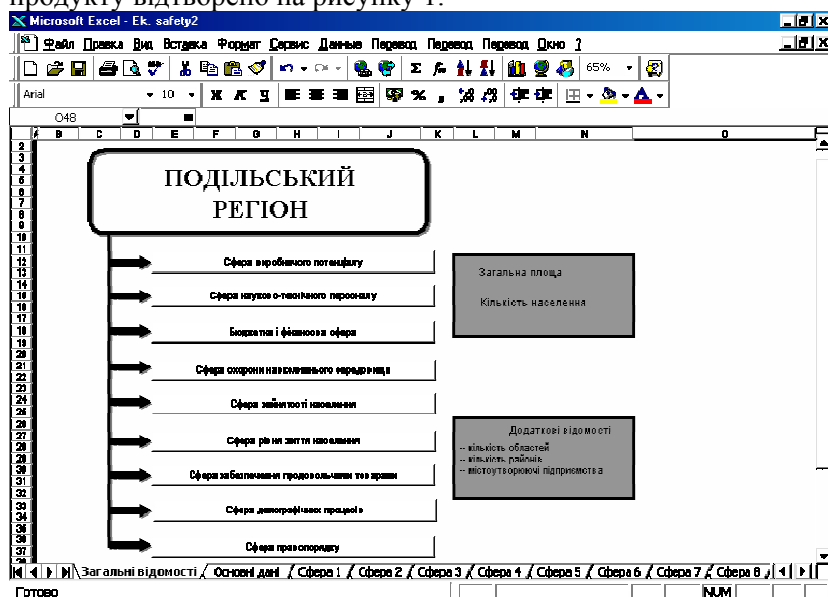


Рис. 1. Загальний інтерфейс програми по діагностиці ЕБР

Оцінку стану ЕБР передбачається проводити по дев'ятьох сферах життєдіяльності: сфера виробничого потенціалу, сфера науково-технічного потенціалу, бюджетна і фінансова сфера, сфера охорони навколишнього середовища, сфера зайнятості населення, сфера рівня життя населення, сфера забезпечення продовольчими товарами, сфера демографічних процесів і сфера правопорядку. Крім того, програма передбачає можливість отримання додаткової інформації про загальну площу досліджуваного регіону, кількість населення, що в ньому проживає, додаткові дані про області, райони, та найбільші містоутворюючі підприємства.

Сутність ЕБР пропонується досліджувати через систему ста-

тистичних показників (індикаторів). Закладка програми “Основні дані” дає можливість вводити та корегувати статистичну інформацію і на основі цього будувати за вибором користувача необхідні діаграми.

Індикативний аналіз ЕБР може здійснюватись методом співставлення фактичних і порогових значень індикаторів ЕкБ. Співставлення індикаторів ЕкБ з індикаторами порогових ситуацій дасть можливість отримати реальну картину про стан економіки регіону, прорангувати її за ступенем кризи й акцентувати увагу на оперативному втручанні в необхідних випадках.

На рисунку 2 показано динаміку виробництва валового регіонального продукту в Подільському регіоні в 1990-2000 роках.

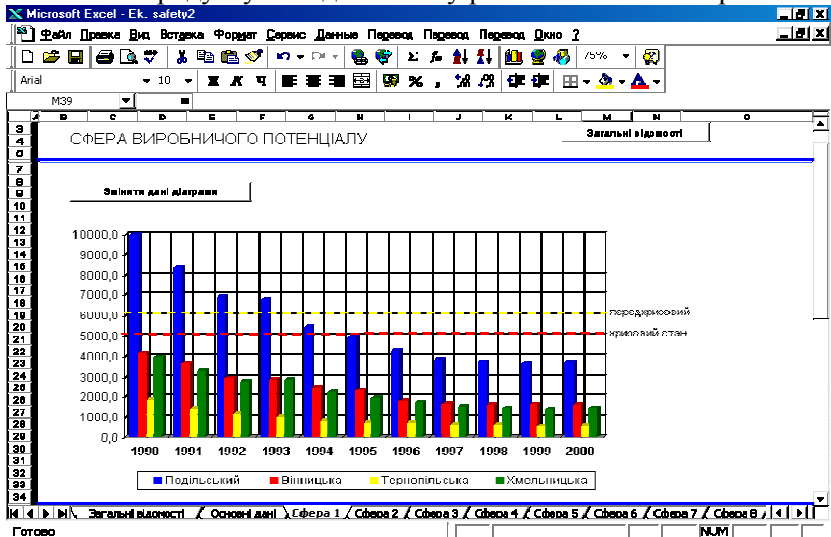


Рис. 2. Стан сфери виробничого потенціалу в Подільському регіоні

Із проведених аналізу видно, що починаючи з 1994 року по сфері виробничого потенціалу даний регіон знаходився в передкризовому, а з 1995 року в кризовому стані. Подібні дослідження за допомогою даної програми можна проводити і по інших сферах.

Використовуючи вище наведену модель оцінки на наступних етапах передбачається можливість формування регіональних програмно-цілевих пріоритетів стабілізації ЕБР. Тобто програ-

ма передбачає моделювання впливу прийняття стабілізаційних управлінських рішень в одних сферах економіки регіону на решту сфер життєдіяльності.

Застосування на практиці цього програмного продукту повинно створити ті необхідні умови для досягнення загальних цілей національної безпеки. Зокрема:

- ✓ оперативно проводити оцінку стану ЕБР;
- ✓ забезпечити пошук ефективних управлінських рішень по виходу територій з кризового стану;
- ✓ активно впливати на процеси, що проходять в різних сферах життєдіяльності регіону

На наш погляд, найбільшу зацікавленість дана комп'ютерна програма повинна викликати у спеціалістів обласних управлінь економіки та статистики, а також інших інституцій, що займаються аналізом та прогнозуванням економічного розвитку територій.

Література

1. Концепція економічної безпеки України. Інс-т екон. прогнозування; кер. проекту В.М. Геєць. – К.: Логос, 1999. – 56 с.
2. Бакушевич І.В., Мартинюк В.П. Економічна безпека регіонів України: аналіз сучасного стану та можливості забезпечення // Логістика: Вісник ДУ “Львівська політехніка”. – 2001. – №1.
3. Бакушевич І.В., Мартинюк В.П. Модель оцінки економічної безпеки регіону на основі індикативного аналізу // Вісник Сумського державного технічного університету. – 2001. – №1.

ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЙ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

О.Г. Белз

м. Тернопіль, Тернопільська академія народного господарства

Розробка стратегій управління починається з вивчення того зовнішнього середовища, в якому планується здійснювати підприємницьку діяльність. Для початку цієї роботи необхідно точно визначити ринок або сегмент ринку, на який планується вихід, а у межах встановленого ринкового простору виділити ту галузь, у межах якої буде здійснюватися маркетингова діяльність. Така галузь діяльності підприємства у межах певного цільового ринку або окремого сегменту називається стратегічною зоною господарювання (СЗГ).

Формування стратегій управління підприємством здійснюється на основі аналізу СЗГ. Ціль цього аналізу полягає в наступному. Із множини СЗГ необхідно вибрати найбільш перспективні з точки зору цілей і можливостей підприємства. Такий аналіз пропонується здійснювати у два етапи [1, 3].

На першому етапі пропонується скористатися методами портфельного аналізу, а саме, матрицею Бостонської консультативної групи “ріст ринку – відносна доля ринку”. Даний етап включає такі кроки:

На основі проведеного стратегічного аналізу визначається діапазон змін розмірів росту або скорочення всіх цільових ринків у межах певної галузі. Дані показники відкладаються по вертикальній осі і формуються на основі узагальнених експертних оцінок:

$$OTRR_{zp} = \sum_e MTRR_{zep} \cdot WAG_e, \quad (1)$$

де $MTRR_{zep}$ – максимальний темп росту ринку окремих товарів у межах z -ї СЗГ на p -ий період по оцінці e -го експерта;

WAG_e – вага думки e -го експерта у загальній оцінці;

$OTRR_{zp}$ – очікуваний максимальний темп росту ринку окремих товарів у межах z -ї СЗГ на p -ий період.

$$OTSR_{zp} = \sum_e MTSR_{zep} \cdot WAG_e, \quad (2)$$

де $MTSR_{zep}$ – максимальний темп скорочення ринку окремих то-

варів у межах z -ї СЗГ на p -ий період по оцінці e -го експерта;

WAG_e – вага думки e -го експерта у загальній оцінці;

$OTSR_{zp}$ – очікуваний максимальний темп скорочення ринку окремих товарів у межах z -ї СЗГ на p -ий період.

По горизонтальній осі відкладається діапазон змін відносної частки ринку підприємства, яка являє собою результат від ділення ринкової частки продукції підприємства на ринкову частку продукції провідного конкурента.

Одержане поле матриці слід розділити на чотири частини горизонтальними і вертикальними лініями. Кожна частина визначає певні характеристики для СЗГ, що в них містяться. В залежності від змісту цих характеристик всі СЗГ діляться на чотири типи. Вертикальну лінію рекомендують проводити через точку, яка визначена показником відносної частки ринку (прирівнюється рівним 1,5). Вважають, що підприємство, яке контролює частку ринку, більшу, ніж у провідного конкурента в півтора і більше рази, отримує додаткові конкурентні переваги, зумовлені економією питомих витрат. Горизонтальну лінію рекомендується проводити на рівні, який відповідає темпу росту галузі. Прогнозований темп росту галузі визначається [2]:

$$TRHP_{gp} = D_{0g} + D_{1g} \cdot T_p + D_{2g} \cdot T_p^2, \quad (3)$$

де T_p – значення періоду;

D_{0g} , D_{1g} , D_{2g} – коефіцієнти моделі прогнозу темпу росту g -ї галузі;

$TRHP_{gp}$ – прогнозний темп росту g -ї галузі у p -му періоді.

Коефіцієнти D_{0g} , D_{1g} , D_{2g} розраховуються на основі попередніх спостережень темпів росту галузі за допомогою такої системи рівнянь:

$$\begin{cases} L \cdot D_{0g} + D_{2g} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 = \sum_{i=1}^L TRH_{gi} \\ D_{1g} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 = \sum_{i=1}^L TRH_{gi} \cdot T_i \\ D_{0g} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 + D_{1g} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^4 = \sum_{i=1}^L TRH_{gi} \cdot T_i^2 \end{cases}, \quad (4)$$

де TRH_{gi} – фактичне значення темпу росту g -ї галузі у i -му спостереженні;

L – кількість спостережень.

Для кожної СЗГ робиться оцінка майбутніх темпів росту за формулою:

$$RDPP_{zp} = B_{0z} + B_{1z} \cdot T_p + B_{2z} \cdot T_p^2, \quad (5)$$

де B_{0z} , B_{1z} , B_{2z} – коефіцієнти моделі прогнозу ринкової частки продукції підприємства у СЗГ для z -ої СЗГ;

$RDPP_{zp}$ – прогнозне значення ринкової частки продукції підприємства у z -ій СЗГ на p -ий період.

Коефіцієнти B_{0z} , B_{1z} , B_{2z} розраховуються на основі попередніх спостережень фактичних значень ринкової частки продукції підприємства у СЗГ за допомогою такої системи рівнянь:

$$\begin{cases} L \cdot B_{0z} + B_{2z} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 = \sum_{i=1}^L RDP_{zi} \\ B_{1z} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 = \sum_{i=1}^L RDP_{zi} \cdot T_i \\ B_{0z} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 + B_{1z} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^4 = \sum_{i=1}^L RDP_{zi} \cdot T_i^2 \end{cases}, \quad (6)$$

де RDP_{zi} – фактичне значення ринкової частки продукції підприємства у z -ій СЗГ, i -му спостереженні.

Далі слід зробити оцінку майбутніх темпів росту провідного конкурента:

$$RDKP_{zkp} = C_{0zk} + C_{1zk} \cdot T_p + C_{2zk} \cdot T_p^2, \quad (7)$$

де C_{0zk} , C_{1zk} , C_{2zk} – коефіцієнти моделі прогнозу ринкової частки продукції конкурента у СЗГ для k -го конкурента z -ої СЗГ;

$RDKP_{zkp}$ – прогнозне значення ринкової частки продукції k -го конкурента у z -ій СЗГ на p -ий період.

Коефіцієнти C_{0zk} , C_{1zk} , C_{2zk} розраховуються на основі попередніх спостережень фактичних значень ринкової частки продукції конкурента у СЗГ за допомогою такої системи рівнянь:

$$\begin{cases} L \cdot C_{0zk} + C_{2zk} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 = \sum_{i=1}^L RDK_{zki} \\ C_{1zk} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 = \sum_{i=1}^L RDK_{zki} \cdot T_i \\ C_{0zk} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 + C_{1zk} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^4 = \sum_{i=1}^L RDK_{zki} \cdot T_i^2 \end{cases}, \quad (8)$$

де RDK_{zki} – фактичне значення ринкової частки продукції k -го

конкурента у z -ій СЗГ у i -му спостереженні.

$$RDOK_{zp} = \max_k RDK_{z_kp}, \quad (9)$$

де $RDOK_{zp}$ – ринкова частка продукції основного конкурента у z -ій СЗГ, p -му періоді.

Далі слід розрахувати відносну частку ринку підприємства у СЗГ:

$$WDR_{zp} = \frac{RDPP_{zp}}{RDOK_{zp}}, \quad (10)$$

де WDR_{zp} – відносна частка ринку підприємства у z -ій СЗГ, p -му прогнозованому періоді.

Одержані таким чином дані визначають місцезнаходження СЗГ у матриці за допомогою такого алгоритму:

$$REZ_{zp} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } TRHP_{gp/g\in z} \leq TRSZ_{zp} \leq OTRR_{zp} \text{ і } DWP_{zp} \geq 1,5 \\ 2, \text{ якщо } OTSR_{zp} \leq TRSZ_{zp} \leq TRHP_{gp/g\in z} \text{ і } DWP_{zp} \geq 1,5 \\ 3, \text{ якщо } TRHP_{gp/g\in z} \leq TRSZ_{zp} \leq OTRR_{zp} \text{ і } DWP_{zp} < 1,5 \\ 4, \text{ якщо } OTSR_{zp} \leq TRSZ_{zp} \leq TRHP_{gp/g\in z} \text{ і } DWP_{zp} < 1,5 \end{cases}, \quad (11)$$

де REZ_{zp} – тип z -ої СЗГ на p -ий період, причому, якщо $REZ_{zp}=1$, то СЗГ відноситься до типу “зірки”; якщо $REZ_{zp}=2$, то СЗГ відноситься до типу “дійні корови”; якщо $REZ_{zp}=3$, то СЗГ відноситься до типу “знаки запитання”; якщо $REZ_{zp}=4$, то СЗГ відноситься до типу “собаки”.

Кожен із типів СЗГ має свою характеристику і рекомендовану стратегію поведінки [1].

Для забезпечення повноти аналізу доцільно розрахувати прогнозний показник питомої ваги доходів СЗГ в загальних доходах підприємства:

$$DWP_{zp} = A_{0z} + A_{1z} \cdot T_p + A_{2z} \cdot T_p^2, \quad (12)$$

де A_{0z} , A_{1z} , A_{2z} – коефіцієнти моделі прогнозу питомої ваги доходів від випуску продукції у загальному випуску підприємства для z -ої СЗГ;

DWP_{zp} – прогнозне значення питомої ваги доходів від випуску продукції z -ої СЗГ на p -ий період у загальному випуску фірми.

Коефіцієнти A_{0z} , A_{1z} , A_{2z} розраховуються на основі попередніх спостережень фактичних значень питомої ваги доходів від випуску продукції СЗГ у загальному випуску підприємства за

допомогою такої системи рівнянь:

$$\begin{cases} L \cdot A_{0z} + A_{2z} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 = \sum_{i=1}^L DW_{zi} \\ A_{1z} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 = \sum_{i=1}^L DW_{zi} \cdot T_i \\ A_{0z} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^2 + A_{1z} \cdot \sum_{i=1}^L T_i^4 = \sum_{i=1}^L DW_{zi} \cdot T_i^2 \end{cases}, \quad (13)$$

де DW_{zi} – фактичне значення питомої ваги доходів від випуску продукції z -ої СЗГ у загальному випуску підприємства у i -му спостереженні.

На другому етапі пропонується здійснити оцінку привабливості кожної із СЗГ в межах типу СЗГ. Оцінка привабливості СЗГ починається з кількісної оцінки зміни факторів, які визначають перспективи росту в найближчій і віддаленій перспективі; також здійснюється оцінка імовірності виникнення сприятливих і несприятливих факторів рентабельності підприємства; далі здійснюється оцінка змін рентабельності СЗГ. Параметри оцінювання визначаються експертами. Загальна оцінка привабливості СЗГ визначається:

$$OCU_z = A_1 \cdot PR_z + A_2 \cdot RZ_z + A_3 \cdot SF_z + A_4 \cdot NSF_z, \quad (14)$$

де OCU_z – узагальнена оцінка привабливості z -ої СЗГ;

PR_z – загальна оцінка змін у перспективі росту z -ої СЗГ;

RZ_z – загальна оцінка змін у перспективі рентабельності z -ої СЗГ;

SF_z – загальна оцінка сприятливих факторів рентабельності підприємства у z -ій СЗГ;

NSF_z – загальна оцінка несприятливих факторів рентабельності підприємства у z -ій СЗГ;

A_1, A_2, A_3, A_4 – коефіцієнти відносної важливості впливу групи факторів.

Отже, на основі одержаних результатів аналізу СЗГ здійснюється підготовка даних для прийняття виважених управлінських рішень щодо стратегій діяльності підприємства, що у свою чергу призведе до росту рейтингу (вартості) фірми.

Література

1. Бурлаков А.Н. Стратегический маркетинг. – Винница: Изд. комплекс “PUBLISHING DESIGN” МНПП “ІТІ”, 1993. – 87 с.
2. Королев Ю.Г. Метод наименьших квадратов в социально-экономических исследованиях. – М.: Статистика, 1980. – 112 с., ил.
3. Мак-Дональд М. Стратегическое планирование маркетинга. – СПб.: Питер, 2000. – 320 с., ил.

РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ПРИ ПОМОЩИ СПЛАЙНОВ

В.А. Бельский

г. Кривой Рог, Европейский университет финансов, информаци-
онных систем, менеджмента и бизнеса

Компьютерной томографией (КТ) называется численное восстановление функций по их линейным или плоскостным интегралам. КТ находит применение в различных областях и приобрела широкую известность благодаря появлению и совершенствованию медицинских томографов.

Слово «томография» происходит от греческого «*τομος*» – долька, тонкий срез. Этот термин объединяет различные методы рентгенодиагностики, позволяющие получить изображения сечений человеческого тела. До появления КТ для вычленения отдельного слоя использовалась простая методика фокусировки, которую иногда называли реконструктивной томографией.

Менее известной областью применения КТ является акустическая томография.

Схема процесса такова: акустический луч сканирует некоторую область, измерение интенсивности излучения фиксируется детектором, затем эти данные обрабатываются на компьютере и в результате получается двумерное изображение функции поглощения, которое выводится на экран монитора.

Пусть $f(x)$ – коэффициент поглощения акустических лучей средой в точке x , т.е. относительное уменьшение интенсивности акустического излучения на малом отрезке Δx в точке x составляет $\Delta I / I = f(x) \cdot \Delta x$.

Если I_0 – начальная интенсивность прямолинейного луча L , то I_1 – его интенсивность после прохождения через среду, то

$$I_1 / I_0 = \exp \left\{ - \int_L f(x) dx \right\}, \quad (1)$$

т.е. в результате сканирования получаются линейные интегралы функции f по каждой из прямых L . По совокупности этих интегралов нужно восстановить f .

Классическим подходом к решению описанной задачи является использование преобразования Радона. Методы, основанные на данном преобразовании, дают неплохие результаты в рентгеновской томографии. Однако акустическая томография существенно отличается от рентгеновской. Основное отличие состоит в рассеивании и деформации акустического луча, а также в наличии высокого уровня шумов. Томографическая задача относится к так называемым некорректным, где входные погрешности вызывают неприемлемо большие ошибки на выходе. Решение таких задач требует специальной регуляризации решения. Одним из методов регуляризации есть аппроксимация решения гладкими функциями (проекционные методы). В связи с этим, представляется эффективным использование для аппроксимации двумерных сплайн функций.

Представим себе некую плоскость, через которую должны пройти акустические сигналы. Разобьем поверхность прямоугольной сеткой, состоящей из n узлов. Будем считать путь акустического сигнала от источника к приемнику отрезком прямой, пересекающей ячейки сетки. Аппроксимирующая сплайн-функция на сетке узлов определяется коэффициентами поглощения в узлах сетки. Наиболее подходящим сплайном есть сплайн, являющийся тензорным произведением линейных одномерных сплайнов.

Рассмотрим прохождение акустического луча через некую произвольную клетку, ограниченную 4-мя узлами. Введем функции

$$S_x(x) = {}^x a_j \cdot \frac{x - x_{u_{j+1}}}{x_{u_j} - x_{u_{j+1}}} + {}^x a_{j+1} \cdot \frac{x - x_{u_j}}{x_{u_{j+1}} - x_{u_j}} \quad (1)$$

и

$$S_y(y) = {}^y a_k \cdot \frac{y - y_{v_{k+1}}}{y_{u_j} - y_{v_{k+1}}} + {}^y a_{k+1} \cdot \frac{y - y_{v_k}}{y_{v_{k+1}} - y_{v_k}}$$

Тогда, в результате их тензорного произведения получим:

$$\begin{aligned} S_{xy}(x, y) &= S_x(x) \otimes S_y(y) = \\ &= A_{j,k} \varphi_1(x, y) + A_{j+1,k} \varphi_2(x, y) + A_{j,k+1} \varphi_3(x, y) + A_{j+1,k+1} \varphi_4(x, y), \end{aligned}$$

где $A_{j,k}, \varphi_1, A_{j+1,k}, A_{j,k+1}, A_{j+1,k+1}$ – значения затухания сигнала в узлах ячейки, $\varphi_1(x, y), \varphi_2(x, y), \varphi_3(x, y), \varphi_4(x, y)$ – двумерные базисные функции, которые являются тензорными произведениями двух одномерных базисных сплайн функций. Далее интегрируем $S_{xy}(x, y)$ по L (нашему лучу), получим затухание сигнала при прохождении через заданную ячейку. Затухание при прохождении сигнала между источником-приемником получим, складывая затухание в отдельных ячейках. Интеграл по лучу внутри клетки легко рассчитать аналитически, учитывая прямолинейный характер луча.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ТИРАЖИРОВАНИЕМ ДАННЫХ

А.А. Блажко, А.А. Завалин, И.А. Головатюк
г. Одесса, Одесский государственный политехнический университет

Эффективная разработка системы управления тиражируемыми базами данных (СУТБД) и ее использование в информационной системе (ИС) с распределенной обработкой данных требует оценки соответствия СУТБД всем предъявляемым к ней требованиям по корректности, надежности и производительности.

Представленные в литературе аналитические и имитационные модели СУТБД с асинхронным согласованием данных [1–3], позволяющие оценить их влияние на общую производительность СУТБД, основываются на транзакционной модели с 2–3 классами транзакций, предлагая фиксированную степень детализации объектов данных, входящих в процесс тиражирования. В то же время в ИС, характеризующейся сложной транзакционной моделью, ограничение классов транзакций не позволяет проводить эффективный анализ влияния СУТБД на общую производительность ИС. Также отсутствует возможность контроля перевода ТБД в тупиковое рассогласованное состояние без учета влияния возникающих конфликтов операций согласования на производительность самой СУТБД.

С учетом недостатков существующих моделей предлагается разработка имитационной модели СУТБД, учитывающая характеристики транзакций ИС, содержимое БД узлов ТБД, показатель производительности узлов и каналов связи между узлами.

Представим модель СУТБД в виде сети массового обслуживания (СеМО) [4], состоящей из систем МО, формирующих модель узлов и связывающей их сети каналов связи.

На рис. 1 представлена структурная схема модели узла ТБД как $M/G/1$ СеМО, описанная с использованием Q -схем, где Z – задачи ИС – генераторы транзакций; $МП_1, \dots, МП_N$ – менеджеры передачи операций согласования узлов ТБД; МК – менеджер конфликтов; МФ – менеджер формирования транзакций в журнале транзакций; ЖТ – журнал транзакций; МО – менеджер оп-

тимизации операций согласования; ОО – очередь операций; ОР – очередь распределения; МР – менеджер распределения операций согласования; МП – менеджер передачи операций согласования; ОВ – очередь входящих операций согласования; ОИ – очередь исходящих операций согласования; КП – ключ периода рассогласования; С12, ..., С1n – обслуживающий прибор модели сети.

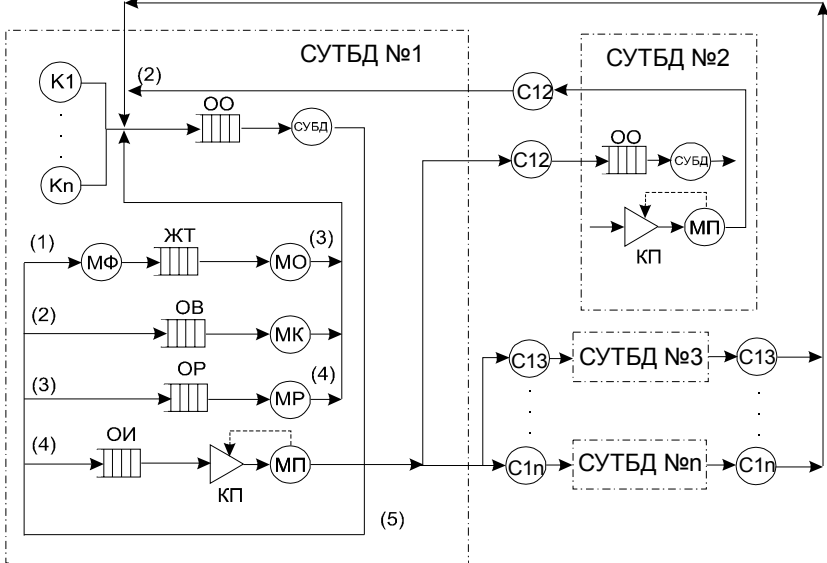


Рис. 1. Структурная схема модели СУТБД.

МО, МК, МР, МП выполняют обработку сообщений с использованием *FCFS*-дисциплины обслуживания, а СУБД – с использованием *PS*-дисциплины обслуживания.

МФ формирует задержку выполнения операций, вносимую механизм журнализации операций БД. В работе рассматривается механизм триггеров СУБД.

Модель менеджера распределения для заявок из ОР-очереди генерирует дополнительные сообщения на основании схем тиражирования между физическими схемами ТБД и устанавливает для этих заявок адреса БД-подписчиков.

Модель менеджера конфликтов имитирует проверку входящих и исходящих операций согласования на наличие между ними конфликтных ситуаций.

Менеджер передачи распространяет операции согласования

в БД-подписчики. При асинхронном процессе распространения операций согласования заявки формируют ОП-очередь. Состояние рассогласования определяется ключом КП, для управления которым МП использует счетчик рассогласования. При обнулении счетчика заявки передаются в ОВ-очереди БД по адресу, хранящемуся в сообщении.

Для обслуживающих приборов МО, МР, МС время обслуживания заявок определяется временем обслуживания в СУБД.

Для описания модели СУБД введено понятие конфигурации СУБД, представляемой в виде упорядоченной четверки

$$C_k = \langle PR_k, P_k, DB_k, NT_k \rangle,$$

где C_k – конфигурация СУБД;
 PR_k – показатель производительности узла сервера, содержащего СУБД конфигурации C_k ;
 P_k – показатель загрузки узла задачами клиентов

ИС;

DB_k – показатель объема БД, управляемой СУБД конфигурации C_k ;

NT_k – показатель производительности каналов связи между узлами-клиентами и узлом-сервером, содержащим СУБД конфигурации C_k .

Задержка обслуживающего прибора СУБД определяет время выполнения операции на СУБД.

Время выполнения $t_j^{(m)}$ операции Op_j на СУБД с конфигурацией C_m определим на основании выражения

$$t_j^{(m)} = t_j^{(1)} * wp_j^{(m1)} * wdb_j^{(m1)} + \Delta tdel_j^{(1m)}, \quad (1)$$

где $t_j^{(m)}$, $t_j^{(1)}$ – времена выполнения операции Op_j на СУБД с конфигурациями C_m , C_1 , соответственно (C_1 – эталонная конфигурация СУБД);

$wp_j^{(1m)}$ – весовой коэффициент пересчета значений средней загрузки серверов, содержащих СУБД с конфигурациями C_1 и C_m , соответственно;

$wdb_j^{(1m)}$ – весовой коэффициент пересчета размеров БД, управляемых СУБД с конфигурациями C_1 и C_m , соответственно;

$\Delta tdel_j^{(1m)}$ – весовой коэффициент пересчета показателей производительности сети канала связи между узлом клиента и узлами, содержащими СУБД с конфигурациями C_1 и C_m , соот-

ветственно.

Для определения эталонной конфигурации C_1 были проведены натурные эксперименты в СУБД, расположенной на узле с показателем производительности PR_1 , содержащей БД с показателем размера DB_1 при показателе загрузки узла $P_j=1$ (сгенерирован поток транзакций одного клиента).

Отсутствие в выражении (1) коэффициента, связанного с параметром P компенсируется использованием в модели СУБД PS -дисциплины обслуживания.

Весовой коэффициент $wperf_j^{(1m)}$ определим на основании выражения

$$wperf_j^{(1m)} = Bm^m / Bm^1,$$

где $Bm^{(m)}$, $Bm^{(1)}$ – показатели производительности узла, содержащего СУБД с конфигурацией C_m и C_1 , соответственно.

В качестве методики определения показателя производительности был использован тест $TPC-A$.

Весовой коэффициент $wdb_j^{(1m)}$ формирует зависимость времени выполнения транзакции от текущего размера БД. Определим коэффициент на основании выражения

$$wdb_j^{(1m)} = \sum_i \frac{cn(PDS_m(r_i))}{cn(PDS_1(r_i))} * Kcn_{mi},$$

где $cn(PDS_m(r_i))$, $cn(PDS_1(r_i))$ – кардинальные числа отношения r_j физических схем PDS_m и PDS_1 , соответственно.

$$Kcn_{mi} = \frac{cn(PDS_m(r_i))}{\sum_j cn(PDS_m(r_j))} - \text{коэффициент влияния размера}$$

отношения с физической схемой $PDS(r_i)$ на общее время выполнения операции, воздействующей на это отношение

Весовой коэффициент $\Delta tdel_j^{(1m)}$ учитывает задержку выполнения операций, вносимую коммуникационными устройствами связи. Для определения значений коэффициента пересчета $\Delta tdel$ использовано выражение

$$\Delta tdel_{kj}^{(1m)} = tdel_{kj}^{(m)} - tdel_{kj}^{(1)}$$

где $tdel_{kj}^{(m)}$, $tdel_{kj}^{(1)}$ – задержки передачи j -й операции по кана-

лам связи от выполняющего эту операцию узла k -го клиента к узлу с СУБД конфигурацией C_m и C_l , соответственно.

Величину задержки передачи определим на основании выражения

$$td_{kj}^{(m)} = PSize_j * td_{km},$$

где $PSize_j = \begin{cases} 2, & \text{И-Ц } top_j \in \{i, u, d\} \\ 4 & \text{И-Ц } top_j = s \end{cases}$ – количество сетевых

пакетов, необходимых для выполнения j -й операции top_j типа;

td_{km} – задержка каналов связи между k -м узлом-клиентом, и узлом, содержащим СУБД конфигурации C_m .

В модели СУБД обслуживающий прибор обрабатывает операции, используя PS -дисциплину обслуживания

Все натурные эксперименты были проведены на реально функционирующей СУБД, входящей в проект ИС Одесского политехнического университета и состоящей из 9 узлов с СУБД *PostgreSQL*, функционирующей под управлением ОС *Linux*.

Модель сети представляется в виде обслуживающего прибора, вносящего задержку передачи заявок по сети, а также ключа, входящего в модель МП, описывающего процесс принудительного рассогласования БД.

На основании представленной структурной схемы модели СУБД, была выполнена ее реализация с использованием пакета *EXTEND* фирмы *Imagine That Inc.*, которое объединяет возможности дискретного, непрерывного и комбинированного моделирования.

Предложенная в работе методика построения модели СУБД позволила определить интенсивность операций разрешения конфликтов между транзакциями, а также интенсивность входных и выходных операций согласования. Анализ указанных характеристик поведения СУБД позволил определить оптимальные периоды рассогласования БД, схемы и топологии тиражирования операций согласования БД.

Литература

1. The Dangers of Replication and a Solution / Jim Gray, Pat Helland, Patrick O'Neil and other. // The Proc. of the 1996 ACM SIGMOD Conference at Montreal, pp. 173–182.

2. Rainer Gellersdörfer, Matthias Nicola. Improving Performance in Replicated Databases through Relaxed Coherency. // Proceedings of 21th International Conference on Very Large Data Bases, September 11–15, 1995, Zurich, Switzerland, pp. 445–456.
3. Matthias Nicola, Matthias Jarke. Increasing the Expressiveness of Analytical Performance Models for Replicated Databases. // The Proc. Of ICDT'99. 1999. pp. 115–121.
4. Жожикашвили В.А., Вишнеvский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 192 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМ ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ

О.А. Бойченко

м. Київ, Київський державний лінгвістичний університет

Стрімкий прорив у розвитку інформаційних технологій призводить до збільшення продуктивності комп'ютерних систем, об'єднання їх у глобальні мережі та наповнення різноманітними даними, що викликає необхідність розробки методів та засобів, які здатні забезпечити користувачам глобальних мереж ефективний доступ до інформаційних ресурсів. Одним з найперспективніших підходів до проблеми підвищення ефективності використання інформаційних ресурсів є створення систем індексації та пошуку інформації. Існуючі пошукові системи не забезпечують достатніх можливостей для знаходження потрібної інформації в мережах. До основних недоліків існуючих систем пошуку слід віднести те що, глобальні пошукові системи не можуть своєчасно проіндексувати всю мережу; локальні пошукові системи охоплюють лише якусь обмежену область мережі; пошук може виконуватися лише по словах, або переглядом рубрик в існуючих каталогах; не достатньо вирішується задача індексації нетекстових видів інформації; застосування програм-роботів призводить до значного зростання мережевого трафіку. За таких умов, задача створення системи пошуку інформації в розподілених середовищах, здатної забезпечувати своєчасну індексацію текстових та мультимедійних даних, набуває надзвичайної актуальності.

Розроблена система пошуку має розподілену архітектуру і складається з п'ятих рівнів: рівень даних, рівень індексів, рівень розподілу, рівень звернень, рівень клієнтів. Ця система дозволить працювати не лише з текстовими, але й мультимедійними даними. Поділ на рівні умовно проведено відповідно за функціями, які виконуються на даних рівнях системи. У конкретній обчислювальній системі можуть одночасно виконуватись програмні модулі різних рівнів.

Рівень даних складають сервери, які розміщені по всій мережі і надають доступ до своїх інформаційних ресурсів віддаленим користувачам.

Рівень індексів складають сервери, кожен з яких індексує певну область рівня даних. Результатом їхньої роботи є масиви стандартних індексів до кожного інформаційного об'єкта, який знаходиться в області індексації. Области індексації кількох індексних серверів можуть перетинатися.

На рівні розподілу виконується обробка зібраних серверами попереднього рівня індексів та їх розподіл між серверами звернень. За кожним сервером розподілу закріплюється певна множина індексних серверів і сервер розподілу просто перевіряє отримані ними індекси на співпадання та розподіляє їх між серверами звернень.

На рівні звернень розміщуються сервери, на кожному з яких зберігається індексна інформація про певну область знань. На основі даної інформації виконується обробка запитів користувачів.

На рівні клієнтів знаходяться користувачі та прикладні програми, які формують запити на отримання інформаційних об'єктів з мережі. При цьому, вони можуть звертатися напряму до сервера даних, якщо їм відома точна мережева адреса об'єкту, чи до сервера звернень, якщо їм необхідно знайти об'єкти з певними атрибутами.

Дослідимо зростання актуальності індексної інформації у розробленій системі пошуку у порівнянні з централізованою схемою та вплив індексації на зростання трафіку у мережі.

Мережу, що складається з серверів даних можна розглядати, як систему на вхід якої поступає потік нових документів, а з неї виходить потік документів, що зникають.

Для аналізу актуальності індексної інформації розглянемо математичну модель, яка дозволяє досліджувати основні параметри роботи пошукових систем. Нехай:

λ – швидкість появи нових документів у мережі;

μ – швидкість зникнення документів з серверів мережі;

α – швидкість індексації документів системою індексації;

β – швидкість видалення з індексної бази посилань на неіснуючі документи;

c – швидкість перевірки проіндексованих документів;

M – кількість посилань у індексній базі;

N – кількість документів у мережі.

Кількість застарілих посилань (посилань на неіснуючі документи) в індексній базі:

$$M_3 = M(\mu/N) - c(\mu/M) \quad (1)$$

Сумарна кількість застарілих посилань (посилань на неіснуючі документи) в індексних базах k індексуєуючих систем (для розподіленої системи пошуку):

$$M'_3 = \sum_{i=1}^k (M_i(\mu/N) - c_i(\mu/M)). \quad (2)$$

Нехай коли обсяг індексних баз k пошукових систем рівний обсягу індексної бази централізованої системи:

$$M(\mu/N) = \sum_{i=1}^k M_i(\mu/N). \quad (3)$$

Таким чином різниця між кількістю застарілих записів у індексних базах (неактуальної інформації) між централізованою та розподіленою системами пошуку будуть відповідно:

$$M_3 - M'_3 = \sum_{i=1}^k (c_i(\mu/M_i)) - c(\mu/M) = \mu \left(\sum_{i=1}^k c_i/M_i - c/M \right) \quad (4)$$

Для дослідження величини трафіку, що створюється пошуковою системою розглянемо граф, який представляє розподілену комп'ютерну мережу і складається з серверів **a-t** та каналів зв'язку.

Розглянемо випадок з централізованою пошуковою системою **H**, розташованою на одному з серверів (рис. 1). Для того щоб проіндексувати документи, розміщені на серверах даних, пошукова система має звернутися до відповідних серверів з запитом і отримати від них дані. Маршрути повідомлень виділені. Будемо вважати, що на кожному з серверів даних розміщено V біт інформації.

В таблиці 1 показано, від яких серверів даних передається індексна інформація по кожному з каналів зв'язку мережі.

Таблиця 1.

канал	обсяг інформації	від яких серверів надходять дані
ae	1	a
ef	2	ac
fg	1	g
kf	1	k

канал	обсяг інформації	від яких серверів надходять дані
fl	4	aegk
op	1	o
pq	2	po
ql	3	poq
lh	8	aegkopdl
bc	1	b
cd	2	bc
di	2	ij
ij	1	j
dh	5	bcijd
tn	1	n
mt	2	nt
ms	1	s
rm	1	r
mh	5	mnrst
всього	44	

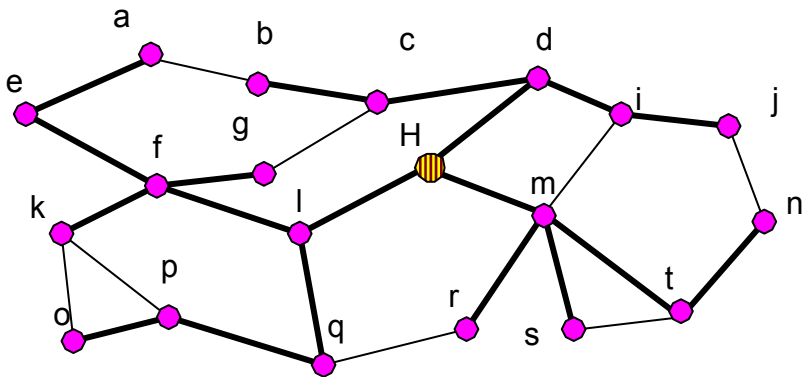


Рис. 1. Індксація мережі централізованою системою.

При індксації по мережі буде передано $44V$ біт інформації.

Розглянемо випадок, коли у мережі працюють 4 пошукові системи: DFMQ (рис. 2). У даному випадку, в процесі індксації всіх серверів даних, будуть задіяні наступні канали зв'язку, наведені в таблиці 2.

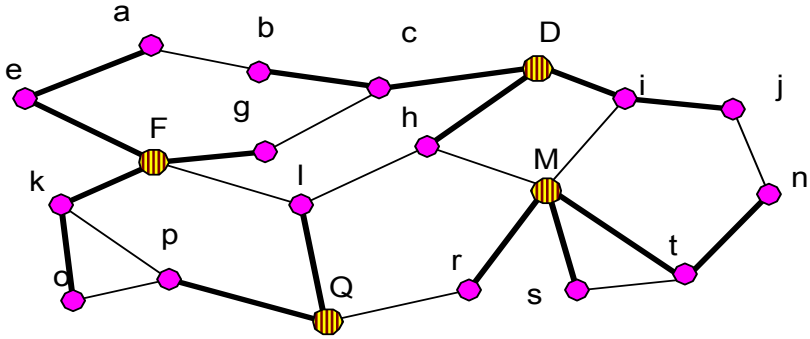


Рис. 2. Індексація мережі розподіленою системою.

Таблиця 2.

<i>канал</i>	<i>обсяг інформації</i>	<i>від яких серверів надходять дані</i>
ae	1	a
ef	2	ac
fg	1	g
ko	1	o
kf	2	ko
lq	1	l
pq	1	p
bc	1	h
cd	2	bc
hd	1	h
ij	1	j
jd	2	ij
nt	1	n
mt	2	nt
ms	1	s
mr	1	r
Всього	21	

Як випливає з таблиці, при індексації по мережі буде перелано $21V$ біт інформації.

Таким чином, система пошуку з розподіленою архітектурою дозволяє забезпечити більшу актуальність індексів порівняно з централізованою системою пошуку і крім того, дозволяє знизити навантаження на мережевий трафік.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕР СТРУКТУРНОГО ПОДОБИЯ В АНАЛИЗЕ СВЯЗИ «СТРУКТУРА – СВОЙСТВО (АКТИВНОСТЬ)»

Н.В. Витюк

г. Одесса, Одесский государственный морской университет

Совершенствование методов органического синтеза привело к возможности получать соединения практически любой задуманной химиком структуры. Количество ежегодно синтезируемых и выделяемых из природных источников новых химических соединений исчисляется десятками тысяч. Среди такой массы химических соединений наряду с полезными веществами (лекарства, продукты бытовой химии), могут быть и вещества, оказывающие вредное влияние на человека и окружающую среду.

Возникшая в недрах органической химии задача предсказания по структуре химического соединения его активность (свойство), с одной стороны, развилась в одну из важнейших проблем таких дисциплин, как химическая технология, фармакология, молекулярная физика, экология и т.д., с другой, – стимулировала прогресс в компьютеризации деятельности исследователя. В прогнозировании биологической активности химических соединений по их структуре перспективными являются кибернетические методы обработки информации. При этом предполагается, что исследователю ничего не известно о механизме действия химического соединения. Живой организм рассматривается как некий «черный ящик», в который закладывается химическое соединение с известной структурой, после чего наблюдаются те или иные особенности функционирования молекулы, проявляющиеся в некотором биологическом отклике. В общем случае решение проблемы «структура химического соединения – его активность (свойство) = (QSA(P)R – *англ.*)» [1] состоит из трех основных этапов:

1. Измерение отклика A исследуемого соединения, т.е. величины его свойства – (физико-химических характеристик, биологического воздействия и т.д.), отнесение исследуемого соединения к тому или иному классу активности.

2. Описание молекулы в терминах структурных признаков S . Понятие химической структуры чрезвычайно многообразно. В нем заключена информация о присутствии определенных функциональных групп или фрагментов, о топологической связанности различных атомов молекулы, ее пространственном и электронном строении, физико-химических свойствах. Выбор того или иного способа описания структуры диктуется характером конкретно решаемой задачи и ограничением затрат на получение экспериментальных и расчетных данных отражающих химическую структуру.

3. Выбор функции $A=f(S)$ – установление математических закономерностей, отражающих связь структура – отклик и позволяющих решать обратную задачу QSA(P)R, т.е. прогнозировать свойство (активность) неизвестной молекулы, исходя из ее структурных особенностей. При этом алгоритм проведения третьего этапа зависит от того, в каких шкалах – бинарной, ранговой или интервальной проведено описание структурных признаков молекулы и измерение ее отклика. Различие алгоритмов решения проблемы QSA(P)R при описании отклика молекулы в бинарной шкале ($A=1$, если молекула обладает данным свойством или данным уровнем активности, иначе $A=0$) – или интервальной шкалой измерений, привело к выделению двух видов решения задачи QSA(P)R на двух уровнях – качественном (уровень I) и количественном (уровень II).

Новый характер полезной информации, содержащейся в используемых данных, не позволяет применять для определения функции $A=f(S)$ классические статистические методы. В связи с этим возникают совершенно новые задачи обработки экспериментальных данных, а значит и новые методы решения проблемы QSA(P)R, в частности, основанные на идеях и алгоритмах теории распознавания образов (ТРО) [2, 3].

Основная предпосылка ТРО заключается в том, что существует некоторое множество объектов с известным описанием, каждый из которых может принадлежать одному из образов (классов). QSA(P)R, как частный случай решения задачи ТРО, может осуществляться с помощью некоторой последовательности преобразований, результатом которой является отображение объектов класса А в один кластер, а класса В – в другой.

Задача ТРО состоит в выработке решающего правила позволяющего относить объекты к соответствующему классу. Для этой цели перспективны преобразования использующие принцип структурного соответствия: «чем ближе по структуре к самому активному соединению исследуемое, тем выше должна быть его активность [4]». При этом рассматривается структурное подобие исследуемой молекулы L относительно эталонной молекулы M , проявляющей наибольшую активность. Такой подход представляется естественным для изучения биологического взаимодействия лиганда с соответствующими рецепторами на основе «молекулярного узнавания», одним из механизмов которого является возникновение индуцированного структурного соответствия между функциональными группами лиганда и рецептора [5].

Большинство накопленных структурных баз представляют наборы молекул с неизменным «ядром» и переменными заместителями. Для таких выборок минимальные затраты на описание структуры достигаются указанием вида заместителя и его положения в молекуле относительно «ядра». В таком случае структурные признаки молекулы фактически измеряются в бинарной шкале.

Представляет интерес реализация эвристической идеи принципа структурного соответствия с использованием мер сходства объектов L и M , описываемых бинарными признаками. Для построения измерителей сходства введем следующие обозначения частот [6]:

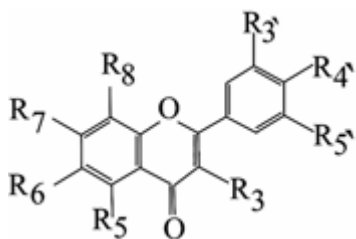
- $n^{(1,1)}$ и $n^{(0,0)}$ – числа совпадающих, соответственно, единичных (нулевых) признаков у L и M (числа пар 1,1 и 0,0);
- $n^{(1,0)}$ и $n^{(0,1)}$ – числа совпадающих, соответственно, единичных (нулевых) признаков у L и нулевых (единичных) признаков у M (соответственно, числа пар 1,0 и 0,1);
- $n^{(1)}_L$ и $n^{(1)}_M$ – числа, единичных признаков, соответственно, у L и M ;
- p – общее число совпадающих признаков: $p = n^{(1,1)} + n^{(0,0)}$;
- q – общее число несовпадающих признаков: $q = n^{(1,0)} + n^{(0,1)}$;
- m – общее число признаков, по которым осуществляется сравнение: $m = p + q$.

Известно много различных измерителей подобия S_i выражаемых через эти величины, наиболее употребительные из которых приведены в таблице.

Формула	Интервал изменения	Примечания
$T_1=p/m$	$(0 \leq T_1 \leq 1)$	Равнозначность единичных и нулевых признаков.
$T_2=n^{(1,1)}/m$	$(0 \leq T_2 \leq 1)$	
$T_3=(p-q)/m$	$(-1 \leq T_3 \leq 1)$	Если $p=q$, то $T_3=0$
$T_4=n^{(1,1)}/(n^{(1)}_L+n^{(1)}-n^{(1,1)})$	$(0 \leq T_4 \leq 1)$	
$T_5=n^{(1,1)}/(n^{(1,1)}+q)$	$(0 \leq T_5 \leq 1)$	
$T_6=2n^{(1,1)}/(2n^{(1,1)}+q)$	$(0 \leq T_6 \leq 1)$	Придает вдвое больший вес совпадающим единичным признакам
$T_7=n^{(1,1)}/(n^{(1,1)}+2q)$	$(0 \leq T_7 \leq 1)$	Придает большим вес несовпадающим признакам
$T_8=p/(m+q)$	$(0 \leq T_8 \leq 1)$	Модификация T_4 . Отличается включением совпадения нулевых признаков

На модельных выборках объектов было рассмотрено влияние как закономерного изменения структуры, так и структурных особенностей объекта-эталона на изменение измерителей подобия T_i и построенных на их основе функционалов-измерителей несходства $F(T_i)$. Приведение значений T_3 к интервалу $[0-1]$ преобразованием $T_3^0=(T-T_{min})/(T_{max}-T_{min})=\{T_3-(-1)\}/\{1-(-1)\}$, дает численные значения T_1 . Также было обнаружено, что $n^{(1)}_L/m \rightarrow 1$ существует значимая взаимокорреляция мер T_1, T_2, T_4, T_5 и T_7, T_8 . При увеличении числа нулевых признаков в объекте-эталоне, с одной стороны, взаимокорреляция указанных мер уменьшается, но, с другой, – значения мер T_2, T_4, T_5, T_6, T_7 вырождаются, принимая нулевые значения. Такая сложная взаимозависимость мер подобия обуславливает необходимость применения всего набора приведенных мер структурного подобия T и различия $(1-T)$ в анализе QSA(P)R.

Выбранные меры сходства и различия использовались в анализе связи структура-свойство выборки из 104 соединений, про-



являющих некоторую биологическую активность $A_{экс}$ [6]. Данная выборка включает 50 веществ отнесенных к классу малоактивных ($A_{экс}=2,70$), что позволяет решать задачу QSAR как на качественном уровне I (прогнозировать принадлежность молекул классам активному или неактивному), так и на количественном уровне II (прогнозировать величину A). Кроме того, для этой выборки в [6] осуществлен анализ связи структура-активность регрессионными методами при описании молекул с помощью квантово-химических и классических структурных параметров.

В настоящей работе структура выборки кодировалась 42 бинарными переменными S , учитывающими: 3 различные радикала в положении R_3 , 5 – в R_5 , R_6 и R_8 , 7 – в R_7 , 4 – в R_3' , 10 – в R_4 , 3 – в R_5 . Для углубления описания структуры также вводились 13 дополнительных переменных S , принимающих единичное значение, когда два данных заместителя присутствуют в положениях R_i и R_j одновременно.

Для всей совокупности 55 структурных переменных S определялись рассмотренные выше меры подобия T_i . Выбор молекулы-эталона, относительно которой рассматривалось структурное подобие остальных, вызвал трудности. Как и самое активное ($A_{экс}=5,13$) соединения, так и восемь последующих в ряду убывающей активности ($A_{экс}>4,70$), обладали максимум пятью единичными структурными признаками. С одной стороны, это вызвало необходимость испытания в качестве эталона первых девяти наиболее активных соединений, а, с другой, – повлекло плохую обусловленность матрицы исходных данных и, следовательно, невозможность применения классического регрессионного анализа. Применение итерационных методов нелинейного оценивания позволило получить 18-ти параметровое уравнение кусочно-линейной регрессии, позволяющей по величинам $T_1 - T_8$ предсказать для всей выборки ($N=104$) значения активности значимо, коррелирующие с экспериментальными. Коэффициент корреляции по Пирсону (r) между $A_{экс}$ и $A_{расч}$ колебался от 0,70 до 0,80, в зависимости от выбора молекулы-эталона, что совпа-

дает со значениями $r=0,747-0,750$, полученными в [7] на основе классических квантовых характеристик заместителей.

Для проведения отнесения молекул на два класса (А и В) в пространстве структурных признаков $T_1 - T_8$ были использованы методы логит-регрессии и кластер-анализа. Для этого активность соединений с $A_{экс} > 2,70$ кодировалась единицей, а соединений с $A_{экс} = 2,70$ – нулем. Полученное уравнение логит-регрессии отнесло к классу (А) 49 активных соединений, а кластер-анализ – 48 активных соединений. Критерий вероятности правильной классификации активных соединений [3] (QSA(P)R анализ на уровне I) в рамках предлагаемой модели составляет 91%.

Для улучшения качества QSA(P)R-анализа на уровне II предложен фиктивный эталон, включающий структурные признаки оптимально разделяющие исследуемую выборку на активную и неактивную подвыборки. При выборе таких признаков S_j ориентируются на вероятности их появления в подвыборках активных (P_j^a) и неактивных (P_j^n) соединений, определяемой делением числа соединений содержащих S_j в данной подвыборке на ее объем. Очевидно, что признаки, для которых разделяющая способность $\Delta P_j = |P_j^a - P_j^n|$ близка к 1 или 0, малоинформативные.

Таким образом, был сконструирован фиктивный эталон L , включающий 13 структурных признаков характерных для активной подвыборки и 10 – для неактивной. Дополнительно к перечисленным выше частотам рассматривались частоты $n^{(-1,1)}$ и $n^{(-1,0)}$ – числа совпадающих единичных «антиактивных» структурных признаков у эталона L и, соответственно, единичных (нулевых) признаков у молекулы M .

Методом нелинейного оценивания по набору из частот $n^{(-1,1)}$, $n^{(-1,0)}$, $n^{(1,0)}$, $n^{(0,1)}$ было получено уравнение кусочно-линейной регрессии. При этом коэффициент корреляции по Пирсону между $A_{экс}$ и полученными $A_{расч}$ составлял 0,873.

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют о перспективности данного подхода к решению проблемы QSA(P)R как на качественном, так и количественном уровнях с использованием бинарных признаков для описания структуры молекулы.

ЛИТЕРАТУРА

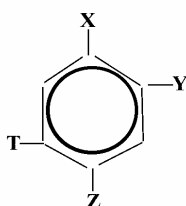
1. Livingstone D., *Data Analysis for Chemists. Applications to QSAR and Chemical Product Design*, Oxford Science Publ., Oxford, 1995.
2. Голендер В.Е., Розенблит А.Б. *Вычислительные методы конструирования лекарств.* – Рига: Зинатне, 1978. – 178 с.
3. Розенблит А.Б., Голендер В.Е., *Логико-комбинаторные методы в конструировании лекарств.* – Рига: Зинатне, 1983. – 238 с.
4. Vityuk N.V., *Pattern recognition and Image Analysis*, 1998, 8, 1, 42–47.
5. Lehn J.-M., *Angew. Chemie*, 1988, 27, 89.
6. Елисеева И.И., Рукавишников В.О., *Группировка, корреляция, распознавание образов.* – М.: Статистика, 1977. – 144 с.
7. Nikolovska-Coleska Z., et al. *Quant. Struct.-Act.Relat.* 1998, 17, 7-13.

АНАЛИЗ СВЯЗИ «СТРУКТУРА – ВКУСОВЫЕ СВОЙСТВА» ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОЛА НА ОСНОВЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ

Н.В. Витюк

г. Одесса, Одесский государственный морской университет

Сладкие синтетические вещества привлекли к себе внимание исследователей еще в период второй мировой войны. Было обнаружено, что многие производные бензола по сладости превышают сахарозу и при этом не вызывают



ощущения горечи [1–3]. Для 2-производных 5-нитроанилина в [3] было получено регрессионное уравнение, связывающее логарифм сладости относительно сахарозы с характеристиками заместителя (константы гидрофобности, Гаммета) в положении Y. В работах [4–8] круг исследуемых соединений расширился. Было обнаружено, что сладость производных бензола зависит от положения и природы заместителя. Однако в дальнейшем было найдено, что некоторые производные нитроанилина не обладают сладким вкусом [5], а многие «сладкие» производные проявляют токсичность [4]. Интерес к производным бензола, как к потенциальным сладким веществам, угас, несмотря на то, что к тому времени сформировались основные положения, объясняющие возникновение сладкого вкуса [7–10]. Исследователи, основываясь на частных закономерностях, не смогли провести на должном уровне анализ связи «структура – вкус», и, с другой стороны, выявить структурные закономерности приводящие к возникновению нежелательных побочных эффектов.

Однако, возросший в настоящее время интерес к экологически чистым синтетическим имитаторам запаха и вкуса пищевых продуктов, обуславливает необходимость такого анализа.

В настоящее время для анализа связи «структура химического соединения – его активность (свойство) = (QSA(P)R – *англ.*)» перспективными являются кибернетические методы обработки информации [11–12]. В связи с этим возникают совершенно новые задачи обработки экспериментальных данных, а значит и

новые методы решения проблемы QSA(P)R, в частности, основанные на идеях и алгоритмах теории распознавания образов (ТРО). Основная предпосылка ТРО заключается в том, что существует некоторое множество объектов с известным описанием, каждый из которых может принадлежать одному из образов (классов). QSA(P)R, как частный случай решения задачи ТРО, может осуществляться с помощью некоторой последовательности преобразований, результатом которой является отображение объектов класса *A* в один кластер, а класса *B* – в другой.

Задача ТРО состоит в выработке решающего правила позволяющего относить объекты к соответствующему классу. Для этой цели перспективны преобразования использующие принцип структурного соответствия: «чем ближе по структуре к самому активному соединению исследуемое, тем выше должна быть его активность [13]». При этом рассматривается структурное подобие исследуемой молекулы *L* относительно эталонной молекулы *M*, проявляющей наибольшую активность. Такой подход представляется естественным для изучения биологического взаимодействия лиганда с соответствующими рецепторами на основе «молекулярного узнавания», одним из механизмов которого является возникновение индуцированного структурного соответствия между функциональными группами лиганда и рецептора [4].

Применим идеи ТРО для анализа связи «структура–сладкий вкус» производных бензола, описанных в [1–5].

Изучалась выборка из 25 производных бензола (табл. 1), проявляющих различные вкусовые качества – от очень сладкого (вкус сахарозы принят за единицу) до отсутствия такового, при этом экспериментальные оценки сладкого вкуса по одним и тем же соединениям у различных авторов различны и не определена количественно оценка сладкого вкуса, принимаемого за его отсутствие. Исходный материал имеет также ряд других особенностей, характерных для случаев, когда исследователь при решении проблемы QSA(P)R использует не результаты целенаправленного синтеза, а различные литературные данные (пассивный эксперимент).

Такие выборки редко являются итогом систематического статистического дизайна и требуют оптимальной стратегии решения поставленной задачи, особенно при малом количестве ис-

следуемых соединений с нечетко определяемым откликом.

Оценка сладкого вкуса производных бензола. Ранги экспериментальных оценок R . Расчетные ранги оценки R_c , A_c при качественном (I) и количественном (II) уровнях анализа связи «структура – вкус»

№	Экспериментальная оценка сладкого вкуса	Ранги оценок сладкого вкуса					
		Уровень анализа					
		(I)		(II)			
		R	R_c	R	A_c	R_c	R'_c
1	5600 ^[3] 4000 ^[2]	10	7	1	-1,46	2	2
2	2500 ^[5]	10	8	2	-0,43	8	9
3	1410 ^[3]	10	1	3	-0,80	5	5
4	500–1000 ^[2]	10	18	4	-0,98	4	4
5	500 ^[3] , 700 ^[5]	10	4	6,5	-0,73	6	6
6	330 ^[4] , 875 ^[3]	10	17	6,5	-1,17	3	3
7	300 ^[4] , 875 ^[3]	10	22	6,5	1,41	17	21
8	300–500 ^[1]	10	13	6,5	-1,80	1	1
9	280 ^[3]	10	10	9	0,12	10	13
10	160 ^[3]	10	15	10	-0,72	7	7
11	100 ^[5]	10	16	11	0,51	13	17
12	70 ^[3]	10	9	12	0,38	12	15
13	54 ^[4]	10	20	13	1,19	16	20
14	+ ^[5]	10	21	-	1,48	-	22
15	+ ^[5]	10	3	-	-0,37	-	10
16	+ ^[5]	10	5	-	1,59	-	23
17	+ ^[5]	10	12	-	0,45	-	16
18	+ ^[5]	10	6	-	0,11	-	12
19	+ ^[5]	10	2	-	-0,63	-	8
20	0 ^[5]	22,5	24	16,5	0,75	14	18
21	0 ^[5]	22,5	11	16,5	-0,01	9	11
22	0 ^[5]	22,5	14	16,5	0,18	11	14
23	0 ^[5]	22,5	23	16,5	1,63	18	24
24	0 ^[5]	22,5	19	16,5	1,10	15	19
25	0 ^[5]	22,5	25	16,5	1,70	19	25

+ – присутствует сладкий вкус, 0 – сладкий вкус отсутствует.

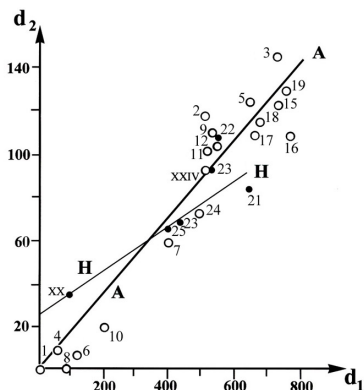
Наличие в выборке соединений, характеризующихся широким интервалом значений сладости либо констатацией факта наличия (отсутствия) сладости, обусловило использование ранговой шкалы для описания активности. Ранг $R=1$ приписывался самому сладкому соединению (1). Соединениям с перекрывающимися оценками активности приписывался связанный ранг R , равный среднему значению рангов активности данных молекул (таблица). При анализе связи «структура – сладкий вкус» на качественном уровне формировались две подвыборки соединений: активных (1–19) и неактивных – не проявляющих сладкий вкус (20–25). Активные соединения (14–19), не имеющие оценок сладости, не рассматривались на первой стадии количественного анализа.

Применим дескрипторно-топологическую модель молекулы [11] для описания структур исследуемой выборки производных бензола. При выборе дескрипторов D_j ориентируются на вероятности их появления в подвыборках активных (P_j^a) и неактивных (P_j^n) соединений, определяемой делением числа соединений содержащих D_j в данной подвыборке на ее объем. Очевидно, что дескрипторы, для которых разделяющая способность $\Delta P_j = |P_j^a - P_j^n|$ близка к 1 или 0, малоинформативны. Перечень дескрипторов, описывающих исследуемую выборку: $-\text{NH}_2$ (0,01), $-\text{NO}_2$ (0,07), $-\text{CH}_3$ (0,08), $-\text{O}-$ (0,15), $-\text{OH}$ (0,12), $-\text{CF}_3$ (0,21), $-\text{CN}$ (0,05), $-\text{Br}$ (0,16), $-\text{Cl}$ (0,16), $-\text{F}$ (0,10), $-\text{J}$ (0,05) (в скобках значение ΔP_j) – свидетельствует, что составить набор дескрипторов, обладающих оптимальной разделяющей способностью, затруднительно.

Такая ситуация характерна для пассивного эксперимента, и обуславливает применение в анализе «структура – вкус» всего набора выделенных дескрипторов (кроме единожды встречающегося в неактивной подвыборке дескриптора, соответствующего карбонильному атому кислорода), а также обобщенного дескриптора, представляющего атом галогена безотносительно к его химической природе. Этот дескриптор обладает оптимальной разделяющей способностью ($\Delta P_j=0,47$) при максимальной вероятности появления ($P_j^a=0,47$).

Анализ связи «структура – активность (свойство)» основан на геометрической интерпретации принципа структурного подо-

бия – положение молекулы m_i в системе координат структурных признаков $\{d_1, d_2\}$, центр которой соответствует положению молекулы-эталона m_o , (в данном случае, 1-пропоксипроизводному),



сопоставляется с активностью i -ой молекулы.

Было обнаружено, что положения активных и неактивных молекул (см. рис.: о – активные молекулы, • – неактивные) с определенной точностью можно охарактеризовать двумя прямыми (А– и N– директрисами), вдоль которых группируются отображения молекул соответствующих классов.

Введением директрис мы попытались учесть тот факт, что близости структур в традиционном химическом понимании не всегда соответствует близость биологического действия [13], поэтому при решении задачи QSA(P)R необходимо выделить наиболее общие тенденции в строении молекул. Уравнения директрис имеют вид:

$$\text{А–директриса: } d_2 = 0,177 d_1, n = 19, \sigma^2 = 131, \quad (1^*)$$

$$\text{N–директриса: } d_2 = 0,115 d_1 + 25,702, n = 6, \sigma^2 = 204. \quad (2^*)$$

Сопоставление положений исследуемых молекул с их активностями позволяет установить ряд закономерностей. В начале А–директрисы имеется кластер активных молекул. Область пересечения А– и N– директрис обеднена активными молекулами. За этой областью вдоль А–директрисы располагается второй кластер активных молекул; характерно, что молекулы, составляющие этот кластер (3, 5, 9, 12, 15–18), имеют в своем составе атом галогена. Анализ показывает, что на проявление сладкого вкуса кроме расстояния исследуемой молекулы от начала координат топологического графика, также влияют расстояния от отображения исследуемой молекулы до точки пересечения А– и N–директрис ($S_{A,N}$) и модуль расстояния до N–директрисы ($S_{|N|}$). Такая сложная зависимость обусловлена наличием двух активных кластеров и их различным положением относительно N–директрисы и начала координат. С возрастанием $S_{A,N}$ и $S_{|N|}$ ранг

активности уменьшается, что соответствует увеличению сладости соединения.

При прогнозировании свойства часты случаи, когда достаточно упорядочить исследуемые соединения по степени проявления анализируемого свойства, т.е. определить ранг активности. В таком случае можно воспользоваться методом множественной ранговой корреляции, согласно которому ранг прогнозируемой активности A_c i -ой молекулы определяется как $A_c = \sum S_{ij}^o \tau_j$, где: τ_j – коэффициент полуранговой корреляции величины j -ой позиционной характеристики с рангом активности, S_{ij}^o – нормализованное значение j -ой позиционной характеристики, реализуемой на i -ой молекуле, $S_{ji}^o = (S_{ji} - S_{cp\ j}) / \sigma_j$, $S_{cp\ j}$ – среднее арифметическое значение j -ой позиционной характеристики, σ_j – ее среднее квадратическое отклонение. Затем значения A_c последовательной нумерацией преобразовывались в целочисленные значения рангов R_c . В таблице представлены рассчитанные ранги активности R_c (при суммировании использовались $\tau_j > 0,25$) для двух уровней решения задачи «структура – вкус».

Качество прогнозирования можно охарактеризовать коэффициентом корреляции по Спирмену ρ между рангами активности определенными экспериментально (R) и рассчитанными (R_c). Сравнение полученных значений коэффициентов корреляции $\rho^{(I)} = 0,48$, $\rho^{(II)} = 0,72$ с критическими ($\alpha = 0,05$: $\rho^{(I)} = 0,34$; $\rho^{(II)} = 0,39$; $N = 25$) свидетельствует о значимости установленной связи «структура – вкус».

На второй стадии анализа QSA(P)R была предпринята попытка прогнозирования ранга оценки сладкого вкуса соединений (14–19), не имеющих количественной оценки активности и поэтому на первом этапе анализа не включенных в обучающую выборку. По значениям S_{cp} , σ_j и τ_j полученным для структурных параметров $S_{A,N}$ и $S_{|N|}$ обучающей выборки были определены расчетные ранги A_c этих соединений, соответственно, 1,49; –0,37; 1,59; 0,45; 0,11; –0,63, которые затем совместно с расчетными рангами молекул обучающей выборки преобразовывались в целочисленные ранги R'_c (таблица). Из сопоставления рангов активностей тестируемых соединений и молекул обучающей выборки можно предсказать оценки сладкого вкуса (относительно сахарозы) для соединений: №19 – 300–800, №14 – ≈ 300 , №18 –

150–250, №17 – <50, №14, №16 – ≈1.

Аналогичные данные получены при прогнозировании наличия сладкого вкуса у тестируемых молекул (решение проблемы QSA(P)R на уровне I). Активными, т.е. обладающими сладким вкусом признаны соединения (15, 17–19). Соединения (14, 16) с рассчитанной активностью меньшей единицы отнесены к неактивным, поскольку в составе обучающей выборки отсутствовали вещества, проявляющие сладкий вкус в меньшей степени, чем сахара, т.е. с оценками сладкого вкуса в интервале 0,5–1.

Полученные результаты показывают перспективность предлагаемой стратегии решения прямой и обратной задач QSA(P)R с математически «нечетко» определяемым откликом, например, вкусом. Введение A– и N– директрис и позиционных характеристик отображений молекул в признаковом пространстве позволяет в полной мере описать сложный вид кластеров и установить соответствие между положениями отображений молекул (структурой) и проявляемыми ими свойствами. В [14] показано применение предлагаемого метода в часто встречающихся случаях качественного АССА, когда молекула с наибольшей активностью не отражает всей структурной информации молекул обучающей выборки и поэтому не может быть использована в качестве эталона в преобразованиях ($1^* - 2^*$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Blanksma J.J. and Weydan Van Der P.W.M., *Rec. trav. Chim.*, 1940, 59, 629.
2. Blanksma J.J., *Rec.trav. chim.*, 1946, 65, 203.
3. Blanksma J.J. and Hoegen D., *Rec.trav. chim.*, 1946, 65, 333.
4. Hrdlicka J., *Vyziva lidu*, 1973, 28, 9.
5. Bragg R.W., Chow J., Dennis L., et al. *J.Chem. Educ.*, 1978, 55, 81.
6. Blaha K., Glanzova J., Pospisek J., *Chem. Listy*, 1979, 73, 698.
7. Крутошикова А., Угер М. *Природные и синтетические сладкие вещества: Пер. со словацк.* – М.: Мир, 1988.
8. Deutsch E.W. and Hansch C., *Nature*, 1966, 211, 75.
9. Shallenberger R.S., *J.Food Sci.*, 1963, 28, 584.
10. Tamar H., *Principles of Sensory Physiology* (Charles and Thomas Publishers, Springfield, Illinois, USA, 1972.

11. Кузьмин В.Е., Витюк Н.В., Позигун В.В., Хим.-фарм. журн., 1989, 5, 605–607.
12. Голендер В.Е., Розенблит А.Б., Вычислительные методы конструирования лекарств. – Рига: Зинатне, 1978.
13. Lehn J.-M., Angew. Chemie, 1988, 27, 89.
14. Vityuk N.V., Pattern recognition and Image Analysis, 1998, 8, 1, 42-47.

UML КАК ОСНОВА ПОСТРОЕНИЯ ПОЛЯ КОРПОРАТИВНЫХ ЗНАНИЙ

А.А. Витязь, В.П. Логвинчук, В.А. Платоненко
г. Киев, Институт прикладного системного анализа НАН Украины

Сегодня бизнес, передвигаясь в сторону глобальных рынков, выходит на новый уровень развития в условиях постоянного повышения уровня конкуренции, насыщения старых рынков, быстрого устаревания существующих технологий и экспоненциального роста потока новых технологических решений. Благодаря активному развитию электронной коммерции ломаются «входные барьеры», что еще более усиливает конкуренцию. Кроме того, сегодня многие компании изменяют свою внутреннюю структуру, переходя к децентрализованной форме ведения бизнеса, когда офисы и даже отдельные сотрудники территориально удалены друг от друга. Это уже стало естественным для консалтинговых компаний и крупных корпораций. Однако сегодня средний бизнес также переходит в аналогичную сферу ведения бизнеса.

На этом пути компании находят для себя новые возможности, однако, этот процесс сопровождается усложнением ведения бизнеса, что выражается в усиливающейся потребности в информации. Информация как таковая имеет меньшую ценность, чем знания, в которые она преобразовывается сотрудниками компании или консультантами [3, с. 31]. Очевидно, что аналогично управлению информационным полем, в управлении также нуждается и поле знаний. Процесс управления знаниями намного шире, чем просто процедура преобразования информации в знание. Этот процесс также включает в себя проблемы определения: как, где и когда использовать имеющиеся знания, чтобы наилучшим образом удовлетворить потребности потребителей и тем самым завоевать конкурентные преимущества на динамично развивающемся рынке.

Для успешного решения задач необходимо строить активное корпоративное поле знаний – поле знаний, лежащее в основе всех процессов компании: от процессов проектирования бизнес

процессов и архитектуры бизнеса в целом до фиксации оперативных данных. Поле знаний понимается активным в том смысле, что знания вовлекаются для поддержки принятия решений, эволюционируют, создаются и фиксируются, оценки решений принимаемых на основе комбинаций знаний закрепляются как знания о качестве решения.

В индустрии программирования изложенную проблему управления знаниями уже осознали и практически начали решать много лет назад. С 90-х годов наблюдается процесс унификации дескриптивных средств описания программных проектов. В результате был выработан стандартный язык моделирования Unified Modeling Language (UML) [1, 2, 5]. С помощью UML можно визуализировать, специфицировать, конструировать и документировать артефакты, возникающие в процессе системного анализа и проектирования.

Использование UML дает возможность не только определять с его помощью знания в строго формализованной форме, но обмениваться ими – общаться на языке UML, однозначно интерпретируемом и понимаемом всеми участниками, вовлеченными в процесс формирования и использования знаний. UML в силу своей выразительности и однозначности позволяет непосредственно исполнять модели, имитировать поведение систем и контролировать действующие системы [4, с. 40]. Эта особенность языка, по нашему мнению, не была использовано в системах управления программными проектами в виду отсутствия объективной необходимости. Однако, при применении UML в областях, отличных от проектирования программного обеспечения, а именно в сфере таких прикладных областей, как моделирования технологических и экономически процессов, эта особенность выходит на первый план. Именно по этому мы можем утверждать, что UML является как полноценным мета языком, так и языком моделирования систем.

Базовый элемент мета-мета модели UML связан с элементом модели ограничений. В решениях для программной индустрии ограничения играли второстепенную роль – только описывали желаемые ограничения, но практически никогда не появлялись в сгенерированных программных продуктах. Использование ограничений в базе знаний экономических систем востребовано ото-

бражением бизнес правил. В спецификации UML дается некоторая свобода в выборе языка ограничений. При построении корпоративного поля знаний это недопустимо. В качестве языка ограничений естественным считается выбор языка объектных ограничений Object Constraint Language (OCL). Использование данного языка ограничений в качественно новой роли, как активного языка ограничений для экземпляров модельных элементов, позволяет не только формально описать бизнес правила и ограничения, как естественные и необходимые составляющие части корпоративной базы знаний, но и исполнять их во время использования знаний.

При построении архитектуры корпоративного поля знаний динамика реализуется с помощью методов классов, а значит выбрать язык их написания. При проектировании моделей программных систем эта проблема решалась просто – тело методов либо вообще не декларировалось, либо реализовывалось на языке реализации программной системы. Так, продукт Rational Rose поддерживает такие языки как C++ и Java для прямого и обратного проектирования. При построении поля знаний с использованием UML необходимо выбрать такой язык, который бы позволил описывать тела методов, чтобы код, созданный с его помощью, мог быть проверен на правильность (быть верифицированным), а также быть исполненным в процессе использования экземпляров знаний. Для решения этой проблемы нами предлагается использовать объединение подмножества языка Java и языка ограничений OCL. Разработанный язык получил название Component Programming Language (CPL).

Современный бизнес требует описание знаний для бизнес-процессов, которые представляют собой взаимодействие человека и различного рода корпоративных ресурсов для выполнения определенной задачи. Группа поведенческих сущностей (Behavioral things) являются динамическими составляющими модели UML.

Динамическая часть базы знаний в первую очередь ориентирована на создание имитационных моделей для апробации выработанных альтернативных решений в процессе анализа и проектирования решения задач бизнеса. В мировой практике и теории моделирования в последний 20 лет себя прекрасно зарекомендо-

вала теория системной динамики (ТСД), еще в 1971 году примененная для составления динамических моделей предприятия Дж. Форрестром. Сегодня направление ТСД развивается и находит свое практическое применение в моделировании и симулировании многих задач бизнеса. Существует несколько популярных программных продуктов, реализующие подходы ТСД, например Vensim. Очевидно, что интеграция технологического подхода ТСД к построению динамических моделей систем с технологическими решениями на основе UML даст положительный результат и является необходимым строительным блоком в архитектуре корпоративного поля знаний.

Автомат (State machine) – это алгоритм поведения, определяющий последовательность состояний, через которые объект или взаимодействие проходят на протяжении своего жизненного цикла в ответ на различные события, а также реакции на эти события. С помощью автомата можно описать поведение отдельного класса или кооперации классов. С ним связан ряд других элементов: состояния, переходы, события и виды действий. Концепция автомата также должна быть дополнена элементами технологии ТСД. При разработке автоматов в базе знаний следует учитывать, что реальные экземпляры элементов, для которых проектируются автоматы, не всегда могут наводиться в штатном режиме функционирования. При возникновении нештатных ситуаций (критических или просто неучтенных состояний) требуется определить соответствующий механизм реагирования, который позволит либо определить возникшее состояние объекта, как одно из штатных, либо классифицировать это состояние как проблемную ситуацию и использовать существующие знания для формирования адекватных компенсирующих альтернативных вариантов лицу, ответственному за данный объект.

Однако следует также отметить, что существуют такие элементы, как в самой системе, так и в ее окружении, которые трудно представить в виде переходов состояния или другим иным формальным образом. Здесь сказывается отсутствие полных знаний или принципиальная невозможность создание модели динамики состояний объекта. Чтобы не изменять формальную модель UML, предлагается в качестве машины состояния объекта использовать одну из классических моделей типа «черный ящик»,

например, нейронные сети.

Строительные блоки сами по себе очень трудно использовать для проектирования базы знаний, так как их необходимо представлять и проектировать специалистам, работающим над решениями конкретных задач. Для этого в стандарте UML предлагается использовать диаграммы. Они наравне с другими элементами UML приносят существенный вклад в формирования поля знаний. Диаграммы представляют собой группы модельных элементов, которые отражают отдельные точки зрения на некоторые проблемы и таким образом представляют отдельную категорию знаний. Диаграммы классов соответствуют статическому виду системы с точки зрения проектирования, а те которые включают активные классы, соответствуют статическому виду системы с точки зрения процессов. Диаграммы объектов являются статическими «фотографиями» экземпляров сущностей, показанных на диаграммах классов. На диаграммах взаимодействия представлены связи между объектами; показаны, в частности, сообщения, которыми объекты могут обмениваться. На диаграммах состояний представлен автомат, включающий в себя состояния, переходы, события и виды действий. Диаграммы состояний относятся к динамическому виду системы, особенно они важны при моделировании поведения интерфейса, класса или кооперации, акцентируя внимание на поведении объекта. Диаграмма деятельности – это частный случай диаграммы состояний: на ней представлены переходы потока управления от одной деятельности к другой внутри системы.

Как было отмечено выше, получаемые модели с помощью языка UML мы можем трактовать как полноценные базы знаний и использовать, как язык корпоративного поля знаний. Однако чтобы создать поле знаний мы должны создать базу данных максимально интегрированную в информационную среду бизнеса. В условиях глобализации и децентрализации бизнеса применяются такие технологии, как CORBA, J2EE EJB, COM+, SOAP. Для электронной коммерции и для решения корпоративных задач сегодня все чаще применяется совместно технологии EJB и CORBA. Нами была выбрана платформа J2EE, и в частности компонентная архитектура EJB для реализации прототипа корпоративного поля знаний. Мета-мета элементы UML реализуют-

ся в виде EJB-компонент, с использованием специально разработанных вспомогательных технологий, учитывающих особенности создания моделей знаний на данной платформе. Так введен вспомогательный менеджер транзакций в поле знаний с учетом того, что элементы знаний характеризуются как версионные. Поддержка версионности позволяет сохранять динамику развития компонент модели, что является также дополнительным элементом базы знаний. Реализация компилятора OCL позволяет проверять и выполнять ограничения при использовании совместно с динамическими элементами. Реализация CPL позволяет программировать методы экземпляров модельных элементов в рамках сервера приложения динамично и без привлечения и использования дополнительных технологий. Чтобы поле знаний стало активным, требуется его полная интеграция в информационные потоки и процессы управления предприятием. Это задача решается с наименьшими усилиями, благодаря использованию платформы J2EE, однако, требует создание специальных клиентских приложений, которые решают прикладные задачи бизнеса и интегрированы с полем знаний. Также требуется разработать набор вспомогательных инструментальных средств анализа знаний, поддержки принятия решений.

Развитие идеи создания активного поля корпоративных знаний находится сейчас в разработке. Исследуются технологии искусственного интеллекта, применение методологий системного анализа, теория агентов и т.д., таким образом, вопрос остается открытым и эволюционирует в данное время.

Исходя из выше сказанного, использование знаний является важнейшим составляющим успеха бизнеса и остается одним из ведущих конкурентных преимуществ в арсенале любой компании в любой сфере бизнеса. Практическое использование знаний приобретает особую ценность в рамках общекорпоративного поля знаний, для которого требуется формальный язык. Данное поле облегчает переход и позволяет существенно расширить объем и качество «понимания проблем», как наивысшей ступени в последовательности информация–знание–понимание. На роль языка описания знаний, с нашей точки зрения, наилучшим образом подходит UML. Поддержка со стороны концерна OMG гарантирует независимость и непрерывность процесса стандарти-

зации и спецификации. При его использовании как языка корпоративного поля знаний особую роль играют то, что UML предоставляет механизмы для организации и классификации знаний относительно данного контекста или ситуации, для которой разрабатываются знания. Для проектирования корпоративного поля знаний необходимо было реализовать модель данных мета-элементов UML, а также реализовать поддержку OCL и CPL. Среди существующих корпоративных платформенных архитектур наиболее адекватной была выбрана платформа J2EE с ее компонентной архитектурой EJB.

Литературные ссылки

1. Sinan Si Alhir. Knowledge: The dictating factor of business success. – www.DistributedComputing.com, 2001.
2. Sinan Si Alhir. UML in a Nutshell. – O'Reilly & Associates, Inc., September 1998.
3. Gharajedaghi, Jamshid. System thinking: managing chaos and complexity: a platform for designing business architecture. – Butterworth-Heinmann, 1999.
4. Буч Г., Рамбо Дж., Джекобсон А. UML: руководство пользователя. – М.: ДМК, 2001.
5. Стандарт UML 1.4. – www.OMG.org, 2001.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ

В.М. Гиковатый

г. Харьков, Харьковский государственный экономический университет

Процесс развития предприятие, связан с взаимодействием производственно-экономической системы с субъектами рынка. Все возможные виды взаимодействия субъектов рынка можно классифицировать, используя их дихотомическое деление на два противоположных: конкуренция и интеграция. Выбирая один из видов взаимодействия, предприятие рассчитывает на получение дополнительного дохода. Одной из современных мировых тенденций являются интеграционные процессы. Источником дополнительного дохода в интеграционных процессах является *синергетический эффект*, метод, определения которого предложен в данной работе.

Синергетический эффект определяют как явление, которое возникает от совместного действия нескольких разных факторов, в то время как каждый фактор в отдельности к этому явлению не приводит [1]. Синергетический эффект может присутствовать только в открытых системах благодаря интенсивному обмену ресурсами и информацией с окружающей средой в неравновесных условиях. В таких системах наблюдается согласованное поведение подсистем, в результате чего возрастает степень ее упорядоченности, т. е. уменьшается энтропия.

При интеграции предприятия, рассчитывают получить дополнительный доход за счет:

- 1) снижения управленческих издержек – на основе устранения дублирования управленческих функций, их централизации;
- 2) снижения коммерческих издержек – сокращения затрат на сбыт продукции использование одних и тех же каналов продвижения продукции;
- 3) снижения технико-технологических издержек, связанных с ростом масштабов производства, его концентрация приводит к снижению издержек, более эффективному

- использованию ресурсов;
- 4) снижения финансовых издержек – экономия на налоговых платежах;
 - 5) установления деловых взаимовыгодных долгосрочных отношений;
 - 6) диверсификации, направленной на завоевание долговременных конкурентных преимуществ;
 - 7) привлечения заемных средств и т.д.

Ярким примером использования преимуществ интеграции является деятельность транснациональных корпораций, финансово-промышленных групп, совместных предприятий.

Любая производственно-экономическая система является целеориентированной и направлена на достижение планируемого ей эффекта. Однако присутствие энтропии внешней и внутренней среды ПЭС указывает на вероятностный характер достижения планируемого эффекта. Следовательно, необходимо говорить не о планируемом, а об ожидаемом эффекте, равном произведению планируемого эффекта на энтропию. С точки зрения экономико-математического моделирования энтропию можно представить как вероятность достижения цели [2].

В результате интеграционных процессов, не только уменьшается энтропия, но и ожидаемый синергетический эффект, превышает сумму, слагающих его ожидаемых эффектов.

Из вышесказанного можно сформулировать **эффект синергии**: *интеграция усилий отдельных субъектов рынка, направленная на достижение общего ожидаемого эффекта, всегда будет превышать простую сумму ожидаемых эффектов каждого субъекта в отдельности.*

$$E_s > \sum_{i=1}^n E_i \quad (1)$$

где E_s – ожидаемый синергетический эффект, достигаемый за счет интеграции усилий;

E_i – ожидаемый эффект i -того предприятия;

n – число предприятий, участвующих в процессе интеграции.

Ожидаемый эффект рассчитывается по следующей формуле:

$$E_i = E_{p_i} \times p_i, \quad (2)$$

где E_{p_i} – планируемый эффект i -того предприятия;

p_i – вероятность достижения планируемого эффекта $0 < p_i < 1$.

Ожидаемый синергетический эффект определяется по следующей формуле:

$$E_i = \left(1 - \prod_{i=1}^n q_i \right) \times \sum_{i=1}^n E_{p_i}, \quad (3)$$

где $q_i = 1 - p_i$.

Подставив в формулу (1) формулы (2) и (3), получим неравенство:

$$\left(1 - \prod_{i=1}^n q_i \right) \times \sum_{i=1}^n E_{p_i} > \sum_{i=1}^n E_{p_i} \times p_i, \quad (4)$$

Доказательство. Рассмотрим два крайних случая, при которых

$$p_1 = p_2 = \dots = p_n = 1(0). \quad (5)$$

Тогда неравенство (4) принимает вид

$$1(0) \times \sum_{i=1}^n E_{p_i} > \sum_{i=1}^n E_{p_i} \times 1(0), \quad (6)$$

Т.к. $1(0)$ являются граничными значениями, которые может принять p_i , то выражение (6) преобразовывается в равенство, обе части (синергетический ожидаемый эффект и сумма ожидаемых эффектов, слагающих его) которого принимают максимальное (минимальное) значение.

Случай (5) в сфере экономики невозможен, а, следовательно, всегда будет выполняться неравенство (4).

Область применения эффекта синергии можно классифицировать по следующим направлениям (в основе лежит классификация функций предприятия, предложенная Файолем [3]):

1. *Коммерческое.* Синергетический эффект проявляется при объединении усилий нескольких ПЭС по стимулированию сбыта и по продвижению товаров на рынок, при использовании одних и тех же каналов коммуникации и каналов распределения.

2. *Техническое.* Синергия выражается в эффективном использовании средств и предметов труда, трудовых ресурсов.

3. *Финансовое.* Эффект синергии дает результаты при совместном использовании капитала, организации закупок, взаимовыгодных процентных ставках (если один из участников явля-

ется банком).

4. *Административно-управленческое.* В данной области эффект синергии выражается в совместном принятии стратегических, тактических и оперативных решений.

Проиллюстрируем действие эффекта синергии на примере. Предприятие А производит оборудования для переработки зерновых на муку и крупы и планирует, что годовой объем продаж будет равен 12 млн. грн. Вероятность достижения, поставленной цели равна 0,8. Предприятие Б производит установку для зашивки, наполненных мешков, и планирует годовой объем продаж 3 млн. грн. Вероятность достижения, намеченного результата равна 0,65. Оборудование предприятия А и Б представляют собой систему машин, что позволяет использовать одни и те же каналы коммуникации и каналы распределения и продвижения продукции обоих предприятий.

Необходимо определить, выгодно ли объединять усилия по продвижению продукции на рынок, и чему равен ожидаемый синергетический эффект, в случае интеграции двух предприятий.

Для решения данной задачи необходимо:

1. Определить сумму ожидаемых объемов продаж предприятий А и Б, действующих на рынке самостоятельно, используя формулу (2):

$$E_A = 12 \text{ млн. грн.} \times 0,8 = 9,6 \text{ млн. грн.}$$

$$E_B = 3 \text{ млн. грн.} \times 0,65 = 1,95 \text{ млн. грн.}$$

где E_A – ожидаемый объем продаж предприятия А;

E_B – ожидаемый объем продаж предприятия Б.

2. Определить ожидаемый синергетический эффект по формуле (3):

$$E_S = (1 - (1 - 0,8) \times (1 - 0,65)) \times 15 \text{ млн. грн.} = 13,95 \text{ млн. грн.}$$

3. Подставить в формулу (1), полученные значения:

$$13,95 \text{ млн. грн.} > 9,6 \text{ млн. грн.} + 1,95 \text{ млн. грн.}$$

Как видно из последнего выражения, ожидаемый объем продаж, взаимодействующих предприятий, превышает сумму ожидаемых объемов продаж, полученную при работе каждого предприятия самостоятельно.

В настоящее время данный метод проходит апробацию на одном из харьковских предприятий.

В данной работе доработано определение эффекта синергии,

его представление в виде экономико-математической модели и доказательство.

Литература:

1. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. – М.: Знание, 1990. – 48 с.
2. Пушкарь А.И., Гиковатый В.М. Метод выбора альтернатив в задачах управления развитием. // Вестник ХГЭУ. – 2000, №2(14). – С. 95-97.
3. Обэр-Крие Дж. Управление предприятием. – М.: Прогресс, 1973. – 304 с.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ТУШЕНИЕ В 1D ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛАХ: ЗАПЕРТЫЕ МОДЫ И ПРОШЕДШЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Е.Я. Глушко, С.Л. Легуша

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

1D периодические или иерархические слоистые структуры – это наиболее простые примеры фотонных кристаллов (PhCr) – материалы, впервые предложенные Яблоновичем [1–3]. Свойство фотонных кристаллов обнаруживать частотные щели в спектре электромагнитных состояний привлекло значительное внимание и тотчас же повлекло за собой бесчисленное множество приложений [4–9]. Интерференционная природа щели в 1D случае была исследована в [10], где были рассчитаны частотно-угловые диаграммы для фотонных кристаллов в области прозрачности.

Современные технологии напыления позволяют создавать слоистые фотонные структуры с любыми сложными формулами иерархии структуры. Подобно электронным иерархическим структурам, фотонные структуры отражают иерархию структуры в энергетическом спектре (структуры Фибоначчи, n -мальные структуры). Второе направление касается уникальных свойств отражения 1D диэлектрических брэгговских отражателей в широком частотном диапазоне. Природа и критерии полного отражения в 1D плоских структурах обсуждались в [15, 17, 18]. Рентгеновские многослойные зеркала, основанные на 1D металлических фотонных кристаллах, рассматривались в [19].

Проблема перестройки окон отражения или окон пропускания представляет большой интерес для лазерной оптики. В [20] представлен 2D SiO₂–воздушный фотонный кристалл с перестраиваемым положением окна пропускания в области 930–1030 нм. То же свойство проявляет 1D система PhCr-диэлектрик и металлические брэгговские зеркала. Расчеты дают систему окон высокого отражения в области прозрачности, возникающих вблизи соответствующих частот и углов падения, если число слоев достаточно велико. В фотонных кристаллах существует

два вида излучения: запертое и прошедшее электромагнитное поле. Запертое излучение – это стоячие электромагнитные волны, плененные внутри кристалла в результате полного внутреннего отражения. Прошедшее излучение переносит энергию и импульс через образец. Частотно-угловые диаграммы, рассчитанные в данной работе для s - и p -поляризаций электромагнитного поля в области полного внутреннего отражения, выявляют фотонные зоны, которые соответствуют разрешенным стоячим волнам, физически эквивалентным электронным собственным состояниям. Поле, запертое в области полного внутреннего отражения, может быть локализовано в нескольких малых угловых диапазонах. В результате выходящее через торцы образца излучение, имеющее свойство двойного лучепреломления, благодаря различным коэффициентам рефракции слоев, фокусируется в узком угловом диапазоне. В общем случае возможно существование нескольких узких лучей, выходящих через торец образца 1D фотонного кристалла. Эффект фокусировки торцевого излучения для запертых электромагнитных мод в 1D фотонных кристаллах можно использовать в оптических накопителях, источниках света и оптических фильтрах с перестраиваемой частотой, лазерных процессах и т.д.

Будем рассматривать ЭМП в 1D слоистой структуре (см. рис. 1) для двух случаев: первый – источник света находится в левой внешней среде с диэлектрической проницаемостью ($\epsilon_f = n_f^2$), и второй – когда источник ЭМП находится внутри системы. Первый случай касается внешней задачи, второй – внутренней.

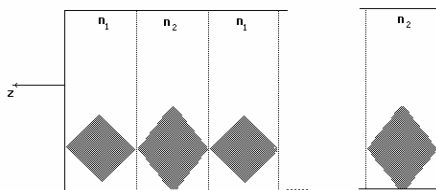


Рис. 1. Схематический вид диэлектрической многослойной структуры чередующихся пар слоев с большим n_1 и меньшим n_2 коэффициентом отражения,

a и b – толщины слоев. n_f – коэффициент отражения левой внешней среды. Область серого цвета – угловые конусы пропускания, незакрашенные угловые области соответствуют области полного внутреннего отражения.

Внутренняя задача рассматривает область углов полного внутреннего отражения, которая складывается из двух областей $\varphi \in [\varphi_1, \varphi_2]$ и $\varphi \in [\varphi_2, \pi/2]$, где $\varphi_2 = \arcsin n_2/n_1$.

Материальное уравнение для поглощающего слоя задано в нашей модели комплексной диэлектрической функцией (ДФ) в спектральной области вблизи плазменной частоты ω_p

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\omega_p^2(\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)}{\omega_p^2 - \omega^2 - 2\gamma i\omega} = \varepsilon' + i\varepsilon'',$$

где ε_∞ , ε_0 – ДФ высоких и низких частот, соответственно, γ – параметр тушения. Тогда для реальной части ДФ и оптической проводимости $\sigma(\omega)$ имеем

$$\varepsilon' = \varepsilon_\infty + \frac{\omega_p^2(\omega_p^2 - \omega^2)(\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)}{(\omega_p^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2\omega^2}, \quad \sigma(\omega) = \frac{c}{2\pi} \frac{\gamma\omega\omega_p^2(\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)}{(\omega_p^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2\omega^2}$$

и для реальной и мнимой частей вектора рефракции имеем

$$k = \left(\left((\varepsilon'')^2 + \left(\frac{\varepsilon'}{2} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{\varepsilon'}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{\omega}{c}, \quad \kappa = \left(\left((\varepsilon'')^2 + \left(\frac{\varepsilon'}{2} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{\varepsilon'}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{\omega}{c}$$

Используя решения уравнений Максвелла для плоских волн в общем случае, с учетом процессов поглощения имеем для падающих и отраженных волн в произвольном s -слое

$$n_s \vec{E}_s^p = A_s^p (n_{sz}, n_{sx}) e^{ik_z z - \kappa r} + B_s^p (n_{sz}, -n_{sx}) e^{-ik_z z - \kappa r} \quad (1)$$

$$n_s \vec{E}_s^s = A_s^s (n_{sz}, -n_{sx}) e^{ik_z z - \kappa r} - B_s^s (n_{sz}, n_{sx}) e^{-ik_z z - \kappa r} \quad (2)$$

где верхние индексы p и s соответствуют p - и s -поляризации, соответственно, A и B – амплитуды поля. В общем случае поле представляется смесью двух поляризаций.

Для p - и s -поляризаций на границе s/s' магнитная компонента p -поляризованной волны и электрическая компонента s -поляризованной волны должна удовлетворять следующим условиям

$$\begin{cases} H_{s\tau} = H_{s'\tau} \\ H_{sn} = H_{s'n} \end{cases}, \quad \begin{cases} E_{s\tau} = E_{s'\tau} \\ \varepsilon_s E_{sn} = \varepsilon_{s'} E_{s'n} \end{cases} \quad (3)$$

соответственно, где индекс s будет нижним индексом только для n_1 слоев, а индекс s' – для n_2 слоев соответственно.

В случае источника ЭМВ, расположенного слева, возникает стандартная задача на пропускание и отражение падающей волны, имеющей амплитуду A_1 . Полагая, что рассматриваемые слои s' в бинарной слоистой структуре прозрачны, мы получаем систему $2N+2$ линейных алгебраических уравнений относительно компонент As и Bs векторов поля

$$\vec{X}^+ = (B_L, A_1, B_1, A_1', B_1', A_2, B_2 \dots B_N, A_N', B_r) \quad (4)$$

Пусть $A_r=1$, тогда квадрат модуля начальной и последней компоненты (4) определяет коэффициенты отражения R и пропускания T соответственно. В случае прозрачных материалов

$$R+T=1 \quad (5)$$

Для поглощающих металлических слоев ширины b проекции волновых векторов комплексные

$$k_{2z} = k_{2z} + i \frac{\kappa_2}{\cos \chi}$$

где χ – угол падения ЭМВ в поглощающем слое.

Расчетные графики показывают почти периодически расположенные окна отражения и узкие зоны пропускания. В металлических 1D фотонных кристаллах возникают большие окна отражения. В [18] сообщалось о частотном окне отражения для 19 слоев шириной 90 нм брэгговского отражателя $\text{Na}_3\text{Al}_6/\text{ZnSe}$ с крайними слоями ZnSe . Окно отражения лежит в пределах от 604.3 нм до 638.4 нм. Результаты расчетов для двух геометрий падения показаны на рис. 2. В случае $a=90$ нм наши данные для положения окна отражения почти полностью совпадают с представленными в [18] для системы $\text{Na}_3\text{Al}_6/\text{ZnSe}$. Расчеты дают следующее окно отражения в частотной области (1.75-1.95) ω_0 .

Сравнительный анализ рис. 2а и рис. 2б дает две особенности окон отражения для двух поляризаций: первая – s -отражение имеет более узкие окна отражения, которые расположены симметрично относительно центра окон p -отражения, вторая – возникают более широкие зоны отражения для двух первых окон возле 630 и 530 нм.

Проблема перестройки окон отражения или окон пропускания представляет большой интерес. В [20] представлен 2D SiO_2 -воздушный фотонный кристалл с перестраиваемым окном пропускания в области 930-1030 нм. На рис. 3 показана частотно-

угловая диаграмма окон отражения $R > 0.99$ для стеклянно-воздушного 1D PhCr с периодом 20 для p -поляризации. В случае $a=280$ нм и $a/b=3$ первое окно отражения лежит в области 900–1100 нм, когда углы падения меняются от $\pi/4$ до 0 соответственно. Это соответствует приблизительно 10% перестройке длины волны для 2D PhCr, исследуемого в [20].

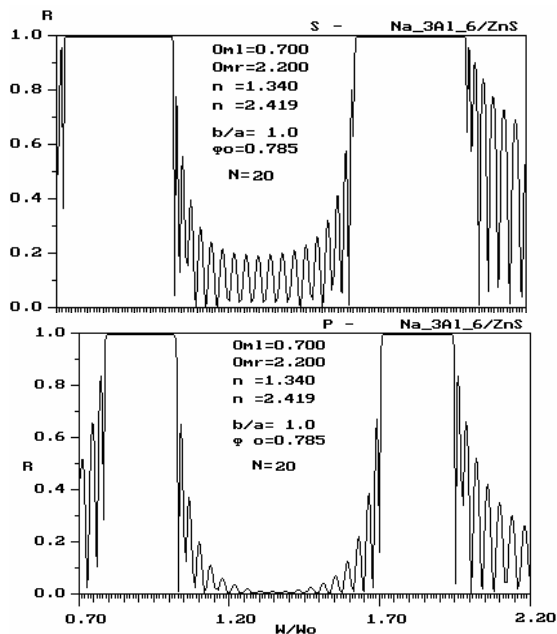


Рис. 2а. Два окна отражения для системы $\text{Na}_3\text{Al}_6/\text{ZnS}$ при угле падения $\pi/4$. p -поляризация. $N=20$, $a/b=5$, частотный интервал $0.7-2.2 \omega_0$.

Рис. 2б. Два окна отражения для системы $\text{Na}_3\text{Al}_6/\text{ZnS}$ при угле падения $\pi/4$. p -поляризация. $N=20$, $a/b=5$, частотный интервал $0.7-2.2 \omega_0$.

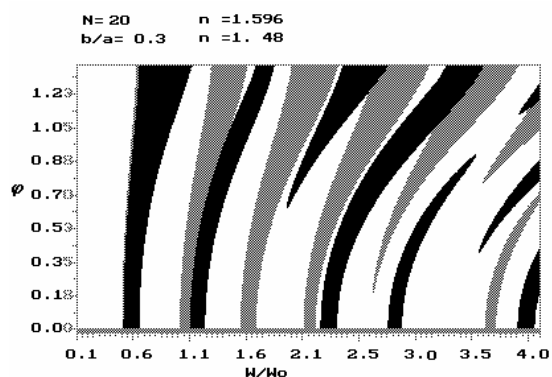


Рис. 3. Частотно-угловая диаграмма окон отражения $R > 0.99$ для стеклянно-воздушного 1D фотонного кристалла. p -поляризация. $N=20$, $a/b=3$, частотный интервал $0.1-4.2 \omega_0$.

Результаты, полученные на основе точного решения для электромагнитного поля в плоской N -периодической системе двух чередующихся прозрачных материалов, показывают эффект фокусировки тоцевого излучения. Это явление обуславливается резкой угловой зависимостью разрешенной фотонной зоны в области полного внутреннего отражения оптически более плотного материала при достаточно высоких частотах. Эффект вызывается интерференционным тушением поля. Внутри оптически менее плотных слоев плененное ЭМП не фокусируется вдоль четко определенных направлений.

В заключение отметим некоторые возможные приложения одномерных периодических диэлектрических и металлодиэлектрических структур – брэгговских зеркал. В зависимости от выбранной геометрии, угла и частотного интервала 1D фотонный кристалл может применяться в лазерах, для производства микроволновых антенн, оптических фильтров и волноводов [5, 6, 7, 8, 9, 18]. Проблема перестройки частот может быть решена с помощью зеркал с переменной толщиной слоев.

Литература.

1. E. Yablonovitch, "Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 58, p. 2059, 1987.
2. E. Yablonovitch, "Photonic band-gap crystals", *J. Phys.: Condens. Matter*, vol. 5, p. 2443, 1993.
3. S. John, "Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 58, p. 2486, 1987.
4. J.B. Pendry, "Calculating photonic band structure", *J. Phys.: Condens. Matter*, vol. 8, p. 1085, 1996.
5. "Photonic Band Gap Materials", edited by C. Soukoulis. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996.
6. J.D. Joannopoulos, P.R. Villeneuve, and S. Fan, "Photonic crystals: Putting a new twist on light", *Nature*, vol. 386, p. 143, 1997.
7. J.D. Joannopoulos, R. D. Meade and J. N. Winn, *Photonic crystals: Molding the flow of light*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995.
8. *Confined electron and Photon: New physics and Applications*, edited by E. Burstein and C. Weisbuch. New York: Plenum Press, 1995.

9. P.S.J. Russell, S. Tredwell, P.J. Roberts, "Full photonic bandgaps and spontaneous emission control in 1D multilayer dielectric structures", *Opt. Commun.*, vol. 160 (1-3), p. 66, (1999).
10. E.Ya. Glushko, "Interference modes of electromagnetic field in layered structures", *Optics and Spectroscopy*, vol. 82, p. 304, 1997.
11. A. Zakhidov, "Laser-Like Emission in Opal Photonic Crystals", *Optics Communications*, vol. 162, p. 241, 1999.
12. S.V. Frolov, Z.V. Vardeny, A.A. Zakhidov and R.H. Baughman, "Stimulated Emission in High Gain Media", *Phys. Rev. B.*, vol. 59, p.R5284, 1999.
13. S.V.K. Yoshino, K. Tada, M. Ozaki, A.A. Zakhidov and R.H. Baughman "The Optical Properties of Porous Opal Crystals Infiltrated with Organic Molecules", *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 36, p. L714, 1997.
14. V.N. Evteev and E.Ya. Glushko, "Calculation of a hierarchical superlattice PbS-C in poly-well model", *Physics and Technics of Semicond.*, vol. 31, p. 889, 1997.
15. J.N. Winn, Y. Fink, S. Fan, and J.D. Joannopoulos, "Omnidirectional reflection from a one-dimensional photonic crystal", *Opt. Lett.*, vol. 23, p. 1573, 1998.
16. I.Y. Vorgul and M. Marciniak, "Reflection from 1D quasi-periodical structures", *Opt.and Quant. Electronics*, vol. 32, p. 1005-1012, 2000.
17. Y. Fink, J.N. Winn, S. Fan, C. Chen, J. Michel, J.D. Joannopoulos, E.L. Thomas, "A Dielectric Omnidirectional Reflector", *Science*, vol. 282, p. 1679, 1998.
18. D.N. Chigrin, A.V. Lavrinenko, D.A. Yarotsky, and S.V. Gaponenko, "Observation of total omnidirectional reflection from a one-dimensional dielectric lattice", *Appl. Phys. A: Materials Science and Processing*, vol. 68, p. 25, 1999.
19. N.N. Salashchenko, Yu.Ya. Platonov and S.Yu. Zuyev, "Multi-layer soft X-ray optics", *Surface: Physics, Chemistry, Mechanics (Russia)*, vol. 10, p.5, 1995.
20. M.V. Alfimov, A.M. Zseltikoff et al. "Photonic crystal waveguides with photonic gap reconstructed in domain 930-1030 nm", *Pisma v JETP (Russia)*, vol. 71, p.714, 2000.

СПЕКТР ЭЛЕКТРОНОВ СРОДСТВА В НАНОУГЛЕРОДНОМ МОНОСЛОЕ

Е.Я. Глушко, Н.А. Слюсаренко
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический
университет

Введение. Рассматривается конечная плоская графитовая система, содержащая N атомов углерода. В литературе такой углеродный монослой со структурой графита называется графеном [1]. В процессе синтеза углеродных наноструктур – в основном, при осаждении испаряемого графита [2, 3], наряду с более сложными образованиями наблюдаются сферические молекулы C_{60} и C_{70} , а также цилиндрические системы атомов углерода – тубулены. Последние чрезвычайно разнообразны по своим размерам, формам и внутреннему устройству. Мы полагаем, что при некоторых условиях, например, во внешнем электрическом поле, могут оказаться стабильными плоские графитовые полотна адсорбированные на металлической или полупроводниковой поверхности. Еще один вариант возникновения устойчивой плоской структуры может возникнуть при перемыкании плоской наноуглеродной сеткой узкого межэлектродного пространства.

Одной из многих технологических перспектив, вызывающих интерес к наноуглеродным структурам является их возможное использование в молекулярной электронике в качестве основной функциональной единицы [4, 5]. Речь идет о микроаналогах известных электронных устройств – диодов, транзисторов, триггеров, переключателей, ячеек памяти и пр. К бесспорным преимуществам наноуглеродных функциональных единиц относятся их механическая стойкость, обеспечивающая неизменную форму фрагмента устройства, а также возможность создания сложных и разветвлённых конструкций, надежно контактирующих с полупроводниковыми или металлическими электродами. Конечная графеновая структура (5,5), содержащая по 5 элементарных ячеек в направлениях осей координат x , y , представлена на рис. 1. Края показанной структуры отвечают двум известным морфологиям, наблюдаемым в тубуленах, – «armchair» и «zig-zag».

Решеточная модель графеновой перемычки. Единственный электрон сродства в такой системе занимает основной энергетический уровень $\varepsilon_0 = -4.3$ эВ [6, 7] на каждом атоме углерода. Матричный элемент перехода электрона от одного атома к другому в приближении ближайших соседей задается величиной V . По данным [6, 8] $V \approx 0.2$ эВ.

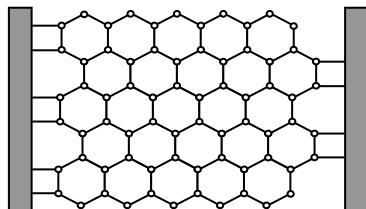


Рис. 1. Графеновая перемычка между двумя электродами.

Частица в рассматриваемой модели обладает двумя степенями свободы. Соответствующая потенциальная модель поведения электрона сродства представляет собой ряд потенциальных ям, ограниченных на краях графена бесконечными непроницаемыми барьерами. Здесь, для описания электронных и транспортных свойств системы мы ограничимся дискретной квантовой моделью (DCM), относящейся к разряду решеточных моделей.

Гамильтониан задачи в представлении вторичного квантования имеет вид:

$$\hat{H} = \sum_n \varepsilon_n \hat{a}_n^+ \cdot \hat{a}_n + \frac{1}{2} \sum_{l,s} V_{ls} (\hat{a}_l^+ \cdot \hat{a}_s + \hat{a}_s^+ \cdot \hat{a}_l) \quad (1)$$

Здесь \hat{a}_i^+ , \hat{a}_i – операторы рождения-уничтожения электрона сродства на узле i , ε_n – энергетический уровень сродства на узле n , с учетом сдвига потенциала во внешнем поле.

$$\varepsilon_n = \varepsilon_0 + z_E(n) \mathcal{E}, \quad (2)$$

где \mathcal{E} – напряженность внешнего поля, а $z_E(n)$ – координата атома с линейным номером n , отсчитанная вдоль направления поля. В графеновой структуре (n, m) матричные элементы переноса, внутренних рядов n , V_{ij} в приближении ближайших соседей запишутся следующим образом:

$$V_{ij} = V(\delta_{i,j-1} \cdot (1 - \delta_{i,k}) + \delta_{i,j+1}(1 - \delta_{i,c}) + \frac{1+(-1)^i}{2} \cdot \delta_{i,j-f} + \frac{1+(-1)^{i+1}}{2} \cdot \delta_{i,j+f}) \quad (3)$$

$$V_{ij} = V(\delta_{i,j-1} \cdot (1 - \delta_{i,k}) + \delta_{i,j+1}(1 - \delta_{i,c}) + \frac{1+(-1)^{i+1}}{2} \cdot \delta_{i,j-f} + \frac{1+(-1)^i}{2} \cdot \delta_{i,j+f})$$

где k – последний элемент в ряде;

c – первый элемент в ряде;

f – количество элементов в ряде;

i, j – линейные индексы атомов углерода, отсчитываемые по рядам.

Верхняя строка формулы (3) соответствует нечетным рядам, нижняя – четным.

Решение задачи на собственные значения в отсутствие внешнего поля приводит к энергетическому спектру, показанному на рис. 2.

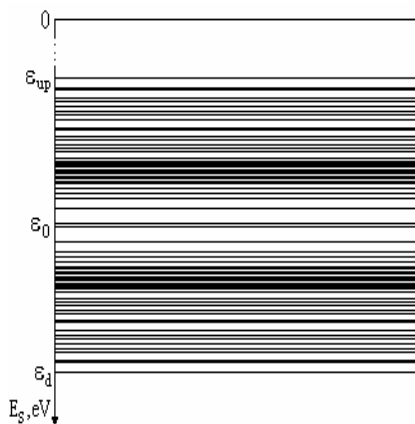


Рис. 2. Структура спектра сродства графена (5,5) в отсутствие внешнего поля.
 $\varepsilon_0 = -4,3$ эВ, $V = 0,2$ эВ,
 $\varepsilon_{\text{уп}} = -3,73$ эВ, $\varepsilon_{\text{д}} = -4,87$ эВ.

Легко видеть, что энергетические уровни группируются симметрично относительно ε_0 .

На рис. 3 приведена диаграмма параметрической зависимости спектра графена (1,1) от амплитуды межатомного переноса.

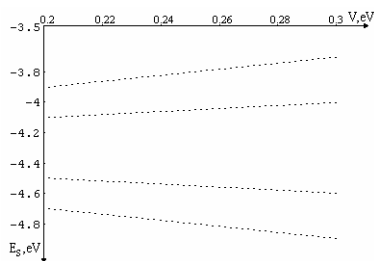
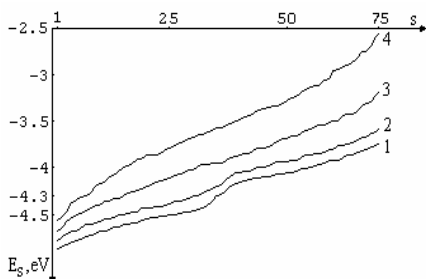


Рис. 3 Диаграмма зависимости спектра от амплитуды V .

С увеличением амплитуды межатомного переноса пропорционально растёт и ширина зоны.

Ниже приведена зависи-

мость энергетического спектра графена (5.5) от приложенного внешнего напряжения:



С увеличением внешнего поля энергетическая зона уширяется.

В данной работе вычисляются собственные вектора волновых функций каждого состояния, что позволяет определить вид функции распределения плотности вероятности нахождения электрона на каждом атоме.

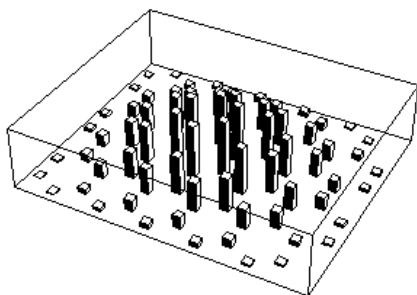


Рис. 6. Диаграмма распределения плотности вероятности в основном состоянии.

Модель проводимости графенового мостика. В процессе адсорбции молекулы графена на электроде устанавливается термодинамически равновесная заселенность молекулярных состояний электронного средства. «Лишние» электроны черпаются из неограниченного резервуара частиц левого и правого электрода, тогда как «собственные» электроны занимают глуболежащие состояния невозбужденной молекулы и не принимают участия в процессе переноса. В предлагаемой ДСМ-модели спектр электронного средства молекулы формируются на основе затраточных атомных уровней электронного средства с учетом резо-

Рис. 4 Полевая зависимость энергетического спектра графена (5,5).

Дисперсионная кривая 1 описывает зависимость спектра от номера состояния без внешнего поля $U_1=0$; кривая 2 – когда внешнее $U_2=0,25$ эВ, кривая 3 – $U_3=0,5$ эВ, кривая 4 – $U_4=0,75$ эВ. Амплитуда межатомного переноса $V=0,2$ эВ.

С увеличением внешнего поля энергетическая зона уширяется.

нансного межатомного переноса электронов. Значение матричного элемента резонансного перескока определяется из условия совпадения дна электронной зоны сродства с энергией сродства всей молекулы. Связь электронной подсистемы адсорбированного графена с электродами проявляется в ненулевой амплитуде вероятности переноса электрона на молекулу. Соответствующая добавка в оператор Гамильтона (1)

$$\hat{H}_{ad} = \sum_l G_l \cdot (a_l^+ a_{l0} + a_{l0}^+ a_l) + \sum_r G_r \cdot (a_r^+ a_{N,0} + a_{N,0}^+ a_r) \quad (4)$$

содержит амплитуды $G_{l,r}$ перескока электрона между берегами и крайними атомами молекулы. Индексы l, r отвечают, соответственно, левому и правому берегам. Электронная структура металлических электродов определяется в настоящей модели плотностью состояний

$$g(\varepsilon_{r,l}) = \frac{4\pi H}{h^3} (2m)^{3/2} \varepsilon_{r,l}^{1/2}, \quad (5)$$

где H – эффективный объем электрода, участвующий в контакте с молекулой, m – эффективная масса электрона, $\varepsilon_{r,l} = E_{Fr,l} - \chi_{r,l} + E_{sj} + U_{l,r}$ выражает энергию состояния E_{sj} , отсчитанную от начала Ферми-ступеньки правого либо левого электродов с учетом приложенного напряжения смещения $U_{l,r}$, $E_{Fr,l}$ обозначает соответствующую энергию Ферми. Химпотенциал $\chi_{r,l}$ и энергия E_{sj} отсчитываются относительно уровня вакуума, принимаемого за нуль. Берега играют роль бесконечных резервуаров электронов, находящихся в термодинамическом равновесии. Равновесные заселенности электронных состояний термостатов описываются распределением Ферми. Согласно [6] полный ток через молекулу представляется суммой электронных потоков через все состояния.

$$I = \frac{2\pi e}{h} \sum_{s,j} |G_{l,sj}|^2 |G_{r,sj}|^2 g_l(E_{sj} - \chi_l + E_{Fl} + U_l) \cdot g_r(E_{sj} - \chi_r + E_{Fr} + U_r) \cdot \frac{N_l - N_r}{|G_{l,sj}|^2 g_l(E_{sj} - \chi_l + E_{Fl} + U_l) + |G_{r,sj}|^2 g_r(E_{sj} - \chi_r + E_{Fr} + U_r)} \quad (6)$$

где $N_{l,r}$ заселенности берегов. Размерная часть полного тока

$$I_0 = \frac{e \cdot (2m)^{3/2} H G^2}{\pi \hbar^4} \cdot (1eV)^{5/2}, \quad (7)$$

где G – амплитуда электронного перехода берег-молекула, играет роль единицы тока. Численное значение I_0 , если энергетические величины в (7) измерять в эВ, а H в кубических ангстремах, оказывается равным $10,41 \cdot HG^2$ мкА. Полученное соотношение для тока учитывает как различия материалов левого и правого берегов, так и возможную асимметрию их подключения в электрической цепи относительно уровня вакуума. В симметричном случае $U_r = -U_l = U/2$ тогда, для одинаковых металлических электродов вольт-амперная характеристика (ВАХ) антисимметрична относительно подаваемого электрического смещения. Если, например, левый электрод заземлен, то в (6) следует положить $U_l = 0$, а $U_r = U$ и ВАХ потеряет симметрию относительно изменения знака приложенного напряжения. Существенным для понимания особенностей протекания тока через мезоскопическую квантовую систему является тот факт, что характерные температуры $T \approx 0,02 - 0,03$ эВ обычно намного меньше расстояний между уровнями зоны электронного сродства молекулы. Поэтому с ростом приложенного смещения U уровни сродства поодиночке проходят через область эффективного переноса вблизи фермиевских энергий E_{Fl} и E_{Fr} . Вступлению каждого нового уровня в активную область отвечает резко возрастающий участок ВАХ, а энергетическим промежуткам – плато. Аналогично ведет себя зарядение – полный заряд, захваченный молекулой [6].

Заключение. Молекулярные мостики с током являют собой пример параметрической многочастичной системы со стационарным неравновесным распределением. Число электронов, захваченных извне состояниями сродства молекулы, регулируется внешними условиями. Рассмотренная дискретная квантовая модель электронного переноса относится к числу наиболее простых, вместе с тем она позволяет учесть в едином формализме основные особенности протекания тока через молекулярные мостики. В ином, потенциальном подходе, молекулярной переключке отвечает система соседствующих потенциальных ям, по которым электроны катода переходят к аноду. Изначально в каждой атомной потенциальной яме имеется один уровень сродства к электрону. В системе ям исходный уровень сродства порождает зону состояний. Структура зоны состояний сродства и ее

положение определяют характер протекания тока в зависимости от приложенного напряжения пока заряджение молекулярного мостика не превышает единицы. Последующее заряджение создает кулоновский барьер, модифицирующий спектр сродства. Электронный спектр нейтральной молекулы начинает участвовать в проводимости, если молекула ионизирована. В этом случае состояния частично заполняются электроном, перешедшим из электрода. С ростом приложенного напряжения суммарная заселенность может превысить единицу, в этом случае включается спектр сродства M^1 и т.д. В работах [6,8] заряджение (кулоновская блокада) состояний молекулярного мостика учитывалась феноменологически. Более строгий подход требует решения квантовой многочастичной задачи на дискретной цепочке с учетом зависимости числа захваченных частиц от приложенной разности потенциалов.

Литература

1. Дунаевский С.М., Розова М.Н., Кленкова Н.А. ФТТ 39, 1118-1121 (1997).
2. Елецкий А.В. УФН, 167, 945-972 (1997).
3. M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, and P.C. Eklund, «Science of fullerenes and carbon nanotubes», Acad. Press, San Diego, 1996.
4. Y.-K. Kwon, D. Tomanek and S. Iijima, «Bucky-shuttle memory device», Phys.Rev.Lett., 82, 1470 (1999).
5. D.D.L. Chung in Proceedings to NATO ASI Conference on Nanocarbons and its Applications, July 19-31, 2000, Erice, Sicilia, Italy.
6. Глушко Е.Я., ФНТ 26, 1130-1143 (2000).
7. Физические величины. Справочник. Под ред. И.С. Григорьева, Е.С. Мейлихова. – М.: Атомиздат. с. 1232.
8. C. Kergueris, J.-P. Bourgoin, S. Palacin, D. Esteve, C. Urbina, M. Magoga, C. Joachim, Phys. Rev. B59(19), 12505 (1999).

ПРИЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ УЗЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ СОСТАВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

И.И. Давыдов, Р.С. Ракша

г. Днепропетровск, Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры

Введение. Проблемы проведения динамических расчетов, а также натурных и лабораторных испытаний конструкций и сооружений при проектировании, реконструкции, и диагностике их состояния тесно связаны с корректным компьютерным моделированием нелинейных механических систем. Необходимо отметить, что в большинстве из существующих отечественных и иностранных универсальных вычислительных комплексов, предназначенных для динамических расчетов (например, МИРАЖ, ЛИРА, COSMOS, NASTRAN и других, реализующих метод конечных элементов), как правило, не учитывается возможная податливость соединений и узлов, относительные перемещения элементов в узлах, возможность отрыва конструкции, а также переменные силы сухого трения.

Таким образом, необходима разработка рекомендаций по составлению индивидуальных алгоритмов и компьютерных программ для получения корректных нелинейных динамических моделей и проведению исследований. Эти модели и соответствующие им прикладные программы должны разрешать и качественно, и количественно учитывать нелинейные свойства подсистем и узлов, расширять анализ новых видов конструкций и конструктивных решений, а также быть доступными для инженера.

Поэтому в докладе приводится обобщенный подход к созданию алгоритмов и программ для построения пространственных и плоских дискретных динамических моделей зданий, конструкций, смесей, материалов и т.п.

Описание общего алгоритма прикладных программ. Приведем описание разработанного авторами общего алгоритма прикладных программ. Особенность и эффективность принятого алгоритма (по сравнению, например, с методом конечных элементов) в том, что нет необходимости в применении сложного

математического аппарата, в частности, линейной алгебры. Численное интегрирование системы нелинейных дифференциальных уравнений осуществляется методами Рунге-Кутты.

Разработанные программы представляют широкие возможности для задания возмущающих воздействий на исследуемые объекты, использования библиотеки моделей упругого и неупругого сопротивления и т.д.

Характеристики модели, которые не изменяются в процессе расчета, вносятся и хранятся в виде одно-, двух- и трехмерных массивов (количество элементов и узлов; упругие и диссипативные параметры комплектов и шарниров модели; дискретные массы; значения узловых нагрузок, начальные условия и т.п.).

Предусмотрено задание силовых $P_i(t)$ и кинематических $\eta_i(t)$ воздействий. При этом нагрузки могут задаваться либо в виде аналитических зависимостей (однократных или повторных импульсов; моногармонических и полигармонических нагрузок с постоянной или переменной частотой), либо вводиться из внешнего файла, содержащего результаты натурных испытаний или вычисляться в процессе работы самой программы, например, при передаче кинематических возмущений. В ходе расчета предусмотрен переход от одной модели возмущения к другой, например, при расчете конструкции с учетом истории ее нагружения и т.п. Такой подход позволяет прикладывать возмущения к разным узлам модели, с запаздыванием по фазе и по времени (что особо важно при расчете протяженных сооружений на сейсмические воздействия, при анализе крутильных колебаний сооружений).

При необходимости могут быть получены модели различных видов трения по типу [1]. Упругие характеристики элементов комплектов модели описываются полиномами.

В ходе расчета предусмотрено изменение величин и моделей, описывающих упруго-диссипативные характеристики «включение (выключение)» односторонних связей, ограничителей движения и т.п. Для этого применяются операторы перехода, например, при достижении определенной величины усилия, перемещения и т.п.

Дифференциальные уравнения движения, дополняемые различными алгебраическими и сервисными соотношениями, представляются как система из n уравнений второго порядка, а затем

приводятся к системе из $2n$ уравнений первого порядка путем замены переменных и выделения первых производных в левые части уравнений.

На рис. 1 показан фрагмент программы, соответствующий описанию системы дифференциальных уравнений движения для сжато-изгибаемых стержневых конструкций.

Системы n дифференциальных уравнений движения 2-го порядка в форме Коши, дополнительные алгебраические уравнения.
<pre> for i:=1 to nx do for j:=1 to ny do begin F[i,j,'y',1]:=yk[i,j,'y',2]; {скорость и ускорение} F[i,j,'y',2]:=1/massk[i]* (Q__[i,j]*cos_n[i,j]-Q__[i-1,j]*cos_n[i-1,j] +N__[i,j]*sin_n[i,j]-N__[i-1,j]*sin_n[i,j]+P_t[i,j]); End; for I:=1 to nx-1 do for j:=1 to ny do begin {вычисление геометрических параметров модели} L__[i,j]:=Sqrt(sqrt((x_n[j,i+1]+yk[i+1,j,'x',1])-(x_n[j,i]+yk[i,j,'x',1]) +sqrt((Y_n[j,i+1]+yk[i+1,j,'y',1])-(Y_n[j,i]+yk[i,j,'y',1]))); Sin_n[i,j]:=((Y_n[j,i+1]+yk[i+1,j,'y',1])-(Y_n[j,i]+yk[i,j,'y',1]))/L__[i,j]; Cos_n[i,j]:=((x_n[j,i+1]+yk[i+1,j,'x',1])-(x_n[j,i]+yk[i,j,'x',1]))/L__[i,j]; End; for i:=1 to nx do {вычисление усилий} for j:=1 to ny do begin Mom__[i,j]::=((-2*(EI_y))/(L__[i,j]+L__[i-1,j]))*((Alfa[i,j]-Alfa[i-1,j])+mu* (Alfa_t[i,j]-Alfa_t[i-1,j])); Q__[i,j]:=(Mom__[i+1,j]-Mom__[i,j])/L__[i,j]; N__[i,j]:=R[j,i]*del_l[i,j]+B*del_shtrih[i,j]; End; </pre>

Рис. 1. Фрагмент программы с описанием дифференциальных уравнений движения системы

Численное интегрирование системы обыкновенных дифференциальных уравнений выполняется методами Рунге-Кутты. Пример фрагмента процедуры, описывающий метод IV порядка, показан на рис. 2. Такой вид процедуры позволяет с помощью одного массива описать обобщенные координаты и скорости N_x узлов, N_y элементов дискретной модели по направлениям 'x', 'y' и 'z'.

Метод и шаг интегрирования выбирается предварительно при тестировании. Особое внимание при этом должно уделяться

обеспечению устойчивости численного решения в нелинейных системах с нелинейностями типа сил сухого трения [1]. Так, например, при исследовании колебаний здания на упругом основании (с общей массой 1.25×10^4 т и частотой первой формы колебаний 2.24 Гц) с вязким трением в комплектах модели равным от 1 до 50% от критического, принимался шаг интегрирования, соответствующий 20–60 точкам численного решения на период. При введении в комплекты сил сухого трения для соответствия амплитуд затухающих свободных и вынужденных колебаний теоретическим (по [2]) шаг интегрирования потребовалось уменьшать на 1 и на 2 порядка по сравнению с эквивалентным линейным вязким трением.

```

Вычисление правых частей уравнений, численный метод и
шаг интегрирования.
Procedure RGK(x:single);
Var
FK:array[1..4,1..Nx,1..Ny,'x'..'y',1..2] of single;
Y1:YY; U :1..2; j :1..Ny;
Begin P(X,Y);
for u:=1 to 2 do Begin
for i:=1 to Nx do
for j:=1 to Ny do begin
FK[1,i,j,'x',u]:=h*F[i,j,'x',u]; FK[1,i,j,'y',u]:=h*F[i,j,'y',u];
Y1[i,j,'x',u]:=Y[i,j,'x',u]+0.5*FK[1,i,j,'x',u];
Y1[i,j,'y',u]:=Y[i,j,'y',u]+0.5*FK[1,i,j,'y',u];
End; End; x:=x+0.5*h; P(x,y1);
.....
for u:=1 to 2 do Begin
for i:=1 to Nx do for j:=1 to Ny do begin
FK[4,i,j,'x',u]:=h*F[i,j,'x',u]; FK[4,i,j,'y',u]:=h*F[i,j,'y',u];
Y[i,j,'x',u]:=Y[i,j,'x',u]+0.166667*(FK[1,i,j,'x',u]+2.0*(FK[2,i,j,'x',u]
+FK[3,i,j,'x',u])+FK[4,i,j,'x',u]);
Y[i,j,'y',u]:=Y[i,j,'y',u]+0.166667*(FK[1,i,j,'y',u]+2.0*(FK[2,i,j,'y',u]
+FK[3,i,j,'y',u])+FK[4,i,j,'y',u]);
End; End; .....

```

Рис. 2. Фрагмент процедуры, описывающий метод Рунге-Кутты IV порядка

Предусматривается обработка процессов затухающих свободных колебаний. Для этого на каждом периоде колебаний вычисляются частоты и амплитуды (каждое мгновенное значение

перемещения и его производных сопоставляются с предыдущим, фиксируются максимальные амплитуды за период и промежутки времени между ними).

Могут быть получены амплитудно-частотные характеристики, позволяющие оценить резонансные амплитуды колебаний и частоты собственных колебаний объекта. Для построения этих характеристик задается длительное гармоническое воздействие с возрастанием (и убыванием) частоты во времени. Частота возмущающей силы в произвольный момент времени t равна “мгновенной частоте”:

$$f = \frac{d}{dt} [2\pi(\alpha + \gamma t)] = 2\pi \frac{d}{dt} (\alpha + \gamma t^2) = 2\pi(\alpha + 2\gamma t).$$

Специальная процедура организует вывод получаемых в ходе расчета перемещений, скоростей и ускорений системы, а также усилий в табличной и графической форме (например, в виде зависимостей от времени, частоты и т.д.). На рис. 3 приведен пример вывода информации на экран компьютера при исследовании колебаний плиты. Для удобства анализа нелинейных систем предложена форма вывода на экран силовых характеристик, гистерезисных петель, фазовых траекторий и т.п.

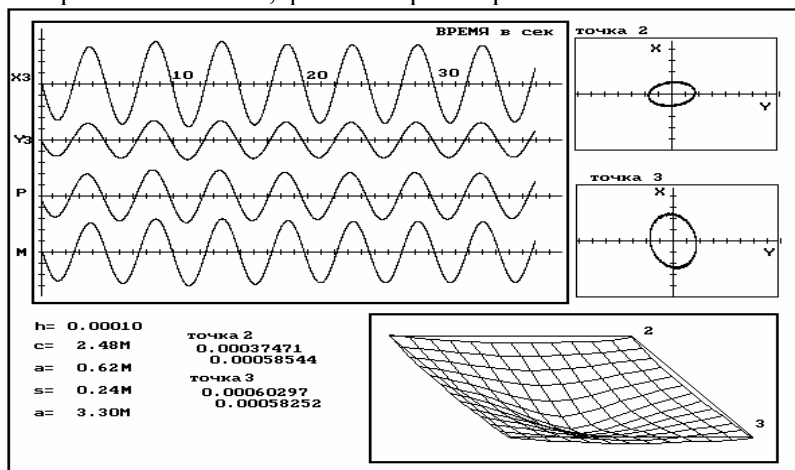


Рис. 3. Пример вывода информации на экран компьютера

Литература

1. Кулябко В.В., Давыдов И.И., Ракша Р.С. Модели сухого трения с различными силами покоя и скольжения при симметрии петли «сила трения – перемещение» // Сб. научн. тр. Днепропетровск. ПГАСА. – №6, 1998.
2. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ СТАТИСТИЧНОГО ВИБОРУ СТРУКТУРИ ARIMA МОДЕЛЕЙ

Т.І. Демківська

м. Київ, Київський державний університет технології та дизайну

За допомогою моделей ARIMA (auto regression integrated moving average) – моделей авторегресії проінтегрованого ковзного середнього моделюється на сьогоднішній день у різноманітних додатках значна кількість часових рядів. Найвідомішими застосуваннями є їхнє використання для прогнозування сонячної активності, стоку рік, чисельності популяцій, а також різноманітних економічних рядів – вартості акцій і інших біржових активів, курсів валют, тощо. Проблемам ARIMA присвячено численну літературу, серед якої особливе місце посідають монографії [1, 2]. Проте одному з найголовніших питань, що виникає при побудові ARIMA-моделей – питанню про вибір її структури, тобто кількості і складу запізнювань, кількості різниць і порядку ковзного середнього, у відомій нам літературі приділяється зовсім мало уваги [3]. Недостатньо уваги приділяється також тісно пов'язаному з ним питанню вибору критерію, що характеризує якість ARIMA-моделі.

Розглянемо випадок лінійної за параметрами і змінними ARIMA моделі:

$$x_{k+1} = a_1 x_{k-l_1} + \dots + a_p x_{k-l_p} + \varepsilon_k + b_1 \varepsilon_{k-1} + \dots + b_r \varepsilon_{k-r},$$

де $a_1, \dots, a_p, b_1, \dots, b_r$ – коефіцієнти запізнювань, l_1, \dots, l_p – різні цілі невід'ємні числа (для визначеності будемо вважати $l_1 < l_2 < \dots < l_p$), що показують номери запізнювань, $\varepsilon_k, \varepsilon_{k-1}, \varepsilon_{k-r}$ – випадковий шум з нульовим математичним сподіванням, скінченною дисперсією і нульовим математичним сподіванням, $x_i, i=1, \dots, n$ – n спостережень поведінки ряду, для якого складається прогноз.

В сучасній літературі багато уваги приділяється вибору множини моделей, що є адекватними процесу, над яким ведеться спостереження. Так, якщо фізичний механізм явища повністю відомий, можливо вивести математичний вираз, що точно описує процес. Модель, побудовану таким чином, можна час від часу коригувати, в міру накопичення даних. Інший спосіб вибору під-

ходящої множини моделей – це емпіричні висновки, зроблені на основі спостережень над процесом. Отримана множина повинна бути такою, щоб вибрана з неї найбільш підходяща модель задовольняла всім критеріям перевірки на адекватність при обраному рівні значимостей. Крім цього модель повинна давати задовільний прогноз. Тоді можна бути впевненим, що модель достатньо точно представляє дані, підтверджуючи таким чином правильність вибору множини. Але на практиці кількість можливих моделей множини є відносно великою – вона містить 2^{p+r} моделей, тобто вибір адекватної моделі перетворюється в обчислювальний процес експоненційної складності.

На першому етапі для спрощення процедури пошуку структури моделі прийемо $\varepsilon_i=0, i=k-r, \dots, k-1$.

Порівнювалися два підходи для побудови кореляційного ряду r_i .

Перший підхід.

Будуємо кореляційний ряд $r_i, i=1, \dots, n-1$,
 $r_i = \sum_{k=1}^{n-i} (x_k - \bar{x})(x_{k+i} - \bar{x}_r)$, де $\bar{x} = \sum_{k=1}^{n-i} \frac{x_k}{n-i}$, $\bar{x}_r = \sum_{k=i+1}^n \frac{x_k}{n-i}$

Вибираємо номери p найбільших за модулем r_i і будемо вважати, що це і є ті запізнення, комбінації яких і дадуть нам множину моделей, серед яких знаходиться адекватна. Відсортувавши їх за зростанням, матимемо номери l_1, l_2, \dots, l_p запізнень. Для зручності та прискорення подальших обчислень, пропонується побудувати коваріаційну матрицю наступним чином:

Записуємо ряд з n спостережень у вигляді таблиці 1.

Табл. 1. Матриця спостережень.

Y	Z_1	Z_2	...	Z_p
x_{l_p+1}	$x_{l_p-l_1+1}$	$x_{l_p-l_2+1}$...	x_1
.
.
.
x_n	x_{n-l_1}	x_{n-l_2}	...	x_{n-l_p}

Будуємо матрицю V розміром $(p+1) \times (p+1)$, елементи якої

$$v_{ij} = \sum_{k=l_j+1}^n x_{k-l_i} x_{k-l_j} \quad i = 0, 1, \dots, p; j = 0, 1, \dots, p.$$

Подальша частина спільна для обох підходів, тому її буде розглянуто нижче.

Зауважимо, що матриця \mathbf{V} є невід’ємно визначена і симетрична.

Другий підхід.

Розглянемо можливість використання парціального коефіцієнта кореляції для побудови кореляційного ряду.

Парціальний коефіцієнт кореляції [4] дозволяє оцінити ступінь тісноти лінійного зв'язку між двома змінними, очищеної від непрямого впливу інших факторів. Для його розрахунку необхідна вихідна інформація як за парою змінних, так і за всіма тими змінними, безпосередній (“той, що заважає”) вплив яких ми хочемо елімінувати.

Без обмеження загальності будемо вважати, що $l_1=1, l_2=2, \dots, l_m=m$, тоді

$$r_i = -\frac{\lambda_{i+1}}{\sqrt{\lambda_{l_1} \lambda_{i+1, i+1}}},$$

де λ_{ij} – елементи матриці $\mathbf{\Lambda} = \mathbf{V}^{-1}$.

Виходячи з властивостей матриці \mathbf{V} , отримання матриці \mathbf{V}^{-1} є відносно не складним завданням. В даній роботі \mathbf{V}^{-1} знаходилась за методом квадратного кореня [5].

Далі, як і в попередньому випадку, вибираємо номери p найбільших за модулем r_i . Для уточнення (звуження) множини моделей, які розглядаємо, так як він є вже достатньо вузький, можна застосувати метод повного перебору [6], тим більше, що основна інформація для роботи методу міститься в матриці \mathbf{V} .

В регресійному аналізі добре відомим є той факт, що при доданні однієї змінної в рівняння регресії, інформацію, яка міститься в коефіцієнтах попередньої моделі, можна використати для побудови нової моделі. При цьому кількість обчислень порівняно з тим, якби ми коефіцієнти розширеної моделі обчислювали заново, зменшується. Але необхідно обчислити і запам'ятати матрицю $(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$, де \mathbf{X} – конструкційна матриця початкового рівняння регресії. Починати процедуру оцінки коефіцієнтів можна зі структури, яка містить всього одну змінну. В нашому ви-

падку з урахуванням значень матриці V , $(X^T X)^{-1} = 1/v_{ii}$, де i – номер запізнення кореляційного ряду r_i . В цьому випадку матриця $(X^T X)^{-1}$ є просто число. При вилученні однієї змінної з рівняння регресії можна спростити оцінювання коефіцієнтів нової моделі аналогічно, використовуючи інформацію про коефіцієнти попередньої моделі і знаючи її матрицю $(X^T X)^{-1}$. Наведемо остаточні формули, які називаються формулами окаймлення.

Запишемо нашу модель у вигляді $Y = A^T Z$, де $Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$, A – оцінений параметр розміру m . Нехай X – конструкційна матриця цієї моделі і матриця $(X^T X)^{-1}$ уже обчислена і зберігається.

Потрібно оцінити коефіцієнти моделі $Y = A^T Z$, де $Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$; \hat{A} – оцінюваний параметр, що має розмір $(m+1)$; $(X Z)$ – конструкційна матриця нової моделі. Тоді

$$a_{m+1} = \frac{Z^T Y - Z^T X (X^T X)^{-1} X^T Y}{Z^T Z - Z^T X (X^T X)^{-1} X^T Z}$$

$$\begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \epsilon_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_m \end{pmatrix} - (X^T X)^{-1} X^T Z \epsilon_{m+1}$$

$$[(X Z)^T (X Z)]^{-1} = \begin{bmatrix} X^T X & X^T Z \\ Z^T X & Z^T Z \end{bmatrix}^{-1} =$$

$$\begin{bmatrix} (X^T X)^{-1} + \frac{(X^T X)^{-1} X^T Z Z^T X (X^T X)^{-1}}{Z^T Z - Z^T X (X^T X)^{-1} X^T Z} & -\frac{(X^T X)^{-1} X^T Z}{Z^T Z - Z^T X (X^T X)^{-1} X^T Z} \\ -\frac{Z^T X (X^T X)^{-1}}{Z^T Z - Z^T X (X^T X)^{-1} X^T Z} & \frac{1}{Z^T Z - Z^T X (X^T X)^{-1} X^T Z} \end{bmatrix}$$

Ще простіші формули при вилученні однієї змінної. Нехай початкова модель має вигляд $Y = A^T Z$, де $Z = (z_1, z_2, \dots, z_m, z_{m+1})^T$; A – оцінений параметр розміру $m+1$. Для визначеності припустимо, що виключити необхідно $(m+1)$ -у змінну і в конструкційній матриці їй відповідає стовпчик Z , а конструкційна матриця m

змінних, тих, що залишилися, \mathbf{X} . Це припущення ні на що не впливає, тому що якби треба було виключити не $(m+1)$ -у а k -у, $k < m+1$, змінну, то стовпчик, який їй відповідає достатньо зробити в конструкційній матриці $(m+1)$ -м. При цьому матриця $[(\mathbf{X} \ \mathbf{Z})^T(\mathbf{X} \ \mathbf{Z})]^{-1}$ зміниться таким чином: стовпчики з $(k+1)$ -го по $(m+1)$ -й зсунуться на одиницю вліво, рядки з $(k+1)$ -го до $(m+1)$ -го на одиницю вгору, на місці $(m+1)$ -го стовпчика і $(m+1)$ -го рядка будуть k -й стовпчик і k -й рядок відповідно. Отже, матриця $[(\mathbf{X} \ \mathbf{Z})^T(\mathbf{X} \ \mathbf{Z})]^{-1}$ у нас також є.

Необхідно знайти m -вимірний параметр \mathbf{A} моделі $\mathbf{Y} = \mathbf{A}^T \mathbf{Z}$, де $\mathbf{Z} = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ і обчислити матрицю $(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$.

Подамо матрицю $[(\mathbf{X} \ \mathbf{Z})^T(\mathbf{X} \ \mathbf{Z})]^{-1}$ у вигляді блочної:

$$[(\mathbf{X} \ \mathbf{Z})^T(\mathbf{X} \ \mathbf{Z})]^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_{11} & \mathbf{Z}_{12} \\ \mathbf{Z}_{12}^T & \mathbf{Z}_{22} \end{bmatrix},$$

де блоки \mathbf{Z}_{11} , \mathbf{Z}_{12} , \mathbf{Z}_{22} мають розміри $(m \times m)$, $(m \times 1)$, (1×1) відповідно.

Тоді

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ a_m \end{pmatrix} - \frac{\mathbf{Z}_{12}}{\mathbf{Z}_{22}} a_{m+1}, \quad (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} = \mathbf{Z}_{11} - \mathbf{Z}_{12}^T \mathbf{Z}_{22}.$$

Використання формул окаймлення дозволяє підвищити ефективність процедури повного перебору в множині всіх регресій. Тим більше, що основна інформація для застосування методу окаймлення знаходиться в матриці \mathbf{V} : $\mathbf{Z}^T \mathbf{Y} = v_{0i}$, $\mathbf{Z}^T \mathbf{X}_j = v_{ji}$, $\mathbf{X}^T \mathbf{Y}_j = v_{0j}$, $\mathbf{Z}^T \mathbf{Z} = v_{ii}$, $\mathbf{X}^T \mathbf{Z}_j = v_{ij}$.

Якщо кожне структурне число $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)$ розглядати як точку в лінійному m -вимірному просторі, то множині всіх регресій буде відповідати множина всіх вершин m -вимірного гіперкуба, виключаючи вершину, яка знаходиться в початку координат. Формули окаймлення можуть бути використані тоді і тільки тоді, коли наступне структурне число відрізняється від попереднього не більше, ніж за одним із компонентів, тобто вершинами одиничного гіперкуба, координати яких – відповідні структурні числа, з'єднані ребром.

В даній роботі використано алгоритм перегляду вершин гіперкуба, наведений в [6]. Робота алгоритму починається з вершини $(0, 0, \dots, 0)$. Перегляд здійснюється тільки вздовж ребер. Таким чином всі вершини проглядаються точно один раз. Розглянемо цей спосіб детальніше. Припустимо, що необхідно здійснити l -й $(1 \leq l \leq 2^m - 1)$ крок вздовж ребра. В цьому випадку ми маємо $(l-1)$ -е структурне число $\beta^{(l-1)} = (\beta_1^{(l-1)}, \beta_2^{(l-1)}, \dots, \beta_m^{(l-1)})$, оцінка параметра $a^{(l-1)}$, яка відповідає $(l-1)$ кроку, причому, якщо $l=1$, то $a^{(0)} = (0, 0, \dots, 0)^T$, матриця $\mathbf{S}_{l-1}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \mathbf{S}_{l-1}$, (де $\mathbf{S}_i = \text{diag}\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$), причому, якщо $l=1$, то матриця вважається нульовою. Цей алгоритм застосовується для того, щоб за числами l і m знайти число i , яке показує який структурний компонент числа слід замінити. Структурне число β_i будується за наступною формулою:

$$\beta^l = (\beta^{(l-1)}, \dots, \beta_{i-1}^{(l-1)}, \beta_i^{(l-1)}, \beta_{i+1}^{(l-1)}, \dots, \beta_m^{(l-1)}),$$

де $\beta_i^{(l-1)} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \beta_i^{(l-1)} = 0 \\ 0, & \text{якщо } \beta_i^{(l-1)} = 1 \end{cases}$

Якщо в структурному числі при переході від $(l-1)$ -го на l -й крок нуль замінено одиницею, то це значить, що потрібно ввести додаткову змінну, якій в початковій матриці відповідає i -й стовпчик. Якщо ж навпаки, одиниця була замінена нулем, то i -у змінну треба виключити. При цьому для обчислення оцінок матриці $(\mathbf{S}_{l-1}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \mathbf{S}_{l-1})^{-1}$ застосовують відповідно формули додання при вилученні однієї змінної.

Оцінка адекватності отриманих моделей проводиться за допомогою методу найменших квадратів і має наступний вигляд:

Якщо ми розглядаємо наш ряд як

$$\hat{x}_{k+1} = a_1 x^{k-l_1} + \dots + a_p x^{k-l_p} + \varepsilon_k,$$

де \hat{a}_i – оцінки запізньень моделі, які отримані в результаті роботи алгоритму, ε_i – відхилення від істинних значень даного ряду. Тоді маємо

$$\sum_{i=l_p+1}^m \varepsilon_i^2 = \sum_{i=l_p+1}^m (x_i - \hat{a}_1 x_{i-l_1} - \hat{a}_2 x_{i-l_2} - \dots - \hat{a}_p x_{i-l_p})^2 =$$

$$\sum_{i=l_p+1}^n x_i^2 + \sum_{j=1}^n \hat{a}_j^2 \sum_{i=l_p+1}^n x_{i-l_j}^2 -$$

$$-2 \sum_{j=1}^n \epsilon_j \sum_{i=l_p+1}^n x_i x_{i-l_j} + 2 \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=j+1}^p (\epsilon_j \epsilon_k \sum_{i=l_p-l_j+1}^n x_i x_{i-l_k+l_j})$$

З урахуванням значень елементів матриці \mathbf{V}

$$\sum_{i=l_p+1}^n \varepsilon_i^2 = r_{00} + \sum_{j=1}^p \epsilon_j^2 r_{jj} - 2 \sum_{j=1}^p \epsilon_j r_{oj} + 2 \sum_{j=1}^{p-1} \sum_{k=j+1}^p a_j a_k r_{kj}$$

Отримавши таким чином оцінки для кожної моделі, що розглядаються, та відсортувавши їх за зростанням, маємо ряд моделей, що описують заданий процес, розташованих за спаданням критерію адекватності.

Для прикладу розглянемо ряд з 32 та 64 спостереження. Експерименти проводилися при різних значеннях дисперсії шумів, що дає змогу стверджувати, що для значень шуму, менших ніж 10% середнього значення ряду, множина запізнь отриманих в результаті роботи алгоритму, практично не змінюється.

Результати експериментів наведено у таблиці 2:

Табл. 2. Результат використання парціального коефіцієнта кореляції для визначення номерів запізнь, які найвірогідніше включатиме адекватна модель.

Істинна структура ряду	Кількість спостережень	Перші 6 запізнь, розташованих за спаданням коефіцієнта парціальної кореляції
a_1, a_8, a_9	32	$a_1, a_8, a_2, a_9, a_3, a_4$
	64	$a_1, a_8, a_2, a_9, a_3, a_4$
a_2, a_4, a_8	32	$a_2, a_1, a_8, a_4, a_3, a_5$
	64	$a_2, a_1, a_8, a_4, a_3, a_5$
a_1, a_4, a_8	32	$a_4, a_1, a_2, a_9, a_3, a_8$
	64	$a_1, a_4, a_2, a_9, a_3, a_8$
a_8, a_{10}	32	$a_1, a_8, a_2, a_3, a_4, a_{10}$
	64	$a_1, a_8, a_2, a_3, a_{10}, a_4$
a_{10}	32	$a_1, a_{10}, a_2, a_3, a_4, a_5$
	64	$a_1, a_{10}, a_2, a_3, a_4, a_5$
a_2, a_4	32	$a_2, a_1, a_3, a_4, a_5, a_6$
	64	$a_2, a_1, a_4, a_3, a_5, a_6$
a_1, a_2, a_4, a_5, a_6	32	$a_1, a_5, a_2, a_4, a_3, a_6$
	64	$a_1, a_2, a_5, a_4, a_3, a_6$

Проведені чисельні експерименти над рядами відомої струк-

тури, отримано наступні результати:

Перший підхід. В 37% випадків отримана множина запізень, що складалась із 6 найкращих, не містила всіх істинних запізень досліджуваної моделі, хоч і дві-три моделі достатньо точно будуть будувати вихідний ряд.

Другий підхід завжди дає змогу точно (в межах проведеного експерименту) отримати параметри вихідної моделі, причому множина моделей для повного перебору не перевищує 6 запізень, якщо кількість реальних запізень не перевищує 5 (табл. 2).

Недоліком другого підходу є те, що при визначенні p (кількості запізень), необхідно з природи ряду емпірично визначити $l_p \geq p$, щоб при побудові кореляційного ряду істинне значення номеру запізнення потрапило в множину початкового розгляду моделей.

Література

1. Бокс Дж., Дженкінс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып. 1. – М.: Мир, 1974. – 408 с.
2. Кашьяп Р.Л., Рао А.Р. Построение динамических стохастических моделей по экспериментальным данным. – М.: Наука, 1983. – 384 с.
3. Демківська Т.І. Стан проблеми вибору класу і структури ARIMA-моделі. – К.: Вісник ДАЛПУ, 2001. – с. 156.
4. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Исследование зависимостей. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 488 с.
5. Стренг Гилберт. Линейная алгебра и ее применения. – М.: Мир. – 454 с.
6. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. – М.: Радио и связь, 1987. – 120 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БАНКОМ

А.А. Добровольский*

г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный университет

Модели банка условно можно разделить в зависимости от предмета исследования на два класса. К первому классу можно отнести модели оптимального управления портфелем активов: банки собирают депозиты, и используют поступающие средства на кредиты и приобретение ценных бумаг. Ко второму классу можно отнести модели развития самого банка.

Необходимость использования моделей оптимального управления портфелем активов очевидна: они позволяют банку выбрать оптимальную стратегию поведения на рынке банковских услуг. К таким моделям можно отнести имитационные модели и модели управления рисками, которые широко используются в банковской практике.

Однако в условиях отсутствия экономического роста трудно рассчитывать на высокий доход. Более того, на определенном периоде банк вообще может нести убытки. Вполне возможно возникновение ситуации, когда даже самое оптимальное управление имеющимся в распоряжении банка портфелем активов не принесет прибыль. Например, резкое ухудшение экономической ситуации на рынках кредитуемых предприятий может значительно увеличить кредитные риски, что соответственно может уменьшить реальные активы банка. Аналогично банк может нести значительные убытки в виде курсовой разницы в случае резкого падения курса национальной денежной единицы. При этом непредсказуемая экономическая ситуация приводит к увеличению неопределенности параметров моделей (энтропии), что не позволяет эффективно их использовать.

Именно поэтому возникает необходимость разработки модели банка, которая позволит рассчитать развитие банка при различных ситуациях, которые могут возникнуть на финансовом рынке, принять правильные решения относительно размеров и

* Выполнена под научным руководством проф. А.Н. Марюты

структуры активов и пассивов. Эта функциональная модель должна с достаточной точностью и полнотой повторять процессы, происходящие в реальной банковской структуре.

Модель будет строиться на основе банковского баланса, но в тоже время необходимо учитывать, что она не является балансовой. Такой выбор основывается на нескольких предпосылках: во-первых, баланс отражает и активы, и пассивы, что является необходимым для полного описания банка; во-вторых, он в соответствии с требованиями НБУ входит в состав ежедневной отчетности, что позволяет точно рассчитывать параметры модели; в-третьих, это наиболее оперативная и доступная информация о состоянии банка с точки зрения достоверности и конфиденциальности.

Банковские активы в зависимости от срочности разбиваются на три группы: активы до востребования (X_1); активы, размещенные на срок (X_2); активы с длительным, но неопределенным сроком размещения (X_3).

Банковские пассивы отражаются двумя группами: пассивы до востребования (W_1); пассивы, размещенные на срок (W_2).

Такое представление позволяет описать основные процессы, происходящие в банке.

Капитал банка включает вложенный капитал, нераспределенную прибыль, а также фонды и резервы, образованные за счет прибыли. Капитал в любой момент времени можно определить как разницу между активами и пассивами [1]. Отсюда возникает ограничение: на исследуемом временном интервале банк не должен привлекать дополнительный капитал.

Рассмотрим каждую из групп отдельно.

1. Активы до востребования (X_1). Это самая ликвидная группа активов. К ней относятся такие счета, как «Денежные средства», «Корреспондентские счета в НБУ и других банках» и т.п. Эта группа активов может пополняться за счет:

- ◆ непроцентных доходов банка¹ (интенсивность v_1);
- ◆ привлечения пассивов до востребования (интенсивность

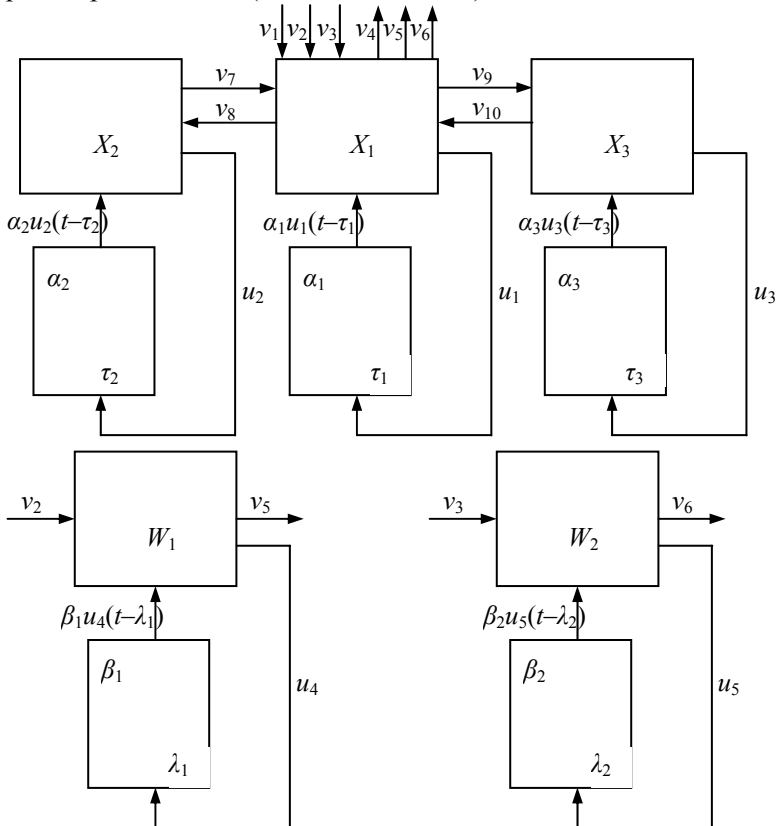
¹ К процентным доходам и расходам принадлежат доходы и расходы, которые рассчитываются пропорционально времени и сумме активов или пассивов [1]. Соответственно все остальные доходы и расходы относятся к непроцентным.

v_2);

- ◆ привлечения срочных пассивов (интенсивность v_3);
- ◆ активов, размещенных на срок (интенсивность v_7);
- ◆ активов с длительным, но неопределенным сроком размещения (интенсивность v_{10}).

Уменьшение этой группы активов может происходить за счет:

- ◆ процентных и непроцентных расходов банка (интенсивность v_4);
- ◆ возврата пассивов до востребования (интенсивность v_5);
- ◆ возврата срочных пассивов (интенсивность v_6);
- ◆ отвлечения в срочные активы (интенсивность v_8);
- ◆ отвлечения в активы с длительным, но неопределенным сроком размещения (интенсивность v_9).



2. Активы, размещенные на срок (X_2). К этой группе активов относятся такие счета, как «Депозиты в других банках», «Краткосрочные и долгосрочные кредиты», «Акции и другие ценные бумаги» и т.п. Изменение X_2 происходит вследствие выдачи банком новых ссуд, погашения задолженности и начисления процентов по задолженности. При этом предполагается, что процент по ранее выданным ссудам начисляется по единой текущей ставке и прибавляется к общей сумме задолженности.

Группа активов X_2 может пополняться за счет активов до востребования (интенсивность v_8 – выдача новых ссуд), и уменьшаться путем отвлечения в эти активы (интенсивность v_7 – погашение задолженности).

3. Активы с длительным, но неопределенным сроком размещения (X_3). Это самая неликвидная группа активов. К ней относятся такие счета, как «Ценные бумаги в портфеле банка на инвестиции», «Основные средства» и т.п. Группа может пополняться за счет активов до востребования (интенсивность v_9) и уменьшаться путем отвлечения в эти активы (интенсивность v_{10}).

Рассмотрим процесс воспроизводства активов.

Все активы характеризуются параметрами: τ_i – длительность цикла оборота группы X_i ; α_i – коэффициент воспроизводства группы X_i за цикл; u_i – интенсивность выделения активов группы X_i в оборот.

Можно представить модель общего вида, описывающую воспроизводство активов, в форме, в которой присутствуют запаздывающие элементы:

$$\Delta^\tau X_i = (\alpha_i - 1) \cdot u_i(t - \tau_i), \quad i = \overline{1,3}. \quad (1)$$

4. Пассивы до востребования (W_1). Эту группу составляют пассивы, которые в любой момент могут быть изъяты из банка. К ней относятся такие счета, как «Текущие счета юридических и физических лиц», «Корреспондентские счета НБУ и других банков», «Кредиторская задолженность» и т.п. Группа может пополняться за счет привлечения дополнительных пассивов до востребования (интенсивность v_2) и уменьшаться путем их возврата (интенсивность v_5).

5. Пассивы, размещенные на срок (W_2). К этой группе относятся краткосрочные и долгосрочные депозиты юридических и физических лиц. Группа может пополняться за счет привлечения

срочных пассивов (интенсивность v_3) и уменьшаться путем их возврата (интенсивность v_6).

Все пассивы характеризуются параметрами: λ_j – длительность цикла оборота группы W_j ; β_j – коэффициент воспроизводства группы W_j за цикл; u_{j+3} – интенсивность выделения пассивов группы W_j в оборот.

Аналогично (1) уравнение, описывающее воспроизводство пассивов до востребования имеет вид:

$$\Delta^{\lambda_j} W_j = (\beta_j - 1) \cdot u_{j+3} (t - \lambda_j), \quad j = \overline{1, 2}. \quad (2)$$

Для дальнейшего анализа следует более детально остановиться на коэффициентах воспроизводства α и β . Экономический смысл коэффициента α – доходность активов за цикл воспроизводства. Рассчитывается он как средняя доходность активов, входящих в данную группу, с учетом их риска.

$$\alpha_i = 1 + \frac{\sum_{j=1}^{N_i} (d_{ij} - r_{ij} \cdot S_{ij})}{\sum_{j=1}^{N_i} S_{ij}}, \quad i = \overline{1, 3}, \quad (3)$$

где d_{ij} – доходность j -го актива, входящего в i -ю группу за период τ_i ; S_{ij} – величина этого актива; r_{ij} – риск актива (этот коэффициент принимает значение от 0 до 1); N_i – количество активов, входящих в i -ю группу.

При этом для группы «Активы с длительным, но неопределенным сроком размещения» этот коэффициент учитывает износ таких активов как «Основные средства», входящих в эту группу. Т.е. d_{3j} – доходность (износ) j -го актива, входящего в эту группу за период τ_i . Поэтому значение α_3 вероятно будет меньше 1.

Экономический смысл коэффициента β – плата за пользование пассивами. Рассчитывается он как средняя плата по привлеченным средствам, входящих в данную группу.

$$\beta_i = 1 + \frac{\sum_{j=1}^{M_i} \beta_{ij}}{\sum_{j=1}^{M_i} R_{ij}}, \quad i = \overline{1, 2}, \quad (4)$$

где β_{ij} – процентные расходы за пользование j -ым пассивом, входящим в i -ю группу за период λ_i ; R_{ij} – величина этого пассива

ва; M_i – количество пассивов, входящих в i -ю группу.

Учитывая (1) и (2), а также коэффициенты α_i и β_i , определенные в (3) и (4), финансовые потоки банка можно задать в форме, в которой присутствуют запаздывающие элементы:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dX_1}{dt} = v_1 + v_2 + v_3 - v_4 - v_5 - v_6 + v_7 - \\ \quad - v_8 - v_9 + v_{10} + (\alpha_1 - 1) \cdot u_1(t - \tau_1) \\ \frac{dX_2}{dt} = v_8 - v_7 + (\alpha_2 - 1) \cdot u_2(t - \tau_2) \\ \frac{dX_3}{dt} = v_9 - v_{10} + (\alpha_3 - 1) \cdot u_3(t - \tau_3) \\ \frac{dW_1}{dt} = v_2 - v_5 + (\beta_1 - 1) \cdot u_4(t - \lambda_1) \\ \frac{dW_2}{dt} = v_3 - v_6 + (\beta_2 - 1) \cdot u_5(t - \lambda_2) \\ v_i \geq 0, \quad i = \overline{1,10} \\ u_j \geq 0, \quad j = \overline{1,5} \end{array} \right.$$

Такая математическую модель будет четко отражать процессы воспроизводства и процессы накопления активов и пассивов, а также экономические механизмы регулирования этих процессов, свойственные данной конкретной банковской фирме. Данную модель предполагается использовать для решения задач стратегического управления и оптимизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Національний банк України. Інструкція про застосування Плану рахунків бухгалтерського обліку комерційних банків України – 1998.
2. Національний банк України. Про затвердження Інструкції про порядок регулювання та аналіз діяльності комерційних банків – 1998.

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ АБСОЛЮТНОГО МИРА

А.М. Дроздов, Е.А. Дроздов

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

В фундаментальной физической науке второй половины 20-го века созрело очевидное противоречие между предпочтением, отданным учеными эволюционирующей модели Вселенной, для которой скорость света в вакууме – величина переменная, и неизблемой приверженностью научного сообщества принципу постоянства скорости света СТО. Некоторые из физиков, подобно А.А. Логунову, готовы даже пожертвовать одной из величайших идей минувшего столетия идеей эволюции Вселенной ради торжества принципа постоянства «с», против которого выступил даже его автор А. Эйнштейн в ОТО.

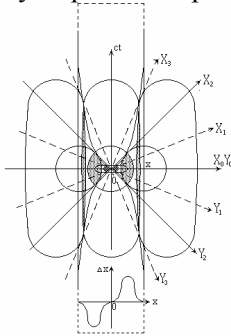
Причина столь необычной приверженности этому принципу заключается в том, что релятивизм в современном естествознании определяет нашу способность познания путём выявления инвариантов в безбрежной относительности природы, выступая высшей инстанцией и нерушимым правилом. Однако из этого правила есть и исключения. В самом начале 20-го века Г. Минковский «увидел» пределы физического релятивизма, назвав запредельную ей область абсолютным миром [1]. Четырёхмерный мир Минковского является не только геометрическим аналогом подтверждающим справедливость СТО, но и носителем новой информации о группе пространственных преобразований G_c , справедливой при переменной величине скорости света.

«Абсолютный мир» возможен в качестве области реальности, лишенной относительности (существующей не пределе относительности). Движение тел в этой области должно характеризоваться скоростью, бесконечно близкой к скорости света. Другим условием существования этого мира должно быть наличие не одного, а множества пределов относительности, когда $c \neq \text{const}$. Замедление и ускорение движения тел абсолютного мира жестко сказываются на соответствующем изменении скорости света.

Предпосылкой создания теории абсолютного мира является

наложение максимально возможного интервала переменных значений скорости света на геометрию Минковского, что позволит установить предельную мощность группы G_c , а через неё и пределы физической относительности в целом. В максимально возможном интервале переменных значений скорости света $\infty \geq c \geq 0$ геометрия Минковского становится абсолютной, замыкаясь двумя пределами: угол между осями координат принимает значения от 0° до 180° , а пространственная кривизна от ∞ до 0 .

Для решения вопроса о конкретной реализации этой программы необходимо получить проекцию масс Вселенной на пространство и на время. Пространственная метрика геометрии Минковского определяется фигурой, подобной двуполостному гиперболоиду, что позволяет представить массы абсолютного мира (массы Вселенной) в виде симметричной диады двояковыпуклых линз (мир-антимир), испытывающих относительное движение и деформацию вместе с деформацией геометрии. При этом начало расширения Вселенной при $c=\infty$ коррелирует с чисто электромагнитной стадией (одномерное пространство первого сингулярного состояния), а конец расширения в виде двух параллельных плоскостей с толщиной плоскости, равной диаметру нейтрона, коррелирует с чисто вещественным состоянием материи при $c=0$ (второе сингулярное состояние, характеризующееся цилиндрическим пространством). Плоскостное сечение геометрической модели процесса движения абсолютного мира в его двух пределах представлено на рис. 1.



Абсолютная стационарность описанного колебательного процесса дает возможность предсказать состояние Вселенной для любого наперед заданного момента времени, т.е. решить так называемую космологическую проблему.

Рис. 1. Геометрия движения абсолютного мира (в нижней части рисунка график колебательного движения Вселенной).

ЛИТЕРАТУРА

1. Минковский Г. Пространство и время // Принцип относительности. – М.: Атомиздат, 1973. – С. 173.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ БІЛЬЯРДІВ У ПЛОСКИХ ФІГУРАХ

В.М. Євсіков

м. Кривий Ріг, Довгинцівська педагогічна гімназія

Під математичним більярдом розумітимемо рух без опору точкової частинки в області із пружним відбиванням від стінок. Математичні більярди є моделями багатьох фізичних процесів. Багато теоретичних питань у теорії більярдів є елементарними, але не розв'язаними. До цього часу невідомо, чи в будь-якій області існує періодична траєкторія, причому питання це є не з'ясованим навіть для многокутників.

Певні висновки про властивості траєкторій можна дістати за допомогою комп'ютерного експерименту. Одержані результати, звичайно, вважати строгими доведеннями не можна, проте перевірити чи спростувати ту чи іншу гіпотезу цілком можливо і доцільно там, де суто математичне доведення викликає непоборні труднощі.

Автором моделюються більярди у плоских областях, границя яких складається із скінченного числа n ліній, що задаються рівняннями $x = \varphi_i(t)$, $y = \psi_i(t)$, $t \in [\alpha_i, \beta_i]$, $i = 1, 2, \dots, n$. Розроблений алгоритм дозволяє дослідити більярдні траєкторії у плоских фігурах. Результати експерименту можна сформулювати у вигляді тверджень-гіпотез:

- кожен правильний n -кутник ($n \geq 3$) має періодичну траєкторію, принаймні ту, що подібна йому;
- періодична траєкторія у правильному n -кутнику, що подібна основній фігурі, є стійкою для $n = 2k$ і нестійкою для $n = 2k + 1$;
- у генераторі випадкових чисел (більярд у області, що є квадратом з вирізаним всередині кругом) [1, с. 17] круг можна замінити еліпсом без істотного впливу на рівномірність розподілу випадкової послідовності.

Література:

1. Гальперин Г.А., Чернов Н.И. Биллиарды и хаос. – М.: Знание, 1991. – 48 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДЕЛЬНОГО ПЕРЕХОДА ОТ КОНЕЧНОЙ К БЕСКОНЕЧНОЙ МОДЕЛИ КРИСТАЛЛА

В.Н. Евтеев

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Сравним дисперсионные уравнения одномерных моделей бесконечного и конечного кристаллов. Первая модель приводит к выражению:

$$t/2 = \cos((2\pi l)/n) \quad (1)$$

Здесь t – след трансфер-матрицы, l – квантовое число, n – число узлов в основном объеме.

Точное решение модели ограниченного кристалла с открытыми граничными условиями дает следующее дисперсионное уравнение для зонных состояний:

$$t/2 = \cos((l\pi - \Phi_0)/n) \quad (2)$$

здесь Φ_0 – дополнительная фаза, зависящая от энергии. Поскольку Φ_0 не зависит от квантового числа, то при увеличении числа узлов n , дополнительной фазой Φ_0/n можно пренебречь и уравнение (2) становится отличным от уравнения (1) только постоянным множителем в фазе, равном 2. Таким образом, попытка сблизить предсказания обеих рассматриваемых моделей для случая ограниченного, но большого кристалла приводит к противоречию. Однако границы зоны в обеих моделях совпадают и определяются условием $t^2=4$.

Модель ограниченного кристалла объясняет появление локальных граничных состояний, и предсказания условий их существования совпадают с соответствующими условиями в модели полуограниченного кристалла. Покажем, что модель конечного одномерного кристалла приводит в предельном случае к дисперсионному уравнению Гамма.

Трансфер-матрица повторяющегося фрагмента в задаче Кронига-Пенни:

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \Omega & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \xi & \frac{a \cdot \sin \xi}{\xi} \\ -\frac{\xi \cdot \sin \xi}{a} & \cos \xi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \xi & \frac{a \cdot \sin \xi}{\xi} \\ \Omega \cdot \cos \xi - \frac{\xi \cdot \sin \xi}{a} & \Omega \cdot \frac{a \cdot \sin \xi}{\xi} + \cos \xi \end{pmatrix} \quad (3)$$

где a – размер кристаллической ячейки, $\xi = a/\hbar \cdot \sqrt{2mE}$, Ω – непроницаемость барьера. Поскольку нас будет интересовать дисперсионное уравнение для полуограниченной среды, то, с целью упрощения выкладок, рассмотрим исходное уравнение для случая с одинаковыми берегами [1]:

$$\lambda_1^n((\lambda_1 - \lambda_2)\chi + (\gamma + \beta\chi^2)) - \lambda_2^n((\lambda_1 - \lambda_2)\chi - (\gamma + \beta\chi^2)) = 0 \quad (4)$$

Здесь β и γ недиагональные элементы трансфер-матрицы, а λ_1 и λ_2 ее собственные значения, χ – величина, характеризующая граничные условия. Так как речь идет о дисперсионном уравнении для нахождения локальных поверхностных состояний, то для следа трансфер-матрицы имеем $t^2 > 4$. Тогда собственные значения трансфер-матрицы λ_1 и λ_2 будут иметь вещественные, не равные друг другу значения. Выберем из них большее по абсолютной величине значение и разделим на его n -ную степень уравнение. Устремляя n к бесконечности, получаем уравнение:

$$(t^2 - 4)\chi = (\gamma + \beta\chi^2)^2 \quad (5)$$

Подставив значения элементов трансфер-матрицы в это уравнение, получим:

$$\xi^2 \text{ctg}^2 \xi - 2/(\Omega a)(a^2 \chi^2 + \xi^2) \xi \text{ctg} \xi + a^2 \chi^2 / \Omega^2 + 1/\Omega^2 (2\xi^2 - \Omega^2 a^2) \chi^2 + \xi^4 / (\Omega^2 a^2) = 0 \quad (6)$$

Решение квадратного уравнения (6) приводит к дисперсионному уравнению для таммовских поверхностных состояний:

$$\xi \text{ctg} \xi = 1/(\Omega a) (a^2 \chi^2 + \xi^2) \pm a \chi \quad (7)$$

или, используя обозначения, принятые в литературе [2]:

$$\xi \text{ctg} \xi = q^2 / (2P) \pm \sqrt{q^2 - \xi^2} \quad (8)$$

здесь $a^2 \chi^2 = q^2 - \xi^2$; $\Omega a = 2P$; $q = a/\hbar \sqrt{2mU_0}$

Численный счет подтверждает вывод, сделанный с использованием предельного перехода о том, что величина отщепления поверхностного состояния с ростом числа повторяющихся фрагментов потенциала перестает зависеть от их числа.

Различие между моделями определяется областью интегрирования уравнения Шредингера и симметриями, присущими этой области. Мы уже указывали на то, что точно решаемая модель ограниченного кристалла для делокализованных состояний приводит к тем же значениям параметров, определяющих спектральную зонную структуру, что и модель бесконечного кри-

сталла. Отличие состоит лишь в наличии локальных поверхностных состояний при ограничении цикличности. Мы показали, как осуществляется предельный переход от модели ограниченного кристалла к модели полуограниченного. Но возможен предельный переход и к модели бесконечного кристалла. Рассмотрим дисперсионное уравнение для локальных состояний в модели ограниченного кристалла $t/2 = \text{ch}(\Phi_0/n)$; здесь Φ_0 — независимая от квантового числа величина. Если в этом уравнении устремить $n \rightarrow \infty$, то решения станут возможны лишь на границе зоны, то есть уже не будут локальными, так как приведенное уравнение работает лишь при $t^2 > 4$. По мере увеличения n , решения обсуждаемого уравнения будут все ближе и ближе «подходить» к границе зоны и в предельном случае при $n \rightarrow \infty$ сольются с зоной. Полученный вывод соответствует переходу от модели ограниченного кристалла к модели бесконечного, в которой отсутствуют поверхностные состояния, из-за отсутствия самих граничных поверхностей. Но этот вывод формально противоречит выводу, полученному в предыдущем пункте, с тем, что величина отщепления локального состояния от зонных с увеличением n перестает зависеть от числа элементарных ячеек.

На первый взгляд, при предельном переходе от модели конечного кристалла к модели неограниченного ($n \rightarrow \infty$) возникает единственная ситуация. При этом неявно предполагается независимость ее от способа получения бесконечного кристалла. В нашем случае имеет место не только непрерывное стремление числа ячеек к бесконечности, но и изменение топологии области пространства, на которой рассматриваются периодически повторяемые фрагменты потенциала. В случае модели ограниченного потенциала — это отрезок, в случае полуограниченного кристалла — луч, и, наконец, для модели бесконечного кристалла мы рассматриваем бесконечную прямую. Чтобы подчеркнуть топологическую разницу между упомянутыми геометрическими фигурами, вспомним, что луч топологически эквивалентен окружности, отрезок соответствует окружности с наложенной точкой, а бесконечная прямая, с точки зрения непрерывной деформации, эквивалентна окружности с выколотой точкой. Изменение топологии может иметь решающее значение для обсуждаемых моделей. Действительно, осуществляя в модели ограниченного кри-

стала различными способами предельный переход ($n \rightarrow \infty$), получим модели различных физических объектов полуограниченного и неограниченного кристаллов, обладающих различными пространственными характеристиками, такими как однородность и анизотропность. При этом отсутствует плавный переход к трансляционной симметрии, подобно тому, как поворотная симметрия правильного многоугольника, при увеличении количества сторон, постепенно приближается к симметрии окружности. Трансляционная симметрия либо имеет место, либо нет. На первом шаге при моделировании бесконечного кристалла, обладающего трансляционной симметрией, делается вывод о трансляционной инвариантности волновой функции (теорема Блоха) [3]. Затем вводят, так называемый, основной объем. И далее, с целью воспользоваться упрощающими достоинствами трансляционной инвариантности, применяют циклические граничные условия к основному объему. Тем не менее, как показывают численные эксперименты с одномерной моделью, использование циклических граничных условий не приводит к трансляционной инвариантности волновой функции. Для того чтобы существовала трансляционная инвариантность волновой функции, недостаточно циклических условий на границе основного объема, необходимо также выполнение циклических условий на границах каждой ячейки, а это возможно лишь для неограниченного кристалла. Использование циклических граничных условий связано с тем, что собственные состояния даже в одномерном случае оказываются двукратно вырожденными, в то время как для нециклических граничных условий вырождение отсутствует. Применение периодических граничных условий приводит к тому, что возникают лишь нечетные двукратно вырожденные уровни.

Литература:

1. Glushko E.Ya, Evteev V.N. Methods and Aspects of Exact Solvable Models in Multi-Quantum Well Structures. – Krivoy Rog, 1994. – 56 с. (препр. / KGPI 0010)
2. Дэвисон С., Левин Дж. Поверхностные (Таммовские) состояния. – М.: Мир, 1973. – 232 с.
3. Bloch F. // Zs. Physik. – 1928. – Vol. 52. – P. 555

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ – ОДНО ИЗ ВАЖНЕЙШИХ УСЛОВИЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

О.К. Елисеева, О.В. Пошивалова

г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный университет

Важнейшим источником роста эффективности производства является постоянное повышение технического уровня и качества выпускаемой продукции. Системный подход позволяет объективно выбирать масштабы и направления управления качеством продукции, ее виды, формы и методы производства, которые обеспечивают наибольший эффект усилий и средств, затраченных на повышение качества продукции.

Цикл управления качеством продукции охватывает все этапы “жизни” изделий.

Наиболее развитой и устойчивой является система управления качеством продукции на этапе производства. Процесс обеспечения качества сопряжен с определенными затратами, включение затрат на обеспечение качества систем управляющих параметров производства предполагает постоянное поддерживание их на определенном уровне (например, оптимальном), чем по экономическому и логическому содержанию более всего соответствует термин “регулирование”. В данном случае регулирование заключается в том, чтобы постоянно поддерживать затраты на оптимальном уровне, что достигается строгим контролем за затратами.

Концепция регулирования в применении к данному случаю базируется на следующих предпосылках:

- при оптимизации затрат нужно определить в каких границах рассогласования качества продукции может находиться показатель затрат на обеспечение качества;
- в информационном обеспечении системы регулирования затрат используется большой объем априорной информации. Большая часть информации получена расчетным путем, с последующей экстраполяцией на основе регрессионных зависимостей.

Рассмотрим основные положения, на которых основываются

место приложения и механизм действия затрат, а также решение задачи регулирования затрат в системе управления качеством продукции.

Управление поддержанием качества продукции ведется в основном по некоторым количественным показателям качества (процент брака, гарантийный срок). Критерий системы управления качеством должен учитывать все затраты, связанные с обеспечением качества и эффект, обусловленный достижением заданного качества продукции. Критерий должен иметь количественные выражения, давать возможность применять математические методы анализа, осуществлять управление качеством и оценивать эффективность на основе изменения его величины. Таким критерием может быть оптимальная величина затрат на обеспечение качества продукции. Построение системы управления качеством продукции основано на использовании принципа обратной связи, что предполагает регулирование управляющего воздействия. Регулятор с обратной связью (в качестве регулятора выступает служба управления качеством) гарантирует компенсацию отклонений фактических показателей затрат от их оптимального значения. Функция регулирования заключается в выработке службой управления качеством продукции регулирующего воздействия с целью поддержания затрат на качество на их оптимальном уровне.

Экономический эффект от обеспечения качества изделий носит характер предотвращенного ущерба, возникает у изготовителя и у потребителя продукции, и выражается в уменьшении затрат, связанных с потерей темпа производства в результате простоя, дефектов, в уменьшении страховых запасов, уменьшении капиталовложений и избыточных эксплуатационных затрат, уменьшении травматизма, затрат на обучение персонала и т.д.

Выявление и измерение эффекта от обеспечения качества требует особого подхода, применение экспертных оценок и эвристических процедур.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ НАПРЯМКУ ОПЕРАЦІЙ НА РИНКУ ЦІННИХ ПАПЕРІВ

А.О. Жолос

м. Київ, Національний університет імені Тараса Шевченка

XX століття характеризувалося визначними відкриттями в різних сферах науки. Ця доля не обминула ані економічної, ані інформаційної сфери громадського життя. Економічні системи передових країн досягли такого рівня розвитку, що аналіз будь-якого економічного явища став надзвичайно складним, оскільки кількість факторів, що мають вплив на нього, неймовірно зросла. Якщо раніше аналіз економічної інформації проводили люди, то тепер цю справу передали комп'ютерам. Розробка інтегрованого програмного середовища, яке б розраховувало й аналізувало економічні показники, перетворилося з ідеї, яка ще мала бути реалізована, на повсякденне зайняття фірм і приватних програмістів, що обійняли своє місце у світовій економіці. Чимало програм було створено і для побудови прогнозів. Однак жодному з них людина не довірила прийняття кінцевих економічних рішень.

Розглянемо таке економічне явище, як ринок цінних паперів. Ціни на них постійно змінюються під впливом величезної кількості факторів, які у сукупності просто неможливо врахувати, оскільки всі вони впливають також один на одного. Отже, тут має місце елемент випадковості, однак не чистої випадковості, а випадковості, що в цілому на певному проміжку часу вимальовується в закономірність, тобто має певні закони поведінки. Якщо до даних про вартості цінних паперів застосувати статистичні методи, можливо спрогнозувати зміну цін на певний проміжок часу вперед, або оцінити прибутковість цінних паперів у майбутньому. Використовуючи такі прогнози й оцінки, створені для великої кількості різноманітних цінних паперів за допомогою комп'ютерних технологій, людина приймає рішення щодо формування портфелю цінних паперів або щодо їх купівлі або продажу. Але якщо комп'ютерна програма може обробити величезний об'єм інформації про ринок і виділити з нього досить обмежений набір даних, які відображають найголовніші тенденції

розвитку, і які і використовуються людиною для прийняття рішень, варто задатися питанням: чи не могла би комп'ютерна програма сама визначити правильне рішення? Адже правильне рішення можна розглядати як оцінку сукупності прогнозів і оцінок, а для побудови оцінок існує велика кількість методів. Але для того, щоб створити оцінку вищого порядку, необхідно розв'язати теоретичну задачу більшої розмірності, а у такому випадку використання комп'ютерних технологій не виправдовується. Альтернативою до цього є використання методу нейронних мереж, які через велику кількість необхідних розрахунків ідеальні для комп'ютера, і які нескладно адаптувати для будь-якого типу вхідних даних і необхідних результатів їхньої обробки.

Програми й методи, які раніше застосовувалися виключно у наукових цілях, тепер знаходять застосування в бізнесі. Таким чином автор поставив перед собою задачу розробити програму, яка б використовувала метод нейронних мереж для аналізу даних про вартості цінних паперів і побудови рішень, щодо купівлі, продажу, або утримання від операцій на ринку з метою одержання максимального прибутку. Результат проведеної роботи – програма Нейронний Маклер.

Програма написана мовою C++, з використанням Borland C++Builder 5. Основні класи програми: популяція нейронних мереж, джерело даних, ринкове середовище. Інтерфейс у стилі MDI для Microsoft Windows відділений від головного модулю програми. Основні розрахунки оптимізовано для швидкості їх виконання.

Створена програма демонструє можливості застосування нейронних мереж до розв'язання економічних задач. В цій програмі за допомогою нейронних мереж, що навчаються за генетичними алгоритмами, приймаються рішення з приводу придбання й продажу на ринку цінних паперів із метою отримання максимального прибутку.

Прийняті наступні спрощення: кількість цінних паперів кожного виду вважається необмеженою; дивіденди не враховуються (зокрема, оскільки програма може застосовуватись до товарів, валют); рішення приймаються один раз протягом дня в момент, для якого відома вартість цінного паперу.

Існує два режими операції: режим тестування, в якому про-

грама приймає серію рішень протягом деякого періоду часу, для якого вартості цінних паперів відомі, за допомогою чого можна оцінити роботу програми, і режим поради, в якому програма із врахуванням стану ринку пропонує користувачу рішення для даного моменту часу. Для прийняття рішень програма використовує дані, що включають поточні вартості цінних паперів, статистичні дані, що були обчислені на основі історії цін, і будь-які додаткові дані, що задаються користувачем (наприклад, індекси).

Проект, що створено за допомогою цієї програми, складається з декількох наборів даних, ринкових середовищ, популяцій нейронних мереж і графіків. Набір даних – це серія пар: дата / значення, що репрезентує вартості цінних паперів, значення індексів, або будь-які інші дані, які імпортуються з файлів або через глобальну мережу Інтернет. Ринкове середовище – це поєднання декількох наборів даних, до сукупності яких застосовується популяція нейронних мереж. Ринкове середовище створює вхідний вектор для нейронної мережі і перетворює результуючий вектор на рішення, а також дає оцінку правильності результуючого вектора.

Для обчислення правильного рішення програма використовує нейронні мережі. Нейронна мережа (а точніше, штучна нейронна мережа) складається з певної кількості взаємопов'язаних нейронів (обчислюючих одиниць), кожен з яких може певним чином обробляти інформацію, яку він отримує від інших нейронів, і передавати оброблену інформацію іншим нейронам. Нейронна мережа може обробити вхідний вектор чисел і створити на його основі результуючий вектор чисел. Більшість варіантів моделей нейронних мереж можна певним чином навчати. Дана програма використовує генетичні алгоритми для навчання нейронних мереж.

Нейронна мережа складається з N рівнів нейронів, пронумерованих від 1 до N . На рівні $I \in M_I$ нейронів. Кожний нейрон має значення стану, яке змінюється під час обробки інформації. Усі нейрони за винятком нейронів першого рівня мають параметр межі активації, M_{I-1} параметрів ваги зв'язку з нейронами попереднього рівня й функцію активації. Функція активації або лінійна, або обмежена непарна монотонно зростаюча функція (гіперболічний тангенс). Усі ці параметри постійні. В сукупності ці параметри повністю визначають нейронну мережу.

Рівень 1 – вхідний рівень. Коли нейронна мережа отримує вхідний вектор даних, значенням стану нейронів вхідного рівня надається значення відповідних елементів цього вектора. Після цього значення обробляються від попереднього до наступного рівня. Для кожного нейрону рівня I процедура наступна. Добутки значень стану кожного нейрона рівня $(I-1)$ і параметрів ваги зв'язку з цим нейроном сумуються, від цієї суми віднімається параметр межі активації. Від отриманого значення береться активаційна функція й результат записується у значення стану даного нейрона. Ця процедура повторюється до рівня N . Рівень N – рівень результату. Значення станів нейронів рівня результату є значеннями елементів результуючого вектора.

Оскільки правильний результуючий вектор для кожного вхідного вектора, який нейронна мережа отримує, невідомий, навчання досягається за допомогою генетичних алгоритмів, що мають за основу теорію еволюції Дарвіна. Функціонування популяції (набору) нейронних мереж з однаковою структурою (кількістю рівнів і кількістю нейронів на кожному рівні), але з різними параметрами (ваги міжнейронних зв'язків і межі активації), оцінюється для декількох векторів даних. Ті нейронні мережі, що давали найкращі результати, залишаються в популяції, інші знищуються. Порожні місця в популяції заповнюються новими нейронними мережами, створеними на основі тих мереж, що залишились у популяції. Кожний параметр нової мережі визначається на основі відповідних параметрів двох вибраних випадково існуючих мереж. Новий параметр або береться випадково з розширеного на невелику величину інтервалу між двома відповідними параметрами існуючих мереж, або з невеликого інтервалу навколо одного, вибраного випадково, з двох параметрів. Після заповнення порожніх місць популяції деякі нейронні мережі мутьють – деякі з їх параметрів випадково змінюються на невелику величину. В результаті нові мережі поєднують риси кращих мереж з попередньої генерації і в них внесено дещо нове. Але, щоб не допустити втрати вже досягнутих результатів, кращі мережі з попередньої генерації залишаються в популяції. Цей процес повторюється доти, поки функціонування найкращої мережі не стає задовільним, тобто поки рішення, що вона створює, не стають достатньо ефективними.

Популяцію можна розділити на декілька частин. В такому

випадку кожна частина розвивається окремо від інших деякий час, після чого залишаються кращі нейронні мережі з усіх частин.

Для того, щоб нейронні мережі могли пропонувати рішення, їх треба навчити правильно обробляти дані. Під час застосування набору нейронних мереж до ринкового середовища (сукупності декількох видів цінних паперів) програма перевіряє здатність кожної нейронної мережі з набору приймати рішення щодо операцій на ринку, і потім, використовуючи генетичні алгоритми, створює новий набір нейронних мереж із тих, що дали найкращі результати. Це відбувається наступним чином.

Для кожної нейронної мережі виконується наступний процес. Почавши з певною кількістю грошей, нейронна мережа створює рішення щодо придбання або продажу цінних паперів, присутніх в даному ринковому середовищі, протягом певного періоду (певного набору даних про вартості цінних паперів). Кількість грошей, яка є в кінці періоду, тобто кількість грошей, яку було б отримано в кінці цього періоду на ринку, якби рішення приймалися щодо реальних грошей і цінних паперів, використовується як міра правильності результату в генетичному алгоритмі для створення нового набору нейронних мереж із тих мереж, які дали найкращі результати.

Такий процес повторюється для певного набору часових періодів (період рухається з певним кроком вперед) по декілька разів для кожного періоду. В результаті найкраща нейронна мережа з набору має навчитися приймати достатньо правильні рішення, тобто отримувати прибуток. В режимі тестування для прийняття проміжних рішень і в режимі поради для створення рішення використовується найкраща мережа з набору.

Програма створює вхідний вектор даних для нейронної мережі з наступних елементів: поточна кількість вільних для ринкових операцій грошей, поточні вартості цінних паперів, наявна кількість цінних паперів, додаткова інформація. Кожний елемент результуючого вектора інтерпретується як рішення щодо покупки або продажу відповідного виду цінних паперів. Велике додатне значення відповідає покупці цінних паперів на великий відсоток наявних грошей, велике від'ємне значення відповідає продажу великого відсотку наявних цінних паперів.

В якості додаткової інформації, яка надається нейронній ме-

режі, виступають будь-які набори даних, наприклад, індекси і ціни акцій інших компаній, а також статистичні показники, обчислені на основі попередньої історії цих даних. Для того, щоб оцінити ефективність підходу з використанням нейронних мереж як такого, не використовуються статистичні прогнози, наприклад, побудовані за методами ARMA/ARIMA, Пуассонівського згладжування, тощо. Натомість використовуються середні арифметичні й геометричні, прості й зважені. Вагами є відстані від початку інтервалу, для якого обчислюється середня (близькість до теперішнього моменту).

Перевірка роботи програми показала, що рішення, які програма створює, дають дещо вищий прибуток за той, що отримується за той самий період за умови закупівлі цінних паперів на всю виділену суму грошей на початку періоду й продажу їх у кінці періоду (тобто отриманий не за рахунок вдалих рішень, а за рахунок сукупної зміни вартостей цінних паперів). Зокрема для акцій компанії Фіат, ціни яких у сукупності протягом 30.06.1989 – 30.12.1999 знизилась з 35,4531 до 30,1975, програма збільшила свою початкову суму грошей в 2,7 разів.

Однією з проблем при виконанні подібних розрахунків є обмеженість комп'ютерних ресурсів. Задача такого типу потребує на порядок більше розрахунків, ніж більшість задач із нейронними мережами, оскільки для визначення кожної оцінки правильності роботи нейронної мережі необхідно застосувати мережу до даних за достатньо довгий період, а при роботі програми в режимі тестування, який застосовується для перевірки її роботи, навчання повторюється для великої кількості рішень.

Під час перевірки було визначено деякі підходи до вибору параметрів нейронних мереж та середовища, які дозволяють отримати найкращі результати при обмеженому часі обчислення. Найкращими є нейронні мережі з трьома рівнями і лінійною активаційною функцією. Більша кількість рівнів веде до значного збільшення об'єму обчислень, а тому й до необхідності зменшення кількості навчальних циклів. Серед популяцій нейронних мереж кращими є нерозділені популяції з приблизно 100 окремих мереж.

Ефективним виявилось використання як додаткової інформації середньої арифметичної простої побудованої для короткострокової (тиждень), середньострокової (місяць) і довгостроково-

вої (квартал) передісторії цін, а також індексу Дау Джонс.

Логічно припустити, що тенденція динаміки цін, на якій навчалась популяція нейронних мереж, може в майбутньому зберігатися дуже короткий строк. Тому в режимі тестування недоцільним є використання нейронної мережі, що пройшла навчання, для більш ніж 2–5 послідовних рішень. Перше навчання необхідно робити довшим за всі інші.

Занадто довге навчання веде до негативних результатів. Зокрема часто спостерігалось явище, коли після тривалого навчання нейронна мережа робила однотипні рішення за схемою придбання цінних паперів на всі гроші й продажу їх наступного дня в періоди зростання цін. Хоча такий метод є прибутковим, він не свідчить про засвоєння нейронною мережею тенденції зміни цін, і є нездійсненним у реальних умовах. Бажаним було би перенавчання популяції нейронних мереж перед кожним рішенням, що, вірогідно, дало б можливість уникнути таких характерних для перенавчання наслідків, але це неможливо робити в режимі тестування через нестачу комп'ютерних ресурсів.

В перспективі бажаним є використання в контексті аналізу ринку цінних паперів і інших алгоритмів нейронних мереж, зокрема навчання за генетичними алгоритмами з доміантними й рецесивними генами, і часткового навчання на прикладах із корегуванням помилки за методом оберненого розповсюдження.

Таким чином показано, що використання методу нейронних мереж у задачах економічного характеру є ефективним не лише для прогнозування, а і для визначення кінцевих економічних рішень. Цей метод є безумовно перспективним і потребує розробки й вдосконалення, що є метою подальших досліджень.

МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНОГО СТАТУСУ ВИКЛАДАЧА ВУЗУ

Л.Л. Жукова¹, І.І. Копайгора², О.О. Федоренко¹

¹ м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут Київського
Національного економічного університету

² м. Кривий Ріг, Криворізький технічний університет

Україна переживає економічну кризу, що створює складну фінансову ситуацію, зокрема в освіті.

Одним із мірил ставлення суспільства до праці громадянина є заробітна плата, яка, в свою чергу, разом з іншими критеріями визначає його соціальний статус.

Заробітна плата – це винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу.

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства, установи, організації і максимальним розміром не обмежується.

Питання державного і договірною регулювання оплати праці, прав працівників на оплату праці та їх захисту визначається Кодексом Законів «Про працю» України, Законом України «Про оплату праці» (108/95-ВР) та іншими нормативно-правовими актами. (Стаття 94 із змінами, внесеними згідно із Законом №871-12 від 20.03.91, в редакції Закону № 357/96-ВР від 10.09.96).

Мінімальна заробітна плата – це законодавчо встановлений розмір заробітної плати за просту, некваліфіковану працю, нижче якого не може провадитися оплата за виконану працівником місячну, погодинну норму праці (обсяг робіт).

До мінімальної заробітної плати не включаються доплати за роботу в надурочний час, у важких, шкідливих, особливо шкідливих умовах праці, на роботах з особливими природними географічними і геологічними умовами та умовами підвищеного ризику для здоров'я, а також премії до ювілейних дат, за винаходи та раціоналізаторські пропозиції, матеріальна допомога.

У разі, коли працівникові, який виконав місячну (годинну) норму праці, нарахована заробітна плата нижче законодавчо-

встановленого розміру мінімальної заробітної плати, підприємство провадить доплату до її рівня.

Розмір мінімальної заробітної плати встановлюється і переглядається відповідно до статей 9 і 10 Закону України «Про оплату праці».

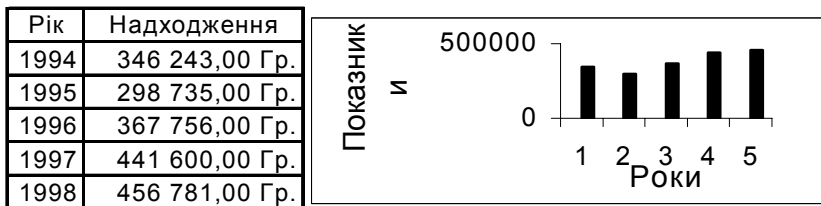
Мінімальна заробітна плата є державною соціальною гарантією, обов'язковою на всій території України, підприємств, установ, організацій усіх форм власності і господарювання та фізичних осіб.

Заробітна плата підлягає індексації в установленому законодавством порядку. (Стаття 95 із змінами, внесеними згідно із Законом №871-12 від 20.03.91, № 534/96-ВР від 21.11.96, № 357/96-ВР від 10.09.96, № 1766-111 від 01.06.2000, Декретами №7-92 від 09.12.92, № 23-92 від 31.12.92).

Оплата праці працівників установ і організацій, що фінансуються з бюджету, здійснюється на підставі законів та інших нормативно-правових актів України, генеральної, галузевих, регіональних угод, колективних договорів, у межах бюджетних асигнувань та позабюджетних доходів. (Стаття 98 із змінами, внесеними згідно з Указами ПВР № 4617-10 від 24.01.83, № 5938-11 від 27.05.87; Законом №871-12 від 20.03.91, в редакції Закону №357/96-ВР від 10.09.96).

За матеріалами журналу «Економіка України», 1999, № 12 відомі дані надходжень зборів до Фонду Соціального страхування (Таблиця 1).

Таблиця 1
Динаміка надходжень зборів до Фонду Соціального страхування

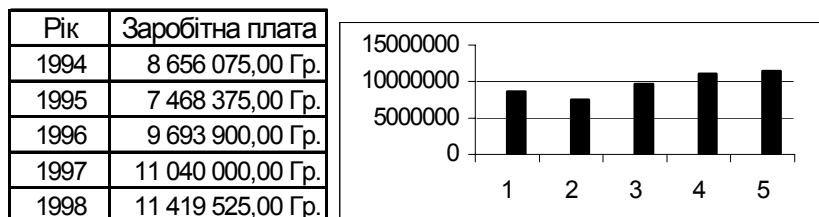


Відомо, що Фонд Соціального страхування становить 4% від Фонду заробітної плати. За даними надходжень зборів до Фонду Соціального страхування може бути визначена динаміка Фонду

Заробітної плати за ці роки.

Таблиця 2

Динаміка Фонду Заробітної плати



Як свідчать наведені дані (Таблиця 2), економічна криза, яку переживає Україна, позначилась на формуванні грошових доходів населення, але починаючи з 1996 року прослідковується покращення фінансової ситуації.

У високо розвинутих країнах заробітна плата лікарів, юристів, викладачів у декілька разів вища, ніж у працівників робітничих професій.

За матеріалами журналу «Государство и право», 1998, № 9 прослідковано динаміку співвідношення заробітної плати доцента відносно заробітної плати робочого в Україні.

Таблиця 3

Динаміка зарплати доцента ВУЗу України

Рік	1957	1995
Співвідношення зарплати доцента і робітника, %	270%	81%

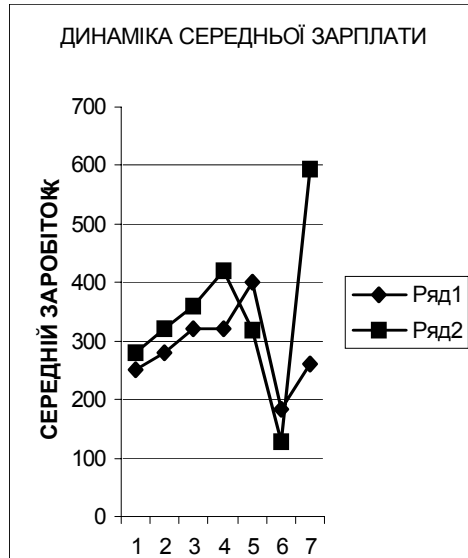
Ця інформація викликала інтерес у авторів статті і обумовила проведення досліджень даних регіону.

На руднику «Суха Балка» і в Криворізькому економічному інституті КНЕУ(м. Кривий Ріг) взяті дані про середню заробітну плату відповідно робітника і доцента за 7 років з 30 останніх (Таблиця 4).

Таблиця 4

Динаміка зарплат доцента
КЕІ КНЕУ і робітника рудника «Суша Балка»

Рік	Зарплата	
	доцента	робітника
1970	250	280
1975	280	320
1980	320	360
1985	320	420
1990	400	318
1995	184	127
2000	260	594



За вищенаведеними даними досліджено динаміку співвідношення(%) зарплати доцента та робітника за останні 7 років у нашому регіоні. Побудовано графік (Таблиця 5).

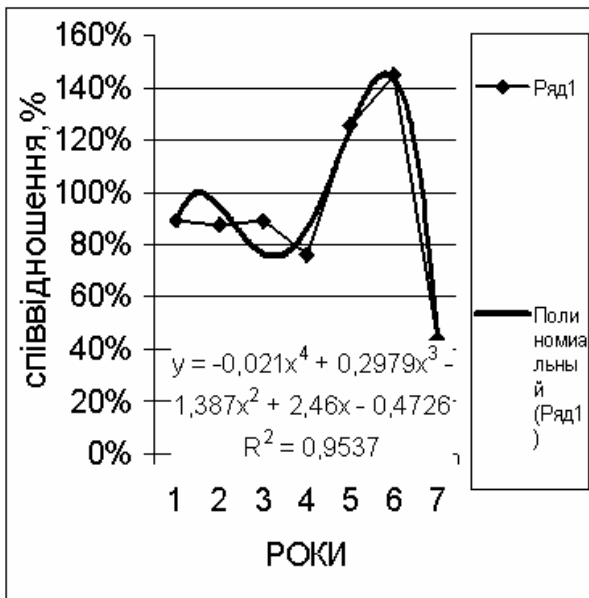
Як показує графік (Таблиця 5), існує тісний зв'язок між досліджуваними показниками (величина достовірності апроксимації – $R^2=0,95$).

Це дозволило зробити прогноз на майбутнє. Прогноз виявився невтішним – зменшення співвідношення до неприпустимо малої межі (20%).

Таблиця 5.

Динаміка співвідношення зарплат доцента КЕІ КНЕУ і робітника рудника «Суха Балка»

Рік	Заробітна плата		
	доцента	робітника	співвідношення, %
1970	250,00 Гр.	280,00 Гр.	89,29%
1975	280,00 Гр.	320,00 Гр.	87,50%
1980	320,00 Гр.	360,00 Гр.	88,89%
1985	320,00 Гр.	420,00 Гр.	76,19%
1990	400,00 Гр.	318,00 Гр.	125,79%
1995	184,00 Гр.	127,00 Гр.	144,88%
2000	260,00 Гр.	594,00 Гр.	43,77%

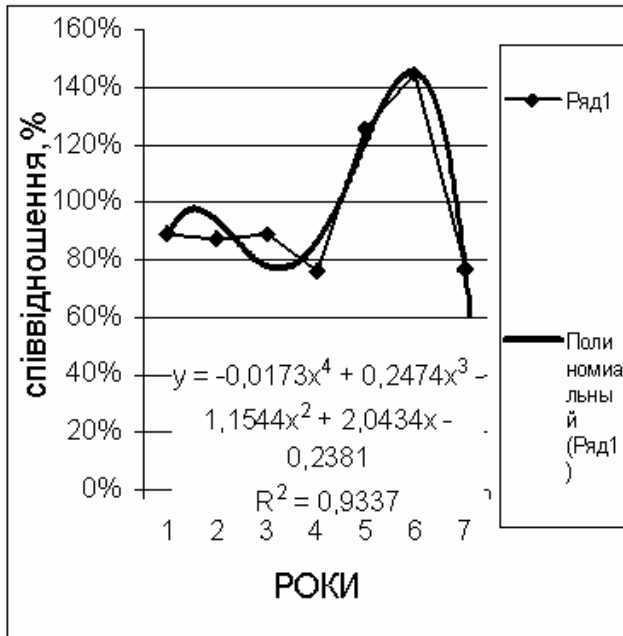


Враховуючи прийняття Закону про підвищення заробітної плати освітянам на 25% у квітні 2001 року та ще на 50% у вересні, спрогнозуємо фінансову ситуацію на кінець 2001 року. (Таблиця 6).

Таблиця 6.

Динаміка співвідношення зарплат доцента КЕІ КНЕУ і робітника рудника «Суха Балка» після введення Закону в дію.

Рік	Заробітна плата		
	доцента	робітника	співвідношення, %
1970	250,00 Гр.	280,00 Гр.	89,29%
1975	280,00 Гр.	320,00 Гр.	87,50%
1980	320,00 Гр.	360,00 Гр.	88,89%
1985	320,00 Гр.	420,00 Гр.	76,19%
1990	400,00 Гр.	318,00 Гр.	125,79%
1995	184,00 Гр.	127,00 Гр.	144,88%
2000	455,00 Гр.	594,00 Гр.	76,60%



Побудувавши лінію тренда з достатньо високою величиною достовірності апроксимації $R^2=0,93$ отримаємо прогноз на незначне підняття соціального статусу викладачів в регіоні (аж до 76,6% від соціального статусу робітника).

СИСТЕМА КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛОСКОВЫХ СТРУКТУР МНОГОСЛОЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ СВЧ

Л.М. Карпуков, С.Н. Романенко, А.С. Романенко
г. Запорожье, Запорожский государственный технический университет

Использование в интегральных схемах СВЧ многослойных подложек с созданием на их основе объемных интегральных конструкций, реализуемых на комбинациях полосковых линий различного типа, обеспечивает существенное повышение уровня интеграции микроэлектронных изделий при одновременном расширении их функциональных возможностей [1].

В квазистатическом приближении моделирование объемных многослойных и многополосковых конструкций сводится к решению краевых задач электростатики. Результаты квазистатического моделирования в виде волновых сопротивлений и эффективных диэлектрических проницаемостей полосковых линий передачи, а также в виде емкостей неоднородностей полоскового волноведущего тракта, являются основой для построения эквивалентных схем при схемотехническом проектировании разрабатываемых микроэлектронных устройств [2].

Структурная сложность объемных конструкций, широкая номенклатура применяемой элементной базы, необходимость учета несанкционированных связей определяют повышенные требования к эффективности используемых процедур квазистатического моделирования. В рассматриваемой системе краевая задача по исследованию многослойной полосковой структуры представляется интегральным уравнением с ядром в виде функции Грина. Интегральное уравнение решается методом моментов при аппроксимации распределения зарядов на полосках ступенчатой функцией. Индивидуальные особенности формулируемой краевой задачи заключены в функции Грина. Для ее составления в системе используется алгоритм декомпозиционного моделирования многослойных подложек [3, 4], отличающийся универсальностью, быстроедействием и простотой реализации.

Элементная база моделирования функций Грина. Попе-

речное сечение моделируемой многослойной структуры представляется совокупностью плоскопараллельных пластин диэлектрика с различной толщиной h_i и относительной диэлектрической проницаемостью ϵ_i . На границах слоев располагаются плоские металлические проводники. Структура может быть открытой, а также частично или полностью экранированной. Для учета анизотропных свойств диэлектрических пластин используется тензор

$$\|\epsilon_i\| = \begin{vmatrix} \epsilon_{xx_i} & \epsilon_{xy_i} & 0 \\ \epsilon_{xy_i} & \epsilon_{yy_i} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{zz_i} \end{vmatrix}. \quad (1)$$

Здесь и далее x, y – оси поперечного сечения структуры, причем ось y перпендикулярна поверхности пластин, z – продольная ось.

В спектральной области Фурье изображение $G_i(k_x, y)$ функции Грина при расположении единичного линейного заряда в i -й пластине в точке с координатами x_0, y_0 удовлетворяет уравнению:

$$\epsilon_{yy_i} \frac{\partial^2 G_i}{\partial y^2} - 2jk_x \epsilon_{xy_i} \frac{\partial G_i}{\partial y} - k_x^2 \epsilon_{xx_i} G_i = -\frac{e^{jk_x x_0}}{\epsilon_0} \delta(y - y_0) \quad (2)$$

с граничными условиями на поверхности i -й и k -й пластин

$$\left. \begin{aligned} \left(\epsilon_{yy_i} \frac{\partial G_i}{\partial y} - jk_x \epsilon_{xy_i} G_i \right) &= \left(\epsilon_{yy_k} \frac{\partial G_k}{\partial y} - jk_x \epsilon_{xy_k} G_k \right) \\ G_i &= G_k. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Здесь k_x – переменная преобразования Фурье, j – мнимая единица.

Многослойная структура представляется декомпозиционной моделью, составленной из базовых элементов. Математические модели базовых элементов определяются по (1) – (3) и записываются относительно падающих u_i^+ и отраженных u_i^- волн в граничных сечениях элементов. Набор элементов, образующий элементную базу для моделирования многослойных подложек, и их описание имеет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} u_1^- &= u_2^+ e^{-k_x (\varepsilon_{ek_i} + j\varepsilon_{xy_i}) h_{ek_i}} \\ u_2^- &= u_1^+ e^{-k_x (\varepsilon_{ek_i} - j\varepsilon_{xy_i}) h_{ek_i}} \end{aligned} \right\} \text{— для слоя диэлектрика;}$$

$$\left. \begin{aligned} u_1^- &= \Gamma u_1^+ + (1-\Gamma) u_2^+ \\ u_2^- &= (1+\Gamma) u_1^+ - \Gamma u_2^+ \end{aligned} \right\} \text{— для границы раздела диэлектриков;}$$

$$\left. \begin{aligned} u_1^- &= u_2^+ + e_i \\ u_2^- &= u_1^+ + e_i \end{aligned} \right\} \text{— для сечения, где расположен источник поля;}$$

$$\left. \begin{aligned} u_1^- &= u_2^+ \\ u_2^- &= u_1^+ \\ u_p &= u_1^+ + u_2^+ \end{aligned} \right\} \text{— для сечения, где расположена точка р наблюдения.}$$

Здесь $h_{ek_i} = h/\varepsilon_{yy_i}$ — эквивалентная ширина слоя диэлектрика, толщиной h , $\varepsilon_{ek_i} = \sqrt{\varepsilon_{xx_i} \varepsilon_{yy_i} - \varepsilon_{xy_i}^2}$ — эквивалентная диэлектрическая проницаемость i -й пластины диэлектрика,

$\Gamma = (\varepsilon_{ek_i} - \varepsilon_{ek_k}) / (\varepsilon_{ek_i} + \varepsilon_{ek_k})$ — коэффициент отражения от границы раздела i -го и k -го диэлектриков, $e_i = \exp(jk_x x_0) / (2\varepsilon_0 \varepsilon_{ek_i})$ — Фурье-изображение потенциала линейного единичного заряда в точке его расположения.

Алгоритмы анализа декомпозиционных моделей многослойных подложек. Представление многослойных подложек декомпозиционными схемами в виде соединений многополюсников с известными матрицами рассеяния позволяет использовать для вычисления функций Грина алгоритмы схемотехнических процедур анализа цепей СВЧ. В системе результаты вычислений функции Грина формируются в символьном или численном виде. При символьном анализе определяются коэффициенты экспоненциальных полиномов передаточной функции

$$G(k_x) = \frac{A_{pq}(k_x)}{B(k_x)} e_q(k_x) = \frac{\sum_{i=1}^{n_a} a_i e^{-k_x h_{a_i}}}{1 + \sum_{i=1}^{n_b} b_i e^{-k_x h_{b_i}}} e_q(k_x) \quad (4)$$

декомпозиционной схемы.

По (4) составляется рекуррентная формула вычисления оригинала функции Грина [3]

$$G(y+mh) = \sum_{i=1}^{n_a} a_i e_q(y+n_{a_i}h+mh) - \sum_{i=1}^{n_b} b_i G(y+n_{b_i}h+mh), m \rightarrow 0, \quad (5)$$

где h – шаг расчета, кратный толщинам слоёв,

$$e_q(y+nh) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_{ek} \ln \left[(x-x_{ek0})^2 + (y-y_0+nh)^2 \right]}.$$

Для непосредственного численного расчета значений оригинала функции Грина одновременно во всех граничных сечениях декомпозиционной схемы используется рекуррентное соотношение [4]:

$$U(0) = U^-(0) + I \cdot U^-(0+n_h),$$

$$U^-(m) = S \cdot I \cdot U^-(m+n_h) + (E+S) \cdot U_e(m), m \rightarrow \infty.$$

Здесь U^- – векторы, составленные из отраженных волн в граничных сечениях декомпозиционной схемы; S – блочно-диагональная матрица, составленная из матриц рассеяния разделов диэлектрических слоёв; I – матрица перестановок, состоящая из нулей и единиц и характеризующая связи между амплитудами падающих и отраженных волн в общих граничных сечениях; E – единичная матрица; U_e – вектор, составляемый из потенциалов линейных единичных зарядов; символом n_h отмечено смещение аргументов, определяемое толщинами слоев.

Организация системы моделирования. Система имеет дружелюбный Windows-ориентированный интерфейс, развитую справочную базу данных, проста в освоении и обеспечивает пользователя необходимыми данными расчета и средствами графического исследования результатов. На рис. 1 показана рабочая панель системы с результатами квазистатического анализа Т-образной неоднородности в многослойной полосковой структуре.

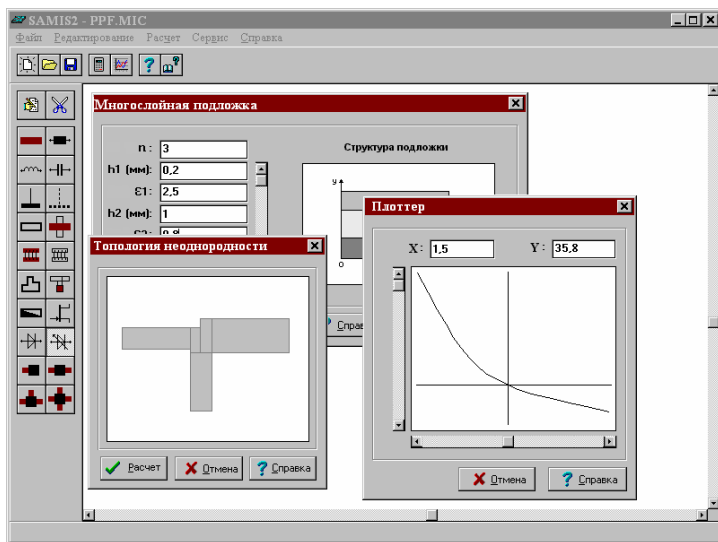


Рис. 1. Рабочая панель системы

Рассматриваемая система квазистатического моделирования является составной частью единой системы автоматизированного моделирования интегральных схем СВЧ, которая может использоваться разработчиками микроэлектронных устройств в качестве профессиональной среды проектирования, а также может служить средством обучения для студентов соответствующих специальностей.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Гвоздев В.И., Нефедов Е.И. Объемные интегральные схемы СВЧ. – М.: Наука, 1985. – 256 с.
2. Проектирование интегральных устройств СВЧ: Справочник / Ю.Г. Ефремов, В.В. Конин, Б.Д. Солганик и др. – К.: Техника, 1990. – 159 с.
3. Карпуков Л.М. Построение и анализ декомпозиционных моделей микрополосковых структур // Радиоэлектроника. – 1984. – Т. 27. – №9. – С. 32-36. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Карпуков Л.М. Алгоритм квазистатического моделирования полосковых структур в многослойной анизотропной среде // Радиоэлектроника. Информатика. Управління, 2000, №1. – С. 18-23.

FORMATION OF Si PRECIPITATES IN NEUTRON IRRADIATED Al

A.E. Kiv¹, V.N. Solovyov², S.A. Tomilin³

¹ Ben-Gurion University, Depart. of Mat. Eng., P.O.B. 65, 3 Beer-Sheva, 84105, Israel

² Institute of Economics and Information Technology, 16a Kiyashko st., Zaporozhye, 69015, Ukraine

³ State Pedagogical University, 54 Gagarin avenue, Krivoy Rog, 50086, Ukraine

I. Introduction

One of essential results of reactor irradiation of pure Aluminum and Aluminum alloys to high neutron doses is Silicon precipitates formation [1–3]. Silicon is produced by means of reactions $^{27}\text{Al}(n, \gamma) \rightarrow ^{28}\text{Al} \rightarrow ^{28}\text{Si} + \beta$. The cross section for Silicon formation is so large, that the amount of transmutation Silicon by far exceeds its solubility in Aluminum. Thus, it is clear that Silicon must precipitate and may be observed as visible particles. In vicinity of grain boundaries and other imperfections of crystal lattice Silicon dissolves better and these regions become supersaturated with Silicon, which precipitates into the large flakes [4].

In the processes of formation of Silicon precipitates there are, however, features, which need a special discussion and explanation.

First, Silicon starts precipitate only after a certain incubation period, which corresponds to thermal neutron dose about $2 \cdot 10^{21}$ n/sm² [3]. It is easily to see that not all Si atoms participate in creation of precipitates. If to take into consideration the average precipitate size and the lowest density of precipitates that allows to fix them by electron microscopy it is possible to estimate the threshold dose of thermal neutrons when precipitates may be discovered. Such estimation gives for threshold neutron dose $\sim 10^{18}$ n/sm².

Another problem is to explain a small size dispersion of precipitates. The most part of precipitates is characterized by sizes in the narrow interval 40-50 nm [3]. In the case of diffusion-controlling formation of colloidal particles there is a typical Gauss distribution, which is observed, for example, for voids formation [5].

At last, the formation of diamond-like Silicon cluster in Alumi-

num matrix [4] is also a problem, which is necessary to clarify. Silicon cluster has hard covalent bonds with tetrahedral space orientation. Formation of such diamond like structure inside of Aluminum lattice demands an additional energy source.

In some cases Silicon precipitates are the only type of defect accumulations, which are created by reactor irradiation in Aluminum [3]. So it is very important to know the mechanism of formation of Silicon precipitates for prediction of changes of mechanical parameters [6].

Transmutation reactions are the unique way to get a large concentration of Silicon atoms in Aluminum lattice, and just in substitutional positions. Appearing Silicon atoms in Aluminum lattice instead of Aluminum atoms leads to arising of mechanical stresses [7, 8]. This factor is the keystone of the model, which allows to explain the main peculiarities of Si precipitate creation in Aluminum irradiated by thermal neutrons.

First, we shall describe the qualitative peculiarities of the model. Then we shall perform some quantitative estimates. At last the model will be discussed and compared with experimental data.

II. Description of the model

As a result of nuclear reactions Silicon atom appears in the substitutional position of Aluminum lattice. It is known that in analogous situations (for example, C in Fe [7], C in Copper [8]) an impurity atom gives rise to mechanical stresses which widen the atom lattice. In [9] it is shown that these mechanical stresses create an additional equilibrium concentration of point defects (PD):

$$\xi = \xi_0(T) \exp \frac{\mu S_{iklm} \Omega_{ik} \tau_{lm}}{kT}, \quad (1)$$

where $\xi_0(T)$ is an equilibrium concentration of PD in the crystal without stresses, μ is the shear modulus, S_{iklm} is the elastic constant tensor, Ω_{ik} is the volume change, τ_{lm} is the stress tensor.

It is shown in [9] that the power of exponent is of the order $\sim \Omega \sigma / kT$. On the other hand it was estimated that $\sigma \sim 10^5 \mu / r$. So for the power of exponent (1) one can get 5-10 at the distance $r \cong 20-40$ nm from the dilatation center.

Let us surround Silicon substitutional atom with a sphere of radius r_0 , and volume V_0 for which $\xi / \xi_0(T)$. Here ξ_0 is the initial concentration of PD and ξ is the average concentration of PD inside the V_0 ,

volume on the time interval which corresponds to the time of the experiment conducting. An equilibrium concentration of PD in the volume V_0 is putting during a certain time. The final PD distribution is determined by the ratio of diffusion coefficients for interstitials and vacancies (D_I/D_V). Because of $(D_I/D_V) = 10^2 - 10^3$ (see, for example, [10]) interstitial Al atoms go away from the V_0 volume, and a concentration of vacancies in this volume becomes larger than in the crystal on the whole.

Thus the local solubility for Silicon in the V_0 volume becomes larger than in the whole crystal, and each V_0 volume turns into potential pit for Silicon atom. Silicon atom creates a potential pit for itself by analogy with creation of polaron pit by electrons and holes in ionic crystals [11].

The further development of situation depends on thermal and fast neutron fluxes and their ratio. If the probability of repeated hitting the volume V_0 for thermal neutrons is by far larger than for fast neutrons then a Silicon cluster in the V_0 volume may form. In this case the first Silicon atom in the given V_0 volume is in fact the nucleus for Silicon cluster formation. Because of large local concentration of vacancies Si cluster is easily forms when new Silicon atoms arise in this volume. The density of Aluminum atoms in the V_0 volume lowers, and the formation of Silicon cluster occurs by the way of occupation of free space in V_0 volume. In some cases Aluminum atoms may be disposed in nodes of Silicon cluster. However, if a fast neutron hits the volume V_0 Silicon atom may be knocked out and migrates in the crystal according to the mechanism of radiation-stimulated diffusion [12]. Such processes lead to Silicon precipitates formation by the way of diffusion controlling reactions. In this case Silicon precipitates are formed in vicinity of grain boundaries and other imperfections, which are natural sinks for diffusion atoms.

III. Quantitative estimate of the model

Let us consider processes when Silicon precipitates grow as a result of thermal neutrons pitting Aluminum atoms in the V_0 volumes. So far as Aluminum atoms go away from these volumes the probability for thermal neutrons to pit Aluminum atoms, which create precipitates, decreases. Thus there are two competing processes, which determine the rate of Silicon clusters growth. One of them is an accumulation of V_0 volumes. Another one is the diffusion-controlling go-

ing away of Aluminum atoms from V_0 volumes.

The total number of Aluminum atoms in V_0 volumes at the moment t if do not take into consideration the diffusion processes may be written as

$$n_1 = I\sigma_n N_0 n_0 t, \quad (3)$$

where I is the intensity of thermal neutron flow, σ_n is the cross section of Al \rightarrow Si reaction, n_0 is the initial amount of Aluminum atoms in one V_0 volume, N_0 is the atom density of Aluminum crystal.

The probability of Silicon precipitates formation (ω) is proportional to the total number (n) of Aluminum atoms in V_0 volumes at the moment t :

$$n = n_1 - n_2, \quad (4)$$

n_1 , is given by (3), n_2 is the total number of Aluminum in V_0 volumes which went away from V_0 volumes to the moment t as result of diffusion.

The equation for diffusion from a ball is

$$\frac{\partial C_I}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C_I}{\partial t^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_I}{\partial r} \right). \quad (5)$$

The initial and boundary conditions arc following:

$$\begin{aligned} t = 0 \quad C_I(r, 0) &= n'_0 \\ t > 0 \quad C_I(r_0, 0) &= 0 \end{aligned} \quad (5')$$

n'_0 is the initial amount of interstitial Aluminum atoms in the V_0 volume. The general solution of (5) is [13]:

$$C_I(r, t) = \frac{2n'_0 r_0}{\pi r} \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{m+1} \sin \frac{m\pi r}{r_0} * \exp \left[-\frac{m^2 \pi^2 Dt}{r_0^2} \right]. \quad (6)$$

Then

$$j = -D \frac{dC_x}{dr} (r_0) = D \frac{2n_0}{r_0} \sum (-1)^{m+1} \exp \left[-\frac{m^2 \pi^2 Dt}{r_0^2} \right]. \quad (7)$$

For the case when $Dt \gg r_0^2$ it is possible to take only one term in (7) and to neglect terms above the first order. According to this suggestion:

$$j = D \frac{2n_0'}{r_0} \exp \left[-\frac{\pi^2 Dt}{r_0^2} \right] \quad (8)$$

For n_2 , at the moment t_1 , it may be written:

$$n_2 = \alpha_0 \int_0^{t_1} t dt \int_t^{t_1} j(t' - t) dt', \quad (9)$$

where j is given by (8). Then we obtain

$$n_2 = \frac{\alpha_0 \beta_0}{\gamma} \left(\frac{t_1^2}{2} - \frac{1}{\gamma^2} e^{-\gamma t_1} - \frac{t_1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma^2} \right), \quad (10)$$

where

$$\alpha_0 = I \sigma_n N_0; \beta_0 = 2D \frac{n'_0}{r_0}; \gamma = \frac{\pi^2 D}{r_0^2}. \quad (11)$$

If to put down the subscripts we may write down the final expression for the value (4):

$$n = \left(\alpha + \frac{1}{\gamma^2} \right) t - \frac{\alpha_0 \beta_0}{\gamma} \left(\frac{t^2}{2} - \frac{1}{\gamma^2} e^{-\gamma t} - \frac{t}{\gamma} + \frac{1}{\gamma^2} \right). \quad (12)$$

For real intervals of time ($i \approx 10^8$ s) which are typical for nuclear reactor experiments it is possible to simplify the expression (12) because of $t \gg e^{-\gamma t}/\gamma^2$, $1/\gamma^2$ and besides $\alpha = 1/\gamma^2$.

Thus we have

$$n = \alpha_0 \left(n_0 t - \frac{\beta_0}{2\gamma} t^2 \right). \quad (13)$$

The extreme point of (13)

$$t_0 = \frac{\pi^2}{2r_0} \frac{n_0}{n'_0} \quad (14)$$

shows that the time which is necessary for getting the maximum value of $n \sim \omega$ depend on the ratio n'_0/n_0 and therefore on the value of mechanical stresses around the Silicon atom. We have that $t_0 \sim 10^8 - 10^9$ s.

The maximum value of ω is proportional to expression

$$n_{\max} \sim \frac{\pi^2}{4} \frac{\alpha_0 n_0^2}{r_0 n'_0} \quad (15)$$

and depends on the intensity I of thermal neutrons flow (see (11)).

In the Fig. 1 the kinetics of the number of Aluminum atoms in the V_0 volumes is shown., The kinetic curves illustrate the behaviour of n for different values of parameters. We see that $t_0 < t'_0$ if $n'_0(I)$

$>n'_0(2)$

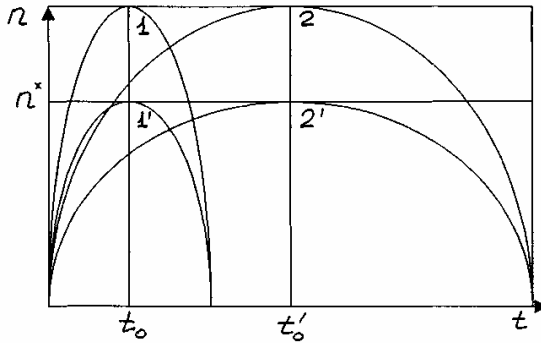


Fig. 1 The kinetics of full number of Aluminum Atoms in the V_0 volumes. $n_0(1) > n_0(2)$. Curves 1 and 1', and also 2 and 2' correspond $I' < I$.

According to (15) $n_{max} \sim I$. The density of atoms in Aluminum is larger than in Silicon. It is necessary 5-6 vacancies in Aluminum lattice for one Silicon tetrahedron formation. So the optimum situation for Si precipitates formation corresponds to the case when approximately 0,25 Aluminum atoms go away from V_0 volume and 0,75 of them transmute to Silicon.

On the basis of these considerations the following correlation may be written: $n_2 / n \cong 0,3$ (16). By substituting of (10) and (13) to (16) we get an expression for estimate the corresponding time interval:

$$t' = \frac{\gamma}{5\beta_0} \left(\frac{7\beta_0}{\gamma^2} + 3n_0 \right) \quad (17)$$

If to take suitable values of parameters ($\gamma \cong 10 - 20$, $\beta \cong 10^{-3}$, $n_0 \cong 10^5$) one can get $t' \sim 0,5 \cdot 10^9 - 10^9$, $s \cong 15-30$ years.

IV. Discussion

As it was mentioned in the Introduction experimental data allow to estimate the threshold neutron dose Φ_{thr} . If the average size of precipitates is $r_0 \sim 20 - 40$ nm [1-4] and the average distance between the nearest precipitates which allows to fix them in experiment is $\sim 2-10$ nm [3] then the minimum number of silicon atoms in precipitates is $\sim 10^{16}$ sm^{-3} . For $\sigma_n \approx 10^{-25}$ sm^2 we obtain $\Phi_{thr} \approx 2 \cdot 10^{18}$ nsm^{-2} . The

real value $\Phi_{thr} \approx 10^{21} - 10^{22} \text{ nsm}^{-2}$ [1-3]. It means that in a large part of V_0 volumes precipitates are not created.

A comparison of values t_0 and t' shows that they are close. So the maximum value of $n \sim \omega$ corresponds to the time when the necessary part of Aluminum atoms which corresponds to correlation (16) go away from the V_0 volumes.

According to the model an effective formation of Silicon precipitates in the regular sites of Aluminum lattice begins when the above mentioned part of Aluminum atoms go away from the V_0 volumes (see correlation (16)). Thus the time t' determines the threshold neutron dose Φ_{thr} which is observed in experiments. As it was mentioned $t' \approx t_0$ and it means that at $t' > t_0$ the probability ω of precipitates formation decreases. Formula (14) shows that if n'_0 is larger (accordingly the mechanical stresses are larger) t_0 , is smaller. It is known that in more pure Aluminum the atom density (and accordingly the mechanical stresses) are smaller. This case corresponds (see (14)) to the more large values t' , t_0 and Φ_{thr} .

It is interesting to note that t' , t_0 and Φ_{thr} , which determines Φ_{thr} , does not depend on the intensity I of thermal neutrons flow. Expression (15) shows that the maximum quantity of Aluminum displaced in all V_0 volumes is proportional to I in the given interval of I . So in our approach the maximum probability of Si precipitates formation is also proportional to I . For large values of flow intensities of both thermal and fast neutrons the processes of destruction of Silicon precipitates in V_0 volumes begin. New Silicon precipitates arise from previous precipitates and their sizes become smaller.

It may be suggested that for given $t = t_0$ a maximum intensity of thermal neutrons flow (I_{max}) exists so that for $I > I_{max}$ the overlap of V_0 volumes takes place. We did not consider this case.

From the above results it is clear that for $I < I_{max}$ the sizes of precipitates demand on mechanical characteristics of samples. The dispersion of precipitate sizes is small because they are determined by mechanical stresses around the dilatation center which are in their turn determined by n_0 in (15) and because $t_0 = t$. For more pure Aluminum the average size of precipitates is smaller.

At last it may be noted that in conditions of experiments described in [3] when formation of voids is not observed it is naturally the decreasing of dislocation density. In spite of these experiments are

conducted at low power reactor the concentration of vacancies created by fast neutrons may be enough to cause the dislocation creeping and their disappearance because the vacancies do not form voids.

References:

1. K. Farrell. Response of Aluminum and its Alloys to Exposure in the High Flux Isotope Reactor. Dimensional Stability and Mechanical Behaviour of Irradiated Metals and Alloys, (1983) British Nucl. Energy Soc. London.
- A. Munitz. Neutron Irradiation Effects on Commercial Purity Type A5 Aluminum. Journ. Nucl. Materials, (1989) 165, pp. 305-312.
- A. Munitz, A. Shtechman, C. Cotler, M. Talianker, S. Dahan. Mechanical Properties and Microstructure of Neutron Irradiated Cold Worked All-6063 Alloy. Journ. Nucl. Materials, (1998) 252, pp.79-88.
2. K. Farrell, J.O. Stieglcr, R.E. Gehlbash. Transmutation-Produces Silicon Precipitates in Irradiated Aluminum. Metallography (1970) 3, pp. 275-384.
3. N.M. Packan. Fluence and Flux Dependence of Void Formation in Pure Aluminum. Journal Nucl. Materials (1971) 40, pp. 1-16
4. A.J. Ardell. Precipitation Hardening Metallurgical Trans. (1985) 16A, pp. 2132-2165.
5. B.Ya. Lubov. Diffusion Kinetics of Macroscopic Defects. In "Materials of Intern. School on the Theory of Defects in Crystals" (1966), Tbilisi, pp. 209-235 (in Russian).
6. D.E. Ellis, S. Dorfman, D. Fuks, R. Evenhaim, K.C. Mundim. Embedded cluster and Supercell Study of the Structure of the Interstitial Cu-C Solid Solutions. Journal Quantum Chem.(1998) 70, p. 1085
7. A.M. Kosevich. Elastic and Diffusion Interaction of Dislocations and Point Defects. Advances of Physical Sciences (1964) 84,p. 579 (in Russian)
8. R.A. Johnson, E. Brown. Energies of Interstitial Atoms Formation and Migration in Metals. Phys. Rev. 127 (1962), p.446.
9. S.I. Pekar. Investigations on the Electronic Theory of Crystals (1951) Moscow (in Russian)
10. V.L. Indenbom, A.E. Kiv. Radiation-Stimulated Diffusion in "Radiation physics of Semiconductors and Related Materials" (1984) Tbilisi, pp. 111-120
11. R.M. Barrer. Diffusion in and through Solids (1941) Cambridge

О ПОДХОДЕ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОПРОГРАММНЫХ АВТОМАТОВ

Ю.А. Ковалев, К.В. Защелкин

г. Одесса, Одесский государственный политехнический университет

Построение систем автоматизированного проектирования микропрограммных автоматов наталкивается на ряд проблем. Первая из них заключается в том, что при проектировании автоматов возникают сложности, обусловленные громоздкостью и негибкостью способов записи алгоритмов их функционирования – существующие способы записи (граф-схемы алгоритмов, таблицы переходов, графы и т.п.) являются абстрактными математическими моделями, не адаптированными для работы с ними ЭВМ. В связи с этим требуется введение промежуточного способа описания алгоритма, позволяющего перейти с абстрактного на конкретный уровень описания. Таким промежуточным способом задания может служить специальный проблемно-ориентированный язык описания алгоритма работы автомата. Для преодоления такого рода трудностей в разрабатываемой на кафедре «Компьютерные интеллектуальные системы и сети» Одесского государственного политехнического университета системе автоматизированного проектирования микропрограммных управляющих автоматов был применен входной язык описания граф-схем алгоритмов (ГСА) – М-язык.

Вторая проблема заключается в том, что в синтаксисе самого входного языка не всегда возможно предусмотреть наличие некоторых семантических некорректностей (рис. 1).

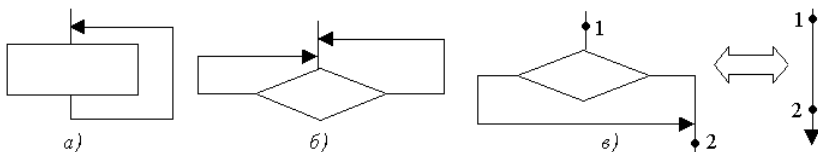


Рис. 1. Семантически некорректные структуры ГСА

Обнаружение такого рода ошибок приводит к остановке процесса проектирования, при этом транслятор имеет возмож-

ность локализовать место ошибки и сообщить о ней пользователю. В общем случае обнаружение таких ошибок можно произвести, используя известные классические определения корректности ГСА [1]. На программном уровне проверка условий корректности осуществляется с помощью полного формального перебора вершин ГСА и отслеживания связей между ними. Однако перебор практически не возможен на этапе трансляции, поэтому обнаружение ошибок в структуре происходит при наличии уже оттранслированного кода. Таким образом, ошибка в структуре ведет к возвращению на этап трансляции уже откорректированного кода.

В силу того, что невозможно заранее знать размерность задач и количество исполнителей, участвующих ее решении, необходимо предусмотреть механизм языка достаточно гибкий для реализации различных по размерности задач. Для решения данной проблемы в язык было введено понятие модульности, исходя из которого язык основывается на механизме раздельного создания частей синтезируемого автомата. На уровне языка модули – это автономно создаваемые разработчиком программные единицы, подлежащие сборке перед выполнением трансляции, на уровне же ГСА модульность обеспечивается разбиением ее на одну или более частей, определенным образом соединенных между собой. Каждая из этих частей описывается отдельной программной единицей, способы сборки данных программных единиц описываются в некоторой специальной программе – проекте, которая при процессе трансляции задает последовательность трансляции каждого модуля, а так же содержит в себе прочую информацию обрабатываемую транслятором.

В общем случае возможны два способа разбиения на модули. Первый способ (рис. 2а) – каждый модуль представляет собой в структурном плане «черный ящик», содержащий конечное множество входов и выходов, каждый вход и выход определенным образом соединяется с входами и выходами других модулей или/и с начальной и конечной вершинами ГСА. При таком способе разбиения каждому исполнителю, занимающемуся конкретным модулем, достаточно знать только его внутреннюю структуру, т.е. исполнитель не информирован как о структуре других модулей, так и о структуре проекта в целом. Исполните-

лю, занимающемуся проектом в целом достаточно знать только структуру проекта на уровне модулей. При таком подходе данный исполнитель оперирует модулями как «черными ящиками» и не информирован о структуре каждого из них в отдельности. Таким образом, вопрос информированности при данном способе разбиения решен в сторону локальной информированности исполнителей – каждый исполнитель знает только о структуре своей локальной части данной задачи. Однако довольно часто возникает ситуация, когда представить модули как «черные ящики» не представляется возможным – второй способ разбиения на модули. Такая ситуация возникает, например, когда некая внутренняя часть структуры одного модуля соединяется с внутренней частью структуры другого модуля (рис. 2б). Это происходит в частности при использовании внестраничного указателя в ходе проектирования нелинейной ГСА. Очевидно, что в этом случае использовать локальную информированность исполнителя невозможно, так как исполнителю необходимо знать, по крайней мере, с какой структурной частью другого модуля соединяется обрабатываемый им модуль. Вопрос информированности здесь решается в сторону концепции расширенной информированности исполнителя. Исходя из этого в язык вводятся специальные средства внедрения из данного модуля во внешний модуль и возможность соединения модулей посредством этого.

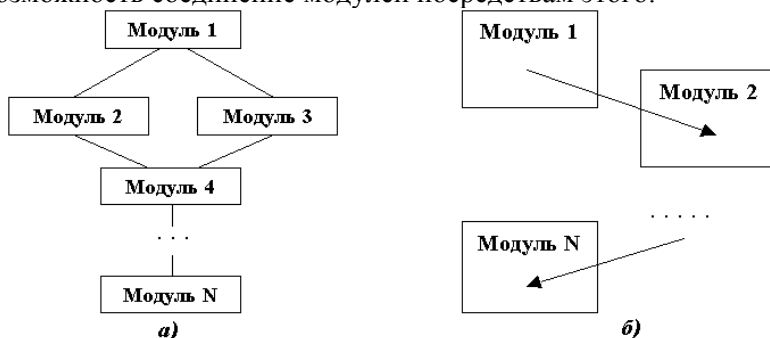


Рис. 2. Виды модульной структуры

Переход от абстрактных моделей к структурным при проектировании предполагает перевод абстрактных алфавитов автоматов в структурные алфавиты. Перевод заключается в сопоставлении элементам входного, выходного и внутреннего алфавитов

значений соответствующих структурных алфавитов, т.е. кодировании абстрактных алфавитов. Основным требованием, предъявляемым к кодированию состояний, является получение структурного автомата, для аппаратной реализации которого необходим минимальный объем аппаратуры. Задача получения кодов состояний, удовлетворяющих этому требованию, не может быть решена перебором всех возможных решений вследствие комбинаторного роста числа вариантов решений с линейным ростом размерности задачи [2].

Нами проведены исследования, позволяющие предложить модификацию эвристического алгоритма кодирования состояний, направленную на повышение эффективности данного алгоритма. Предлагаемая модификация алгоритма реализует эвристический алгоритм с частичным перебором вариантов кодирования [3]. Пусть имеется автомат A с внутренними состояниями a_1, a_2, \dots, a_N . Кодирование состоит в определении взаимно однозначного соответствия $f(a_i)=X_i$, где $1 \leq i \leq N$, $X_i = (x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_n})$ – двоичные координаты, соответствующие состояниям внутренних элементов памяти, $n = \lceil \log_2 N \rceil$. Для кодирования достаточно задать неориентированный граф переходов между состояниями $\Gamma(A)$, в котором вершины отождествлены с состояниями, а ребра с переходами. Пусть $q(i, j)$ – число всевозможных переходов из состояния a_i в состояние a_j . Припишем каждому ребру графа вес $p(i, j) = q(i, j) + q(j, i)$. Тогда весовую (целевую) функцию можно

записать как:
$$W = \sum_{k=1}^p |Xa_i, Xa_j|_k = \sum_{(i,j) \in \Gamma(A)} p(i, j) d_{ij},$$
 где $d_{ij} = |X_i - X_j|$

по метрике Хемминга. Пусть M – множество еще не использованных для кодирования двоичных векторов. Для каждого вектора $X_i \in M$ вычислим
$$\varphi(X_i) = \sum_{l=1}^l p(i, l) d_{il}.$$

Эвристический алгоритм предполагает для кодирования состояния a_j выбирать вектор $X_j \in M$, удовлетворяющий условию $\varphi(X_j) = \min_{X_i \in M} \varphi(X_i)$. Однако, как показала практика, довольно часто $\varphi(X_i)$ принимает минимальное значение на нескольких двоичных векторах. Для такого случая эвристический алгоритм не предусматривает никакого критерия выбора кодирующего вектора. Возникновение по-

добных ситуаций понижает эффективность алгоритма из-за того, что выбор различных кодирующих векторов может сильно влиять на значение весовой функции W . Пусть $\tilde{X} \subset M$ множество двоичных векторов, на которых функция φ принимает минимальное значение. Будем считать, что на множестве \tilde{X} введено отношение порядка, если для любых двух векторов \tilde{x}_i и \tilde{x}_j , $\tilde{x}_i, \tilde{x}_j \in \tilde{X}$, удовлетворяющих условию $\tilde{x}_i \leq \tilde{x}_j$, вектор \tilde{x}_i появляется как альтернатива на более раннем шаге алгоритма, чем \tilde{x}_j , т.е. вектор \tilde{x}_i предшествует вектору \tilde{x}_j . Введем понятие дерева кодирования $\Psi = (\tilde{X}, \Lambda)$, где $\tilde{X} \subset M$ множество вершин дерева соответствующих значениям двоичных векторов \tilde{X} , $\Lambda: \tilde{X} \rightarrow \tilde{X}$ – отображение множества вершин в себя. Пусть $\tilde{X}^* \subseteq \tilde{X}$ множество вершин, предшествующих всем остальным вершинам. Введем понятие леса кодирования $\Omega \supseteq \langle \Psi_1, \dots, \Psi_e \rangle$ – упорядоченного множества деревьев кодирования таких, что корнем каждого из них является вершина из множества \tilde{X}^* , где $e = |\tilde{X}^*|$. Суть модификации состоит в следующем: при получении на некотором шаге алгоритма нескольких двоичных векторов из множества \tilde{X} , производится полный рекурсивный перебор вершин леса Ω в прямом порядке на некоторую глубину $h=R+1$ относительно корня поддерева, соответствующего текущему шагу алгоритма, где R – так называемая глубина рекурсивного перебора. Таким образом имеется множество вершин $X' \subset \tilde{X}$ леса, вошедших в полный перебор и находящихся на глубине $h=R+1$. Для леса глубиной $h>R+1$, выполняется немодифицированный эвристический алгоритм, в результате чего имеем множество весовых функций $W' = \{W_1, W_2, \dots, W_d\}$, где $d = |X'|$. Из множества W' выбирается один из элементов, имеющий минимальное значение. Вершины дерева кодирования, лежащие на пути из корня в вершину, соответствующую выбранному элементу множества W' , и находящиеся на глубине $h \leq R+1$, будут определять требуемые значения кодирующих векторов.

Такая модификация эвристического алгоритма дает значи-

тельное повышение эффективности кодирования. В результате кодирования автоматов с количеством состояний N от 25 до 2025 при помощи данного алгоритма были получены кодовые наборы, имеющие более низкий коэффициент эффективности $K_{эф}$, чем при использовании классического алгоритма кодирования (рис. 3).

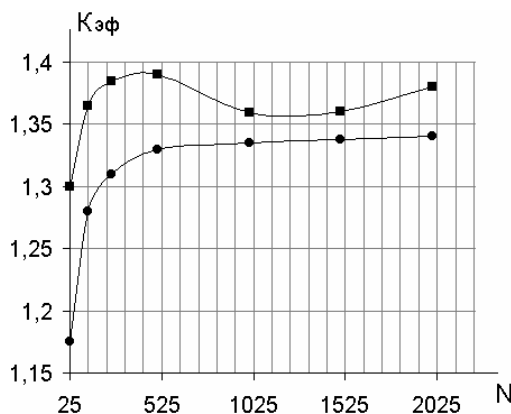


Рис. 3. Экспериментально полученная зависимость $K_{эф}$ от количества состояний для модифицированного (—●—) и обычного (—■—) алгоритмов

Предлагаемая модификация эвристического алгоритма кодирования состояний, а также частотно-матричный алгоритм были реализованы в уже упоминавшейся системе автоматизированного проектирования микропрограммных управляющих автоматов. Данная система позволяет вводить граф-схему алгоритма функционирования микропрограммного автомата на специальном М-языке, и автоматически осуществлять разметку ГСА для интерпретации ее автоматами Мили или Мура. Для перехода от абстрактного автомата к структурному в системе предусмотрено три основных алгоритма кодирования состояний: модифицированный эвристический алгоритм, частотно-матричный алгоритм и алгоритм кодирования для D-триггеров. По результатам синтеза система позволяет получать выходной код на языке VHDL [4] для дальнейшего моделирования и программирования ПЛИС (программируемой логической интегральной схемы), либо таблицу «прошивки» для реализации автомата на ПЛМ (программируемой логической матрице).

Дальнейшее развитие системы предполагается в направлении разработки дополнительных модулей: подсистема автоматизированного тестирования устройства (Automatic Test Bench), внедрение распараллеленной обработки данных, модуль визуального проектирования и более тесное интегрирование в современные системы САПР.

Система внедрена в учебный процесс в рамках дисциплины «Основы автоматизированного проектирования средств вычислительной техники».

1. Самофалов К.Г., Романкевич А.М., Валуйский В.Н. Прикладная теория цифровых автоматов. – К.: Вища школа, 1987.
2. McClaskey E.J., Unger S.H. A note on the number of internal variable assignments for sequential switching circuits. – IRE Trans. on Electronic Computers, 1959, vol. 8, №4. – P. 22-30
3. Николенко А.А., Ковалев Ю.А., Защелкин К.В. Особенности алгоритмов автоматизированного проектирования микропрограммных автоматов // Электромашиностроение и электрооборудование. – К.: Техника. – 2000. – Вып. 54. – С. 91–95
4. Бибило П.Н. Основы языка VHDL. – М.: Салон-Р. – 2000.

ІМІТАЦІЙНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОСВІТНІХ І НАУКОВИХ ЦІЛЕЙ

С.М. Коваленко, О.В. Король, В.А. Дяченко, О.Д. Стадник
м. Суми, Сумський державний педагогічний університет

Розвиток інформаційного суспільства потребує системного підходу до побудови та використання комп'ютерних моделей, як своєрідного засобу пізнання. В зв'язку з цим доцільно виділити історичні, філософські, психолого-педагогічні аспекти створення моделей різного типу, сформулювати основні вимоги до імітаційних моделей навчального призначення.

В широкому значенні під моделями можна розуміти як матеріальні, так і ідеальні об'єкти розумової діяльності людини. Джерела такої діяльності більш давні, ніж виникнення класового суспільства. Перші малюнки первісної людини (оріньякський час, 40–20 тис. років до н.е.) відносно примітивні, виконані лише одним лінійним контуром, без проробки деталей. Другий етап розвитку живопису (мадленський час, 20–12 тис. років до н.е.) дав прекрасні зразки первісного реалізму. Третій етап (кінець палеоліту, неолітична та бронзова епохи) дуже часто давав схематичні, спрощені малюнки.

З джерел, що дійшли до наших часів, слід відзначити вчення давньогрецького філософа Демокріта (460–370 р. до н.е.), в якому відображені певні модельні уявлення про атоми. Лукрецій Кар (99–55 р. до н.е.) в трактаті “Про природу речей” також описував частинки, з яких складаються тіла, з допомогою модельних уявлень. Поняття “модель” використовував римський інженер і архітектор Вітрувій в I ст. до н.е. Методом моделювання користувався Леонардо да Вінчі. В XVI ст. Гільбертом була побудована “магнітна” модель Землі в вигляді намагніченої кулі. В працях Г. Галілея і І. Ньютона були досліджені основи теорії подібності двох систем, розроблялись теорії моделювання рухів. Опирались в своїх дослідженнях на метод моделювання вчені Максвел, Томпсон, Резерфорд, Бор, Лоренц, Юкава та ін.

Процес побудови реальних комп'ютерних моделей умовно можна розділити на кілька етапів. Серед них одна з центральних ролей належить етапу мисленого, образного моделювання. По-

винні існувати деякі правила переносу знань з об'єкту на образну модель. Серед правил можуть бути такі:

- встановити подібності між оригіналом та моделлю;
- провести оцінку суттєвої виявленої подібності (для поставленої задачі);
- виявити і оцінити несхожі елементи моделі і оригіналу, проаналізувати значимість відмінностей;
- зафіксувати в суттєвих для розв'язку поставленої задачі, подібність моделі і оригіналу;
- встановити межі, в яких може вважатись достовірною інформація про знання, одержані з використанням моделі.

Можна виділити задачі, які можуть вирішуватись при використанні моделювання:

- вивчення моделей наукових понять, що вводяться;
- побудова і вивчення моделей понять, для яких ще не створено відповідних моделей, або ж відомі моделі мають обмеження;
- моделювання для підкреслення певних сторін об'єкта;
- моделювання навчального матеріалу для кращої класифікації, розуміння, запам'ятовування, відтворення.

Правильне, ефективне навчання вимагає відповідного комплексного використання різних засобів наочності при обов'язковій участі мови. Для певного класу об'єктів важко створити відповідні моделі, тому за допомогою мови можуть бути створені їх образи. Народження і створення будь-яких моделей починається з їх словесного опису. В зв'язку з цим важливо розвивати мову. Підкреслимо, що ефективними в навчанні можуть бути динамічні моделі. Психологічні дослідження показують, що інформація одержана від динамічних моделей зберігається в пам'яті міцніше, без спотворень, фіксуючись в різних відділах кори головного мозку. На практиці це можна реалізувати в багатомовному словнику з імітаційними моделями. Основні переваги такого комп'ютерного словника, порівняно з традиційними посібниками, наступні:

- наявність статичних та динамічних, інтерактивних демонстрацій;
- можливість внесення в словник власних доповнень, моделей;

- можливість одержання інформації про об'єкти кількома мовами;
- можливість моделювати явища, процеси, установки, які важко або неможливо вивчити в умовах аудиторії;
- можливість імітувати зміну часового масштабу явищ, процесів, розглядати дію моделі практично необмежену кількість разів, виділяти суттєві грані та абстрагуватись від другорядних;
- можливість поелементно, поблочно розглядати окремо складові моделі з наступним інтегральним сприйняттям (що сприяє виробленню навичок структурування об'єкта, тобто його опису в термінах “елемент”, “властивість”, “відношення”);
- можливість тиражування та вдосконалення моделей.

Метод моделювання застосовується як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях дослідження. На емпіричному рівні він може використовуватись для виконання описової та інших функцій. На теоретичному – для виконання інтерпретаторської, пояснювальної функцій, для передбачення і мисленого експерименту. Як приклад, можна розглянути моделювання властивостей складних багатокомпонентних систем та розрахунок їх фізичних параметрів за допомогою ЕОМ. Зокрема, для розробки композиційних матеріалів з'явилась необхідність розрахунку властивостей створюваних матеріалів на основі властивостей вихідних компонентів, їх концентрації, геометричної форми, розташування і розміру. Тому рядом авторів були виконані теоретичні розрахунки, направлені на встановлення кількісного взаємозв'язку між будовою і складом композицій, властивостями компонентів з одного боку, та властивостями композицій з іншого боку. Серед результатів таких розрахунків особливе місце займають формули узагальненої провідності, які охоплюють явища тепло-, електропровідності, дифузії, діелектричної та магнітної проникностей і т.д. Формули були одержані на основі модельних уявлень про структуру гетерогенних систем (неоднорідних багатокомпонентних матеріалів) та процеси переносу в таких системах. Серед формул найбільш поширеними є формули Ліхтенеккера, Максвела, Оделевського та ін.

Значно спрощують такі обчислення спеціально створені комп'ютерні програми, які дозволяють розрахувати параметри гетерогенних систем за формулами узагальненої провідності та

наочно демонструють, як змінюються властивості матеріалу при різних співвідношеннях компонентів, зміні структури.

Чуттєво-наочні моделі є ланцюгом, який може забезпечити своєрідний зв'язок теорії з дійсністю. Потреба в модельній інтерпретації виникає тоді, коли мова наукової теорії формалізована (математизована). Інтерпретаційна модель бідніша свого оригіналу. Але це не її недолік, а теоретично-пізнавальна цінність. Взагалі, кожна модель здатна виконувати інтерпретаційні функції. При цьому інтерпретаційна модель є моделлю дійсності, а не моделлю математичного апарату, який описує цю дійсність. Якщо відношення моделі і об'єкту ще не повністю встановлено, то така модель розглядається як гіпотетична, виконує функцію гіпотези. Якщо модель інтерпретує не тільки формальний апарат теорії, але і емпіричні дані, то при цьому проявляється її пояснювальна функція. Моделей одного і того ж об'єкта можна створити безліч. При цьому найважливіше знати – як створити. Попередній досвід вказує, що використання імітаційних та інших моделей в навчанні, зокрема в комп'ютерних багатомовних словниках, має велику перспективу.

ЛІТЕРАТУРА.

1. Україна ХХІ століття. Державна національна програма “Освіта”. – К.: ІСДО, 1994. – 40 с.
2. Истрин В.А. Развитие письма. – М.: АН, 1961. – 395 с.
3. Калапуша Л.Р. Моделювання у вивченні фізики. – К.: Радянська школа, 1982. – 158 с.
4. Стадник О.Д. і ін. Комп'ютерний словник з динамічними і статичними ілюстраціями // Актуальні проблеми фізики, інформатики. Збірник наукових праць. – Суми: СДПУ, 1999.

НОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В КУРСІ ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА

С.В. Кукліна, Н.В. Моїсеєнко

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Для вивчення будь-якого явища необхідно створити умови його існування, що не завжди можливо. Поява комп'ютерів дозволила проводити експерименти шляхом їх моделювання. З 80-х років комп'ютерне моделювання зайняло чільне місце в науці. Потужності великих обчислювальних машин та програмне забезпечення досягли такого рівня, що моделювання дозволило одержувати досить надійні результати при вирішенні проблем високої складності.

При вивченні курсу фізики твердого тіла дуже корисно для підвищення якості знань студентів надати їм можливість проводити експерименти хоча б за допомогою комп'ютера. Останнім часом з'явилося багато пакетів програм для вивчення властивостей твердого тіла. Кожний з них має свої сильні місця та недоліки, тому не можна відзначити якийсь один, як найкращий.

Розглянемо одну з недавно створених програм для моделювання молекул ArgusLab.

Цей програмний пакет вигідно відрізняється від більшості програм для фізичних та хімічних розрахунків вдало виконаним, зручним інтерфейсом користувача.

Після інсталяції в головному меню комп'ютера в групі "Програми" з'являється значок ArgusLab на який треба натиснути для запуску програми. Головне вікно програми на початку роботи не містить ніяких даних, лише меню та інструментальну панель. Надалі вікно поступово заповнюється інформацією (рис. 1).

Які б розрахунки не виконував користувач, його дії матимуть приблизно однакову схему:

- використати команду File→Open (або кнопку на панелі інструментів) для відкриття файла даних з розширенням .хуз;
- можна обертати та переносити молекулу використовуючи ліву кнопку миші;

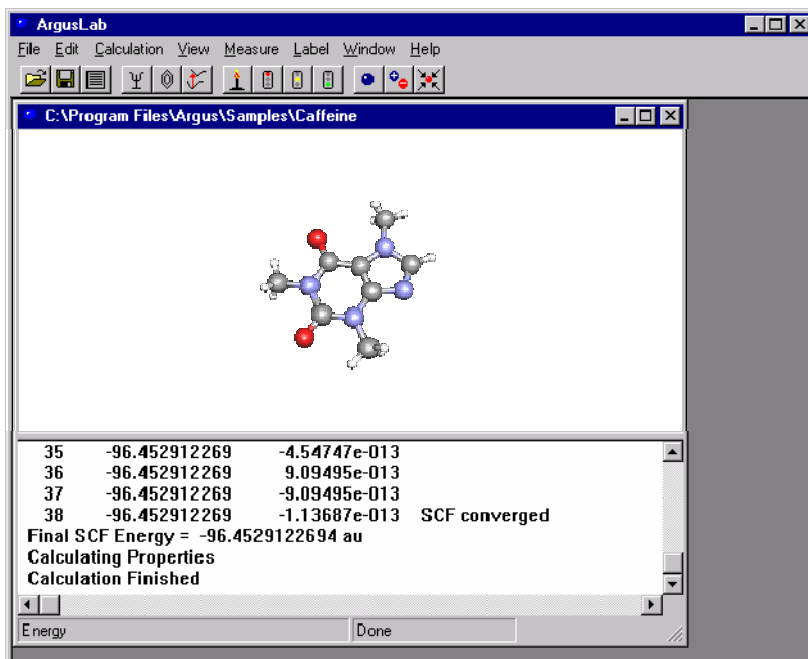


Рис. 1. Вид головного вікна ArgusLab

- вибрати команду Calculation→Optimize Geometry. Змінити в діалоговому вікні всі потрібні дані. Звичайно параметрів, що задані напочатку достатньо для успішного проведення обчислень, що добре сходяться;
- переглянути результати, вибравши команду Edit→Latest results. Це створює записну книжку та текстовий вихідний файл, що містить детальний протокол обчислення, включаючи фінальну геометрію. Необхідно закрити цей файл або змінити його ім'я, раніше ніж запустити інше обчислення для цієї молекули;
- геометрія в графічному вікні завжди відображує результати останнього обчислення. Завжди можна зберегти геометрію в файлах з другими іменами, але з тією ж структурою, що і в оригінальному файлі;
- можна відобразити монітори геометрії, щоб більш наочно вивчити результати обчислення: натиснути ліву кнопку миші на атомі, який потрібно виділити; утримуючи клавішу регіс-

тра виділити інші атоми, що створюватимуть монітор геометрії (2 атоми – відстань, 3 – кут, 4 – кручення); коли всі атоми виділені, вибрати пункт меню Measure та вибрати потрібний монітор; пізніше, коли буде потрібно видалити монітори, можна клацнути їх мишею та видалити за допомогою команди Measure→Remove Selected Monitors або Remove All Monitors.

- далі обчислюються електронні спектри поглинання; обираємо команду Calculation→Uv/Vis Spectrum, заповнюємо дані в діалоговому вікні;
- вибираємо пункт меню Calculation→Run (або кнопку “bunsen burner” на панелі інструментів). Обчислення повинні проводитись досить швидко;
- переглянути результати, вибравши команду Edit→Latest results. Для того, щоб розглянути енергії збуджених станів треба прокрутити файл вниз та знайти “Властивості збуджених станів”;
- можна надрукувати проміжні вихідні файли. Вихідний файл завжди перезаписується під час кожного обчислення.

Керування молекулами за допомогою віртуального трекбола

Обертання молекули виконується за допомогою миші та використовує віртуальний трекбол. Треба уявити, що напівсферичний трекбол накриває вікно, що відображує молекулу. Молекула обертається при утримуванні лівої кнопки миші та переміщенні курсора.

Якщо переміщати курсор вздовж краю вікна, молекула обертається навколо z-вісі. Якщо позиціонувати курсор ближче до центра екрана, виконується обертання навколо x- та y-вісей.

Якщо треба зафіксувати трекбол в обертанні навколо z-вісі, треба утримуючи кнопку <Ctrl> та ліву кнопку миші, рухати мишу вліво-вправо вздовж x-вісі.

Для того, щоб змінити масштаб зображення треба утримуючи кнопку <Shift> та ліву кнопку миші, рухати мишу вліво-вправо вздовж y-вісі. Можна швидко повернутись до початкового центрованого вигляду молекули, якщо вибрати View→Center Molecule.

Для переміщення молекули в площині екрана треба утримуючи кнопку <Ctrl> та ліву кнопку миші, рухати курсор по площині екрана.

Вибір атомів для моніторів геометрії та мітки атомів

Можна помітити один або більше атомів для відображення моніторів геометрії та міток атомів. Атом вибирається при натискуванні на ньому лівої кнопки миші. Для того, щоб вибрати декілька атомів, треба утримувати клавішу Shift. Натискування кнопки миші на чистому фоні знімає помітку з усіх вибраних раніше атомів.

Якщо атоми вибрані, можна переглянути пункти меню Measure та Label, щоб вибрати відповідні монітори та опції мітки.

Для того, щоб видалити монітори, що відображені, треба просто клацнути мишею на частині монітора. Вибрані об'єкти повинні відображатись жовтим кольором. Потім можна вибірково виділити монітори з пункту меню Measure.

Зміна розмірів підвікон в вікні молекули

Вікно молекули складається з двох головних частин: верхній графічний екран, що показує молекулу, та нижній текстовий екран, що показує повідомлення під час обчислень. Ви можете змінити розмір цих вікон, помістивши вказівник миші на полосу сплітера, що розділяє два підвікна і, натиснувши на ліву кнопку миші, перемістивши сплітер вгору чи вниз. Це може бути здійснено в будь-який момент під час обчислень.

Ця версія ArgusLab не підтримує: друкування (хоча можна скопіювати вид екрана в буфер, натиснув <Alt> + <Print Screen> та вставити будь-куди малюнок із буфера) та контекстну допомогу.

Підтримка файлів

Дана версія ArgusLab читає структури тільки з простих .хуз файлів. Формат цих файлів такий:

Рядок 1: кількість атомів

Рядок 2-N: символ атома x y z (координати в ангстремах).

Результати обчислень

На даний момент результати можна побачити тільки передивляючись вихідний файл ArgusLab'а. Це є текстовий файл, що автоматично створюється і може бути відкритим командою

Edit→Latest results або натискуванням кнопки на інструментальній панелі.

Системні вимоги

ArgusLab 1.0 запускається під Windows NT 4.0, Windows 98, та Windows 95 (з DCOM коректором). Якщо Ви маєте Windows 95 та ArgusLab показує помилку при запуску, можливо потрібно встановити Win95 DCOM коректор. Цей коректор вільно розповсюджує Microsoft на <http://www.microsoft.com>.

Пам'ять: 16+ МБайт (рекомендується).

Диск: ~5 МБайт вільного дискового простору для інсталяції.

Графіка: Потрібна підтримка OpenGL. Графічна картка, що підтримує апаратне прискорення для OpenGL дуже рекомендується.

Миша: потрібна

Підтримка

ArgusLab розповсюджується без підтримки, однак автором фіксуються регулярні дефекти, на базі яких планується випуск виправлених та поліпшених версій. Тому автор пропонує всі зауваження та пропозиції щодо вдосконалення програми надсилати за адресою: mthompson@seanet.com

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Т.С. Лось

г. Кривой Рог, Криворожский экономический институт Киевского национального экономического университета

Проникновение математики в экономическую науку, прежде всего, связано с преодолением значительных трудностей. В этом отчасти была «повинна» математика, развивающаяся на протяжении нескольких веков в основном в связи с потребностями физики и техники. Но главные причины лежат все же в природе экономических процессов, в специфике экономической науки.

Большинство объектов, изучаемых экономической наукой, может быть охарактеризовано кибернетическим понятием «сложная система». Наиболее распространено понимание системы как совокупности элементов, находящихся во взаимодействии и образующих некоторую целостность, единство. Важным качеством любой системы является эмерджентность – наличие таких свойств, которые не присущи ни одному из элементов, входящих в систему. Поэтому при изучении систем недостаточно пользоваться методом их расчленения на элементы с последующим изучением этих элементов в отдельности. Одна из трудностей экономических исследований – в том, что почти не существует экономических объектов, которые можно было бы рассматривать как отдельные (внесистемные) элементы.

Сложность системы определяется количеством входящих в нее элементов, связями между этими элементами, а также взаимоотношениями между системой и средой. Экономика любой страны обладает всеми признаками очень сложной системы. Она объединяет огромное число элементов, отличается многообразием внутренних связей и связей с другими системами (природная среда, экономика других стран и т.д.).

Сложность экономики иногда рассматривалась как обоснование невозможности ее моделирования, изучения средствами математики. Но такая точка зрения в принципе неверна. Моделировать можно объект любой природы и любой сложности. И

как раз сложные объекты представляют наибольший интерес для моделирования; именно здесь моделирование может дать результаты, которые нельзя получить другими способами исследования. Потенциальная возможность математического моделирования любых экономических объектов и процессов не означает, разумеется, ее успешной осуществимости при данном уровне экономических и математических знаний, имеющейся конкретной информации и вычислительной технике. И хотя нельзя указать абсолютные границы математической формализуемости экономических проблем, всегда будут существовать еще неформализованные проблемы, а также ситуации, где математическое моделирование недостаточно эффективно.

Уже длительное время главным тормозом практического применения математического моделирования в экономике является наполнение разработанных моделей конкретной и качественной информацией. Точность и полнота первичной информации, реальные возможности ее сбора и обработки во многом определяют выбор типов прикладных моделей. С другой стороны, исследования по моделированию экономики выдвигают новые требования к системе информации.

В зависимости от моделируемых объектов и назначения моделей, используемая в них исходная информация имеет существенно различный характер и происхождение. Она может быть разделена на две категории: о прошлом развитии и современном состоянии объектов (экономические наблюдения и их обработка) и о будущем развитии объектов, включающую данные об ожидаемых изменениях их внутренних параметров и внешних условий (прогнозы). Вторая категория информации является результатом самостоятельных исследований, которые также могут выполняться посредством моделирования.

В экономике многие процессы являются массовыми; они характеризуются закономерностями, которые не обнаруживаются на основании лишь одного или нескольких наблюдений. Поэтому моделирование в экономике должно опираться на массовые наблюдения. Другая проблема порождается динамичностью экономических процессов, изменчивостью их параметров и структурных отношений. Вследствие этого экономические процессы приходится постоянно держать под наблюдением, необходимо

иметь устойчивый поток новых данных. Поскольку наблюдения за экономическими процессами и обработка эмпирических данных обычно занимают довольно много времени, то при построении математических моделей экономики требуется корректировать исходную информацию с учетом ее запаздывания.

Познание количественных отношений экономических процессов и явлений опирается на экономические измерения. Точность измерений в значительной степени предопределяет и точность конечных результатов количественного анализа посредством моделирования. Поэтому необходимым условием эффективного использования математического моделирования является совершенствование экономических измерителей. Применение математического моделирования заострило проблему измерений и количественных сопоставлений различных аспектов и явлений социально-экономического развития, достоверности и полноты получаемых данных, их защиты от намеренных и технических искажений.

В процессе моделирования возникает взаимодействие «первичных» и «вторичных» экономических измерителей. Любая модель рыночной экономики опирается на определенную систему экономических измерителей (продукции, ресурсов, элементов и т.д.). В то же время одним из важных результатов рыночно-экономического моделирования является получение новых (вторичных) экономических измерителей – экономически обоснованных цен на продукцию различных отраслей, оценок эффективности разнокачественных природных ресурсов, измерителей общественной полезности продукции. Однако эти измерители могут испытывать влияние недостаточно обоснованных первичных измерителей, что вынуждает разрабатывать особую методику корректировки первичных измерителей для хозяйственных моделей.

С точки зрения «интересов» моделирования экономики в настоящее время наиболее актуальными проблемами совершенствования экономических измерителей являются: оценка результатов интеллектуальной деятельности (особенно в сфере научно-технических разработок, индустрии информатики), построение обобщающих показателей социально-экономического развития, измерение эффектов обратных связей (влияние хозяйственных и

социальных механизмов на эффективность производства).

Для методологии планирования экономики важное значение имеет понятие неопределенности экономического развития. В развитии экономики неопределенность вызывается двумя основными причинами. Во-первых, ход планируемых и управляемых процессов, а также внешние воздействия на эти процессы не могут быть точно предсказуемы из-за действия случайных факторов и ограниченности человеческого познания в каждый момент. Особенно характерно это для прогнозирования НТП, потребностей общества, экономического поведения.

Во-вторых, общее государственное управление не только не всеобъемлюще, но и не всеильно, а наличие множества самостоятельных экономических субъектов с особыми интересами не позволяет точно предвидеть результаты их взаимодействий.

Неполнота и неточность информации об объективных процессах и экономическом поведении усиливают истинную неопределенность.

На первых этапах исследований по моделированию экономики применялись в основном модели детерминистского типа. Однако детерминистские модели неправильно понимать в механическом духе и отождествлять их с моделями, которые лишены всех «степеней выбора» (возможностей выбора) и имеют единственное допустимое решение. Классическим представителем жестко детерминистских моделей является оптимизационная модель рыночной экономики, применяемая для определения наилучшего варианта экономического развития среди множества допустимых вариантов.

В результате накопления опыта использования жестко детерминистских моделей были созданы реальные возможности успешного применения более совершенной методологии моделирования экономических процессов, учитывающих стохастичность и неопределенность.

Здесь можно выделить два основных направления исследований. Во-первых, усовершенствуется методика использования моделей жестко детерминистского типа: проведение многовариантных расчетов и модельных экспериментов с вариацией конструкции модели и ее исходных данных; изучение устойчивости и надежности получаемых решений, выделение зоны неопреде-

ленности; включение в модель резервов, применение приемов, повышающих приспособляемость экономических решений к вероятным и непредвидимым ситуациям. Во-вторых, получают распространение модели, непосредственно отражающие стохастичность и неопределенность экономических процессов и использующие соответствующий математический аппарат: теорию вероятностей и математическую статистику, теорию игр и статистических решений, теорию массового обслуживания, стохастическое программирование, теорию случайных процессов.

Целью экономико-математического моделирования является использование методов математики для наиболее эффективного решения задач, возникающих в сфере экономики, с использованием, как правило, современной вычислительной техники.

Процесс решения экономических задач условно можно разделить на несколько этапов:

Вначале нужно осознать задачу, четко сформулировать ее. При этом определяются также объекты, которые относятся к решаемой задаче, а также ситуация, которую нужно реализовать в результате ее решения. Это – этап содержательной постановки задачи. Для того, чтобы задачу можно было описать количественно и использовать при ее решении вычислительную технику, нужно произвести качественный и количественный анализ объектов и ситуаций, имеющих к ней отношение. При этом сложные объекты, разбиваются на части (элементы), определяются связи этих элементов, их свойства, количественные и качественные значения свойств, количественные и логические соотношения между ними, выражаемые в виде уравнений, неравенств и т.п. Это – этап системного анализа задачи, в результате которого объект оказывается представленным в виде системы.

Следующим этапом является математическая постановка задачи, в процессе которой осуществляется построение математической модели объекта и определение методов (алгоритмов) получения решения задачи. Это – этап системного синтеза (математической постановки) задачи. Следует заметить, что на этом этапе может оказаться, что ранее проведенный системный анализ привел к такому набору элементов, свойств и соотношений, для которого нет приемлемого метода решения задачи, в результате приходится возвращаться к этапу системного анализа. Как пра-

вило, решаемые в экономической практике задачи стандартизованы, системный анализ производится в расчете на известную математическую модель и алгоритм ее решения, проблема состоит лишь в выборе подходящего метода.

Следующим этапом является разработка программы решения задачи на ЭВМ. Для сложных объектов, состоящих из большого числа элементов, обладающих большим числом свойств, может потребоваться составление базы данных и средств работы с ней, методов извлечения данных, нужных для расчетов. Для стандартных задач осуществляется не разработка, а выбор подходящего пакета прикладных программ и системы управления базами данных.

На заключительном этапе производится эксплуатация модели и получение результатов.

Таким образом, решение задачи включает следующие этапы:

1. Содержательная постановка задачи.
2. Системный анализ.
3. Системный синтез (математическая постановка задачи)
4. Разработка или выбор программного обеспечения.
5. Решение задачи.

Последовательное использование методов исследования операций и их реализация на современной информационно-вычислительной технике позволяет преодолеть субъективизм, исключить так называемые волевые решения, основанные не на строгом и точном учете объективных обстоятельств, а на случайных эмоциях и личной заинтересованности руководителей различных уровней, которые к тому же не могут согласовать эти свои волевые решения.

Системный анализ позволяет учесть и использовать в управлении всю имеющуюся информацию об управляемом объекте, согласовать принимаемые решения с точки зрения объективного, а не субъективного критерия эффективности. Экономить на вычислениях при управлении то же самое, что экономить на прицеливании при выстрелах. Однако ЭВМ не только позволяет учесть всю информацию, но и избавляет управленца от ненужной ему информации, а всю нужную пускает в обход человека, представляя ему только самую обобщенную информацию, квинтэссенцию. Системный подход в экономике эффективен и сам по себе,

без использования ЭВМ, как метод исследования, при этом он не изменяет ранее открытых экономических законов, а только учит, как их лучше использовать.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что как бы экономика не развивалась, а без вычислительной техники ей не обойтись.

СЕМИОТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ СТРУКТУРЫ ЛИТЕРАТУРНЫХ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ

Г.Ю. Маклаков, Г.Г. Маклакова

г. Севастополь, Севастопольский государственный технический
университет

В настоящее время интенсивно развиваются математические методы количественного анализа литературных текстов. Анализ литературных текстов используется в криптографии, системах автоматического перевода и реферирования, для речевого ввода информации в компьютер, идентификации текстов с целью установления авторства. Анализ генетических текстов используется с целью расшифровки генетической информации. Следует подчеркнуть, что дешифровка генетического кода во многом основывается на использовании биологами законов лингвистики.

Цель данной работы – разработка системы компьютерного комплекса для моделирования литературных и генетических текстов на основе семиотического анализа их структуры.

В семиотике под текстом понимают объединенную смысловой связью последовательность любых знаковых единиц [1]. Если используется языковой знак – имеем словесный текст (или текст компьютерной программы, если используется алгоритмический язык), ноту – музыкальный текст (музыка).

Проведенные в 1998-2001 гг. исследования в Севастопольском государственном техническом университете [2–4] показали целесообразность для моделирования поведения сложных систем использовать методы математической лингвистики. В частности, анализ текстов удобно проводить путем их представления в виде последовательности нот. Такая идея была реализована в программном комплексе, предназначенном для изучения эффективности различных алгоритмов обработки текста произвольной природы [4].

Моделирование проводилось на основе стандарта MIDI (Musical Instrument Digital Interface). Как известно, синтезаторы, использующие стандарт MIDI, могут воспроизвести 11 октав

(здесь и далее используются обозначения, принятые в MIDI технологии): от C^{-1} («до», 8.176 Гц) до G^9 (« соль », 12543.9 Гц).

Рассмотрим моделирование структуры литературных текстов русского языка. Примем длину алфавита в 32 символа ($e \equiv \text{ё}$), тогда, считая длину октавы в 12 нот, можно сказать, что длина алфавита составит $32/12=2.67 \approx 3$ октавы (точнее 2 полные и одна неполная). Сущность одного из методов преобразования заключается в том, что каждому символу алфавита исследуемого языка ставится в соответствие определенная нота. Например, букве «а» ставится в соответствие произвольно выбранная нота, допустим нота «до» субконтроктавы, следующим буквам ставятся в соответствие следующие за «до» по порядку ноты в октаве. Таким образом реализуется следующее преобразование:

$$\{a, б, в, г, \dots\} \Rightarrow \{C^m, C^{m\#}, D^m, D^{m\#}, E^m, F^m, F^{m\#}, G^m, G^{m\#}, A^m, A^{m\#}, B^m\}, (1)$$

где m – номер октавы, с которой начинается кодирование ($m=N_0\dots 9, N_0 \in [-1, 6]$).

Пусть $N_0=2$, тогда получим последовательность: «а» $\equiv C^2$ («до», 65.4 Гц); «б» $\equiv C^{2\#}$ («до#», 69.3 Гц); «в» $\equiv D^2$ («ре», 73.4 Гц); ... ; «я» $\equiv E^4$ («ми», 329.6 Гц).

Во втором методе реализуется принцип кодирования по частоте встречаемости символов алфавита и нот, т.е. наиболее часто встречающейся букве в тексте ставится в соответствие наиболее часто встречающаяся нота. Для определения частоты встречаемости символов алфавита использовали результаты исследования, представленные А.М. Яглом [5]. Статистические исследования частоты встречаемости нот произвели самостоятельно. По А.М. Яглом: о (0.09); е, ё (0.072); а (0.062); ... ; ф (0.002). По нашим исследованиям: G^2 (0.032); D^2 (0.02); C^2 (0.019); ... $F^3\#$ (0.003).

Таким образом, приняли: «о» $\equiv G^2$ («до», 98.0 Гц), ..., «ф» $\equiv F^3\#$ («фа», 185.0 Гц).

При преобразовании текстов в музыкальный ряд учитывали отличия звучания гласных букв от согласных и наличия в тексте знаков препинания. Если длительность ноты, кодирующей согласную букву принять за 1, то длительность нот отражающих гласные звуки увеличивалась в 1.5 раз. Запятая в тексте отобра-

жалось паузой равной 1.5, точка – 2.0 от длительности звучания ноты кодирующей согласную букву.

Последний из приведенных алгоритмов был признан основным и именно с его помощью производился анализ различных текстов.

Похожим образом моделировались и генетические тексты (с учетом алфавита (a – «adenine», c – «cytosine», g – «guanine», t – «thymine»). Однако, учитывая, что именно тройки нуклеотидов кодируют синтез аминокислот, был рассмотрен 64-буквенный «алфавит»: (aaa, aac, aag, ... , ttt). В этом случае длина «алфавита» составит 6 октав (точнее 5 полных и одна неполная, $64/12=5.33$). Таким образом, алгоритм кодирования будет иметь вид:

$$\{aaa, aac, aag, \dots, ttt\} \Rightarrow \{C^m, C^{m\#}, D^m, D^{m\#}, E^m, F^m, F^{m\#}, G^m, G^{m\#}, A^m, A^{m\#}, B^m\}, (2)$$

где m – номер октавы, с которой начинается кодирование ($m \in [-1, 4]$).

При работе с генетическими текстами была замечена любопытная особенность: латинские обозначения трех нуклеотидов (a, c, g) формально совпадают с обозначением некоторых нот (A – «ля», C – «до», G – «соль»). Пусть нуклеотиду t («thymine») соответствует некоторая неизвестная пока нота. Определим эту ноту из следующих соображений. Если расположить ноты в последовательности: A, C, ?, G, то ноты A, C, G будут соответствовать 1, 2, 4 звукам малого минорного септаккорда. Тогда для построения правильной последовательности этого септаккорда необходимо, чтобы 3 нота (соответствующая нуклеотиду t) была E («ми»). Таким образом, алгоритм преобразования будет иметь вид:

$$a \Rightarrow A; c \Rightarrow C; g \Rightarrow G; t \Rightarrow E. (3)$$

Несмотря на определенную парадоксальность данного алгоритма, его компьютерная реализация показала определенную музыкальность генетических текстов.

Рассмотренные алгоритмы были реализованы в программе.

В качестве входных данных использовался текстовый файл. Перед началом работы задавалась длительность нот, кодирующих согласные буквы, музыкальный размер, темп и исполняемый инструмент (пианино, гитара, орган, скрипка и т.п.).

Результатом работы программы являлся файл формата mid. Для изучения статистических характеристик символьной последовательности, в частности, для расчета частотного распределения букв алфавита в тексте был предусмотрен вывод файла с соответствующими численными значениями. Исходный текст преобразовывался в числовую последовательность. В дальнейшем такой файл обрабатывался с помощью пакета MathCAD.

При создании программы (для компиляции исходного mid файла в двоичный код) использовалась программа G. Naglera TXT2MIDI v. 1.11.

Разработанная программа позволяет обрабатывать текст произвольной природы (единственное ограничение – длина алфавита исследуемого текста должна быть меньше 132 символов).

Для верификации разработанной программы использовался ранее созданный программный комплекс [4]. В частности для просмотра и печати mid-файлов в виде нотной записи использовалась программа Encore.

Проводились исследования для текстов естественного языка (в основном стихотворные произведения А. Блока, О. Мандельштама, С. Черного, Ю. Лермонтова, Б. Окуджавы, Я. Дягилевой и др.). В качестве генетического текста исследовался ген, кодирующий синтез белка аспартаминотрансфераза.

Анализ результатов исследований позволяют сделать вывод, что рассматриваемые методы преобразования текстов позволяют значимо идентифицировать заданную знаковую последовательность, полученный музыкальный ряд информативен и позволяет продолжить обработку текста в частотном диапазоне. Любопытно, что некоторые стихи классиков русской литературы в квази-музыкальном представлении напоминают современные джазовые композиции.

Полученный музыкальный ряд далее возможно обрабатывать методами как классического музыкального анализа, так и специальными математическими методами.

Разработанная программа может быть использована для идентификации произвольных текстов, анализа генетических структур, моделирования влияния литературных произведений (отдельных слов, фраз) на человека.

Литература

1. Лингвистический энциклопедический словарь / Гл. ред. В.Н. Ярцева. – М.: Сов. энциклопедия, 1990. – 685 с.
2. Маклаков Г.Ю. Мультимедийная когнитивная система представления многомерных данных в системах компьютерного моделирования физических и технологических процессов / Комп'ютерне моделювання. Тези доповідей. Міждержавна науково-методична конференція. (29 червня – 1 липня 2000 р., м. Дніпродзержинськ). Днепродзержинск.: Изд-во ДТТУ, 2000. – С. 120–121.
3. Маклаков Г.Ю., Маклакова Г.Г. Семиотико-лингвистический подход к проблеме идентификации сложных информационных систем. / Научная сессия МИФИ-2001. Сборник научных трудов. В 14 томах. Т. 12. Компьютерные системы и технологии. – М.: МИФИ, 2001. – С. 130–131.
4. Маклакова Г.Г. Программный комплекс семиотического анализа литературных и генетических текстов / Научная сессия МИФИ-2001. Сборник научных трудов. В 14 томах. Т. 13. Конференция «Молодежь и наука». Компьютерные науки. Информационные технологии. Прикладная физика. – М.: МИФИ, 2001. – С. 44–46.
5. Яглом А.М., Яглом И.М. Вероятность и информация. – М.: Наука, 1973. – 512 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ ПОЧАТКІВ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СЕРЕДНЬОМУ НАЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ НОВОГО ТИПУ

О.М. Марченко^{1,2}, С.П. Алексєєвич¹

¹ м. Рівне, Рівненський міський економіко-правовий ліцей

² м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет

Прискорені темпи розвитку та широке застосування обчислювальної техніки і нових інформаційних технологій в ринковій економіці та сучасному бізнесі сприяють не тільки виявленню закономірностей, зв'язку та динаміки реальних соціально-економічних явищ, але й посилюють необхідність оптимізації економічної освіти старшокласників. Одним із шляхів розв'язання цієї задачі в контексті вивчення основ економічних знань в середньому навчальному закладі нового типу – Рівненському міському економіко-правовому ліцеї – є орієнтація на початкове навчання методам комп'ютерного моделювання, побудові економіко-математичних моделей, що ґрунтуються на застосуванні інформаційних технологій для проведення об'ємних розрахунків, і можуть мати не тільки теоретичну, пізнавальну, а й практичну цінність у прогнозуванні, плануванні, управлінні.

Питання про вибір середовища для моделювання на першому етапі апробації експериментального спецкурсу в нашому ліцеї було вирішене в напрямку залучення програми створення електронних таблиць Microsoft Excel 97 в плані вивчення методики проведення обчислень за нескладними математичними моделями на основі числових матриць. І хоча вивчення методів обчислень з допомогою числових матриць не входить до стандартної шкільної програми з математики, все ж таки в нашому ліцеї була знайдена можливість вивчення початків теорії матриць, оскільки при розв'язуванні економічних задач використовуються таблиці значень, системи регресій, які зручно записувати лаконічно, з використанням матричних позначень. Освоєння технології обробки матриць за допомогою програми Microsoft Excel 97, на нашу думку, не тільки сприяло вивченню методики побудови найпростіших математичних моделей для відображення законо-

мірностей перебігу реальних економічних процесів, але й розширенню знань учнів з математики, основ інформатики завдяки високому ступеню наочності у формуванні матриць та зручності їхньої обробки. Таким чином з'являються підстави говорити про встановлення реальних та дієвих міжпредметних зв'язків в обсязі математика-інформатика-економіка, що, в кінцевому рахунку, відображає загальну тенденцію розвитку науки в сучасному суспільстві – більший ступінь зближення теоретичної науки з практикою, а в зв'язку з цим до зближення між фундаментальними та прикладними науками.

Вважаємо, що подібний підхід є логічно виправданим з тієї причини, що досвід вивчення спецкурсів з основ економічних знань в середньому навчальному закладі свідчить про те, що через великий обсяг розрахунків будувати економіко-математичні моделі без використання інформаційних технологій неможливо. З іншого боку, при побудові економічної моделі з використанням електронних таблиць, по-перше, не губиться алгоритм розв'язання задачі завдяки відносній для учнів простоті та наочності таблиць Microsoft Excel 97, можливості застосування засобів графічної інтерпретації залежностей між даними, по-друге, старшокласник звільняється від рутинної роботи з проведення розрахунків, причому фактор економії часу має неабияке значення, якщо врахувати, що заняття з комп'ютерного моделювання при розв'язанні економіко-математичних задач відбуваються виключно факультативно або в позаурочний час.

На перших заняттях з комп'ютерного моделювання на основі електронних таблиць Microsoft Excel 97 навчаємо учнів заданню числової матриці шляхом заповнення числами відповідного діапазону клітинок робочого аркуша Excel, вивчаємо відповідну до даної програми методику додавання, транспонування та множення матриць на основі загальноприйнятих в математиці позначень та термінів (наприклад, результат множення матриці $A(3 \times 3)$ на матрицю $B(1 \times 3)$ буде відображено у вигляді матриці C , в якій кількість рядків співпадає з їхньою кількістю в матриці A , кількість стовпців дорівнює кількості стовпців у матриці B). При побудові математичних моделей, які містять розв'язання системи лінійних функцій y_1, y_2, \dots, y_m від n лінійних змінних x_1, x_2, \dots, x_n і обернення матриць практикуємо теоретичне вивчення звичайних

жорданових виключень з подальшим практичним проведенням операцій на основі вбудованих функцій Excel **МУМНОЖ** з категорії **Все** меню “**Вставка-Функція**”, **ТРАНСП** та **МОБР**. Визначники квадратних матриць (небхідні при розв’язуванні систем рівнянь методом Крамера на уроках математики), навчаємо обчислювати за допомогою стандартної функції **МОПРЕД**.

Якщо економічна модель містить гіпотезу про існування лінійної стохастичної залежності між фактором X та показником Y ($Y=a*X+b$), то для оцінки параметрів a і b парної лінійної регресії за відомими формулами, які вимагають багаторазового обчислення сум стовпців, повторюємо з учнями відомі з уроків інформатики особливості застосування функції **СУММ** та вбудованої статистичної функції **СРЗНАЧ**. Підкреслюємо важливість наочного подання одержаних розрахунків на основі побудови графіків фактичних даних (Y), лінії регресії для базисних даних та прогнозу, довірчу зону для базисних даних та прогнозу, коефіцієнта еластичності з допомогою попередньо опрацьованого на практичних заняттях з інформатики програмного засобу *Майстер діаграм* (тип діаграми *Графік*). Для оцінки адекватності прийнятої економіко-математичної моделі експериментальним даним знайомимо старшокласників з використанням критерію Фішера (на основі створення блоку проміжних обчислень з використанням вбудованої математичної функції **КОРЕНЬ** для визначення коефіцієнта детермінації). Оскільки зв’язки між різними явищами в економіці є складними і різноманітними, причому на рівень розвитку одного показника можуть впливати багато факторів, рівень впливу яких різний, то при розв’язанні задач на планування, прогнозування і проведення економічного аналізу рекомендуємо старшокласникам застосовувати усі форми регресійного аналізу на основі статистичних даних, в тому числі і нелінійну парну регресію ($Y=a\sqrt{X}+b$) за умови зведення її до лінійної парної регресії. Оцінку параметрів лінії регресії (на основі формули $Y=a*\text{КОРЕНЬ}(X)+b$), яка вимагає проведення об’ємних розрахунків, старшокласники ліцею проводять досить оперативно використовуючи методіку копіювання формул, застосування абсолютних посилань на відповідні клітинки робочого аркуша, які містять формули для обчислення параметрів a і b .

Матрична форма подання даних дозволяє також використо-

увати метод найменших квадратів при побудові економіко-математичних моделей учнями нашого ліцею, які відвідують факультативні заняття з комп'ютерного моделювання з використанням електронних таблиць Excel. З цією метою знайомимо їх із особливостями використання матричних операцій при розв'язанні системи нормальних рівнянь на основі застосування вбудованих статистичних функцій: **СТАНДОТКЛОНП** (для обчислення незміщеної дисперсії), що знаходить незміщене середньоквадратичне відхилення за вказаним полем бази даних, та скалярний добуток **СУММПРОИЗВ**. Отже, як бачимо, застосування електронних таблиць при комп'ютерному моделюванні економіко-математичних задач дозволяє проводити навчання методам економічного аналізу одразу ж після опанування стандартного курсу вивчення електронних таблиць Excel, який на правах експериментального методичного проекту започаткований в нашому ліцеї. Таким чином створюються передумови для найтісніших зв'язків початкових економічних вмінь старшокласників з іншими (не економічними) вміннями: обчислювальними, вимірювальними, вміннями здійснювати графічне подання результатів, застосовувати можливості нових інформаційних технологій для раціональної організації обробки, подання і збереження даних. Фактично мова йде про формування загальнонаукових умінь та навичок, в тому числі організаційних, комунікативних, контрольних-оцінювальних, загальнопізнавальних, що й повинно бути кінцевою метою вивчення курсів основ інформатики, математики та основ економічних знань в середніх навчальних закладах нового типу. Описаний нами фрагмент спецкурсу є, фактично, спрощеною моделлю складного явища, характерного для сучасного стану викладання математики, інформатики та основ економічних знань: велика кількість об'єктів вивчається окремо, замість того, аби у відповідності з логікою їх внутрішніх зв'язків вивчатись разом з метою створення єдиної системи знань. Наш досвід дозволяє стверджувати, що знання, які утворили систему, набувають нової якості: з одного компонента системи, який потенціально містить інформацію про всю систему, можна досить успішно вивести сусідні елементи з метою створення кращих умов для досягнення багатства зв'язків і переходів між компонентами єдиного знання.

Література

1. Соловйов В.М., Семеріков С.О., Теплицький І.О. Інструментальне забезпечення курсу комп'ютерного моделювання // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2000. – №4. – с. 28-31.
2. Ясінський А.М. Використання інтегрованих завдань під час вивчення електронних таблиць Excel // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1999. – №3. – с.23-26.
3. Жалдак М.І. Яким бути шкільному курсу “Основи інформатики” // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1998. – №1. – с. 3-7.
4. Марченко О.М., Лотюк Ю.Г. Робота з електронними таблицями Excel в Microsoft Office 97. Навчально-методичний посібник. – Рівне, 1999. – 136 с.
5. Толбатов Ю.А. Економетрика: Підручник для студентів екон. спеціальн. вищ. навч. закл. – К.: Четверта хвиля, 1997. – 320 с.

ВРЕМЕННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ СТРУКТУРНО-НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.П. Никонова¹, В.Н. Соловьёв²

¹ г. Кривой Рог, Криворожский авиатехнический колледж гражданской авиации

² г. Запорожье, Запорожский институт экономики и информационных технологий

1. Введение.

Известно, что низкотемпературной теплоемкости с структурно-неупорядоченных материалов – стекол, аморфных веществ – имеет аномалии [1]. Так для температурной зависимости вместо дебаевского закона $C(T) \approx T^3$ в области температур $T \leq 1$ К имеет место зависимость $C(T) \approx T^{1+k}$, где $k \sim 0.3 - 0.4$, а в области температур $T \sim 10-20$ К наблюдается избыточная по сравнению с дебаевской теплоемкость. Первая аномалия находит объяснение в рамках теории двухуровневых систем (ДУС), возникающих в двухъямных потенциалах [1–3]. Согласно этой теории в рассматриваемых структурах имеют место атомы и группы атомов, которые могут находиться в двух устойчивых положениях равновесия, разделенных барьером. При низких температурах этот барьер преодолевается путем квантово-механического туннелирования.

Если предположить, что плотность ДУС $n(E)$ постоянна, то имеем $C \sim T$. Происхождение зависимости $C(T) \approx T^{1+k}$ окончательно не выяснено. Пик в зависимости C/T^3 от температуры связан со спецификой плотности высокоэнергетических возбуждений [4, 5] и его обсуждение не входит в цели настоящей работы.

Кроме температурных аномалий C имеет аномальную зависимость от времени эксперимента [6, 7]. Если $n(E) = const$, то $C(t)$ – слабая логарифмическая зависимость от времени. Эксперимент же указывает на значительно более сложную зависимость (рис. 1).

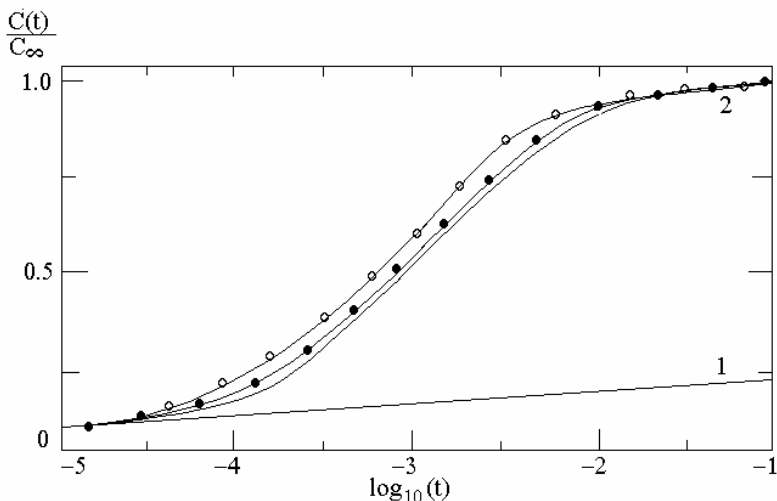


Рис. 1. Изменение низкотемпературной теплоемкости ДУС с течением времени: 1 – в стандартной модели ДУС, 2 – эксперимент, сплошная кривая – данные расчетов.

В настоящей работе аномалии как температурной, так и временной зависимости C интерпретированы с единых позиций. Если учесть следующую из расчетов [8] энергетическую зависимость плотности ДУС $n(E) \propto E^k$, упомянутые зависимости становятся естественными.

2. Расчет зависимости теплоемкости от времени.

Рассмотрим систему ДУС с энергетическими расщеплениями (расстояниями между наименьшими уровнями энергии) $E \equiv E_{12}(\eta, t)$. Здесь η и t – случайные некоррелированные величины одномодового разложения потенциальной энергии двухъямного потенциала

$$V(x) = \varepsilon_0 [\eta(x/a)^2 + t(x/a)^3 + (x/a)^4], \quad (1)$$

где a – характерный атомный объем, ε_0 – энергия порядка энергии связи атомов стекла. Функции распределения параметров найдены в [9].

На рис. 2 показана поверхность постоянной энергии $E_{12}(\eta, t)$, полученная из решения уравнения Шредингера с потенциалом (1). Очевидно, что ДУС распределены неравномерно: состояни-

ям с наименьшим расщеплениями отвечают значения η и t , реализуемые при $\eta=0$ и вдоль отчетливо заметных «желобов».

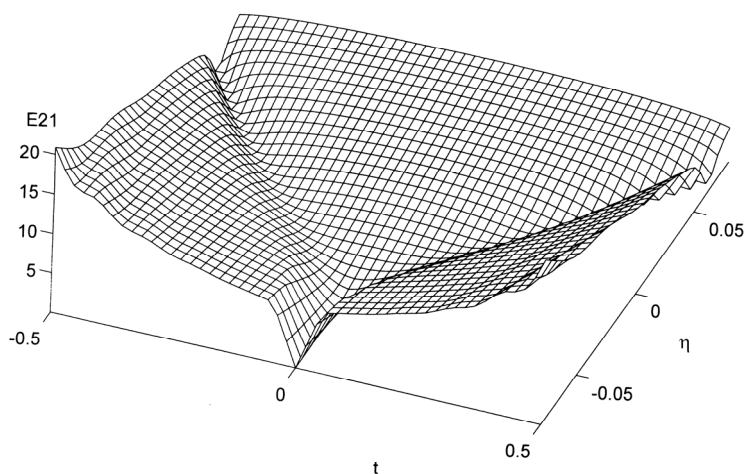


Рис.2. Зависимость энергии ДУС от параметров потенциала η и t .

Запишем энергию, запасенную системой ДУС в виде

$$E(T, t) = \langle \Phi(\eta) F(t) E(\eta, t) n(E, T, t) \rangle. \quad (2)$$

Усреднение в (2) производится по η , t с распределениями $\Phi(\eta)$ и $F(t)$.

Заселенность верхнего уровня ДУС n найдем из уравнения

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{n - n_0}{\tau}, \quad (3)$$

где $n_0 = 1/[1 + \exp(E/T)]$ – равновесная заселенность ДУС с расщеплением E при температуре T . Время релаксации ДУС за счет однофононных процессов дается выражением [1]:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{\Delta_0^2 E \gamma^2}{2\pi \rho \hbar^4 v^5} \coth \frac{E}{2T}. \quad (4)$$

В (4) γ – деформпотенциал ДУС, ρ – плотность стекла, v – скорость звука. Δ_0 – так называемое туннельное расщепление, связанное с энергией ДУС и асимметрией двухъямного потенциала Δ соотношением $E = \sqrt{\Delta_0^2 + \Delta_0}$.

Решение (3) запишем в виде

$$n = n_0 + (n(0) - n_0) \exp(-t/\tau), \quad (5)$$

где $n(0)$ – заселенность верхнего уровня ДУС в момент времени $t=0$.

Окончательно искомую зависимость получим из выражения

$$C(T, t) = \frac{\partial}{\partial T} [E(T, t)]. \quad (6)$$

Результаты расчетов и сравнение с экспериментальными данными приведены на рис. 1.

3. Обсуждение результатов и выводы.

Основные результаты работы сводятся к следующим утверждениям:

- низкоэнергетический спектр структурно-неупорядоченных материалов можно найти из уравнения Шредингера с потенциалом (1) и функциями распределения параметров η и t ;
- плотность состояний ДУС не постоянна, а имеет слабую энергетическую зависимость $n(E) \propto E^k$ ($k=0,3$);
- как температурная, так и временная зависимости низкотемпературной теплоемкости определяются энергетической зависимостью плотности ДУС: $C(T) \approx T^{1+k}$, а $C(t)$ – немонотонно меняется со временем.

Таким образом, в рамках единого подхода удается удовлетворительно описать поведение низкотемпературной теплоемкости в стеклах и аморфных структурах.

Литература.

1. Phillips W.A. Two-level states in glasses // Rep. Prog. Phys. – 1987. – v.50. – p. 1657-1708.
2. Phillips W.A. Tunneling states in amorphous solids // J. Low. Temp. Phys. – 1972. – v.7, №2. – p. 351-357.
3. Anderson P.W., Halperin B.I., Varma C.M. Anomalous low-temperature thermal properties of glasses and spin glasses // Phil. Mag. – 1972. – v.25, №1. – p. 1-9.
4. Гальперин Ю.М., Карпов В.Г., Соловьев В.Н. О низкотемпературной теплоемкости аморфных веществ. // ФТТ. – 1988. – т.30, в.12. – С. 3636-3642.

5. Kantelhardt J.W., Russ S., Bunde A. Excess modes in the vibrational spectrum of disordered systems and the boson peak // *Phys. Rev. B.* – 2001. – v. 63.
6. Laponen M.T., Dynes R.C., Narayanamurti V., Garno J.P. Measurements of the time-dependent specific heat of amorphous materials // *Phys. Rev. B.* – 1982. – v.25, № 2. – p. 1161-1173.
7. Lasjaunias J.C., Biljakovic' K., Moncean P. Time-dependent specific heat below 1K in spin-density-wave state of $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$. // *Phys. Rev. B.* – 1996. – v.53, №12. – p. 7699-7703.
8. Никонова Е.П., Соловьев В.Н. Низкотемпературные аномалии физических свойств металлических стёкол // *Металлофиз. и новейшие технолог.* – 1999. – т.21, №3. – С. 27-30.
9. Дядына Г.А., Карпов В.Г., Соловьев В.Н. Низкоэнергетические возбуждения в $\alpha\text{-SiO}_2$. // *ФТТ.* – 1990. – т.32, в.9. – С. 2661-2666.

СОДЕРЖАНИЕ И МЕСТО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КАК ПРЕДМЕТА В ВУЗЕ

П.Ф. Овчинников, Г.В. Налева

г. Одесса, Одесская государственная морская академия

Содержание курса математического моделирования состоит из общематематических понятий, таких как теория систем, включающая в себя описание любого процесса последовательностью реальных явлений во времени [1]. Сюда входит определение системы, системный анализ и системный подход, аксиоматика теории систем, математическое определение системы. Основные задачи теории систем, их классификация [2]; устойчивые системы по начальным условиям (Ляпуновские системы [3]), по коэффициентам (грубые системы); моделирование как совокупность действий, позволяющих в системе описать математически состояние, вход, выход, а так же связи; классификация моделей - физические, аналоговые, математические; построение математических моделей на основе законов первого порядка (градиентные законы), второго порядка (2-й закон Ньютона) [4]; общие методы построения математических моделей систем механики, электромеханики и автоматики. Сюда входит вывод уравнений математической физики – теплопроводности, механики сплошной среды переменной массы, методы решения уравнений в частных производных и обыкновенных. Важной частью содержания математического моделирования является раздел: использование теории графов в оценке функционирования систем. Как известно, в других дисциплинах даже понятие графа не дается, хотя применение графов давно вошло в жизнь. Наконец, в математическое моделирование включаются все вопросы, связанные с теорией управления. Здесь изучаются методы управления детерминированных систем (вариационные методы, метод Понтрягина, динамического программирования и т.п.), а так же стохастических (стохастические модели состояния, управление системами, заданными дифференциальными уравнениями и т.п.). Следует заметить, что содержание предмета «Математическое моделирование» не повторяется ни в одной дисциплине и является жизненно важным для любой специальности инженера (специали-

ста).

Теперь о месте математического моделирования. Академик Самарский А.А. рекомендовал изучение математического моделирования проводить в 2 этапа. Первый этап – один из семестров (IV или V).

Содержание первого этапа изучения математического моделирования указано выше. Здесь изучаются общие вопросы моделирования, касающиеся любой специальности, в том числе и гуманитарных дисциплин. Преподавание математического моделирования на этом этапе должно вестись математическими кафедрами в форме лекций и практических занятий, потому что сотрудники именно этих кафедр обладают наиболее высокой математической подготовкой. Соотношение лекций и практических занятий: 1:1. Половина практических занятий должна проводиться в форме лабораторных работ.

Второй этап изучения математического моделирования должен быть организован, после того как студентами уже пройдены основные дисциплины, которые относятся к их специальности. Например, по специальностям, касающимся автоматике, изложение математического моделирования на 2-ом этапе должно проводиться после ознакомления с теорией автоматического регулирования, управления. Содержание 2-го этапа определяется специальностью студента и должно быть посвящено построению математических моделей конкретных физических систем этой специальности. Следует заметить, что деление математического моделирования на 2 части подтверждено даже в литературном плане. Монографии, книги, статьи по математическому моделированию четко разделены на 2 группы – одни посвящены общим вопросам математического моделирования, другие – конкретным вопросам. К первой группе относятся книги: Мороз А.И. [1], Овчинников П.Ф. [2], Молчанов А.А. [6], Моисеев Н.Н. [7]. Вторая группа книг является очень обширной. Практически все специальности имеют книги, в которых строятся модели конкретных разделов дисциплин. Приведем примеры. Моделирование технологических процессов превосходно изложено в книге И.М. Федоткина [5].

В ОГМА в течение десятка лет велось изучение математического моделирования в два этапа. На первом этапе занятия ве-

лись кафедрой высшей математики в соответствии с учебным пособием [2].

На практических занятиях рассматривались основные задачи теории систем и их классификация, устойчивые системы. Строились математические модели на основе законов 1-го и 2-го порядков (например, описание движения твердого тела с неподвижной точкой, расположенной в центре инерции; уравнения динамики океана и т.д.)

Рассматривались примеры на двумерные распределения, их условные законы и числовые характеристики, на оценку качества степени идентичности модели и системы с использованием энтропии. Проводился цикл лабораторных работ по исследованию систем на устойчивость; решению уравнений математической физики методом сеток, краевой задачи методом прогонки; регрессионному анализу. В конце 1-го этапа предусмотрено выполнение курсовой работы.

На 2-ом этапе занятия проводились с учетом знаний, полученных студентами по специальности. Так на факультете автоматики – исследование на устойчивость САР с помощью 1-ых и 2-ых методов Ляпунова, частотных методов Михайлова и Найквиста, построение областей устойчивости состояний системы в пространстве параметров, исследование на устойчивость с помощью метода фазовых траекторий [7].

На этом этапе желательно проведение лабораторных работ со специальными кафедрами для выработки прикладных навыков применения теоретических знаний в специальности студентов.

Литература

1. Мороз А.И. Курс теории систем. – М.: Высшая школа, 1987.
2. Овчинников П.Ф. Математическое моделирование систем механики, электромеханики и автоматики. Учебное пособие для ВУЗов. – К.: ИСИО, 1993. – 280 с.
3. Овчинников П.Ф. Вища математика. Частина 2. – К.: Техніка, 2000. – 792 с.
4. Овчинников П.Ф. Об использовании законов 1-го и 2-го порядков для построения математических моделей физических систем // Межведомственный сборник научных трудов «Гео-

- рия и практика процессов измельчения, разделения, смешения и уплотнения». – Одесса: ОГМА, 1999. – С. 69-73.
5. Федоткин И.М. Математическое моделирование технологических процессов. – К.: Вища школа, 1988. – 415 с.
 6. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем. – К.: Вища школа, 1988. – 365 с.
 7. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование, теория и элементы систем. – М.: Машиностроение, 1978. – 636 с.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА *NPV* ПРОЕКТА, ОСНОВАННАЯ НА КОЭФФИЦИЕНТАХ КОРРЕЛЯЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ ПО ПЕРИОДАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

И.Д. Павлов, Е.Ю. Антипенко

г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная академия

Метод имитационного моделирования (метод Монте Карло) можно, применять лишь зная функции распределения переменных, оказывающих влияние на характеристику, анализируемую с помощью имитационного моделирования. Таким образом, для того, чтобы получить различную вероятностную информацию о возможном *NPV* проекта, необходимо знать два момента этой переменной – математическое ожидание и дисперсию. Однако, практически невозможно оценить дисперсию чистого дисконтированного дохода очень продолжительных инвестиционных проектов, так как это обусловлено различного рода сложностями в определении взаимосвязи между денежными потоками различных периодов. Поэтому, разработана модель для оценки взаимосвязи между денежными потоками различных периодов.

Важной составной частью экспертизы инвестиционного проекта, которая играет значительную роль в принятии решений об инвестировании, является анализ рисков проекта. Для принятия правильного инвестиционного решения необходимо не только определить величину ожидаемого дохода (характеризуется величиной *NPV*), степень риска, но и оценить, насколько ожидаемый доход компенсирует предполагаемый риск. Но сложность заключается в том, что оценка риска осуществления инвестиций в меньшей степени, чем другие способы оценки, поддается формализации.

Как известно, наиболее часто встречающимися количественными методами анализа рисков являются анализ чувствительности (*sensitivity analysis*), анализ сценариев (*scenario analysis*) и имитационное моделирование по методу Монте-Карло (*Monte-Carlo Simulation analysis*) [3, 5]. Анализ рисков с использованием метода имитационного моделирования Монте-

Карло представляет собой «гибрид» метода анализа сценариев и анализа чувствительности (опирающихся на базу теории вероятностей), который является едва ли не единственным способом, дающим возможность получить обоснованные оценки параметров строительного инвестиционного проекта, в основу которого положено сетевое планирование и управление [6]. Метод Монте-Карло позволяет построить математическую модель для проекта с неопределёнными значениями параметров и, зная вероятностные распределения параметров проекта, а также связь между изменениями параметров (корреляцию), получить распределение доходности проекта. Таким образом, результатом такого комплексного анализа выступает распределение вероятностей возможных результатов проекта (как, например, вероятность получения $NPV < 0$).

Первое, что необходимо для применения метода имитации, это определить функции распределения каждой переменной, которые оказывают влияние на основной показатель инвестиционного проекта – чистый дисконтированный доход NPV (*net present value*), который представляет собой сумму чистых приведённых потоков наличности DCF (*discounted cash flow*) всех интервалов инвестиционного проекта. То есть для каждого интервала времени составляются сметы поступлений и платежей, отражающие результаты всех операций, выполнявшихся в этом временном промежутке. Разность между поступлениями и платежами есть денежный поток инвестиционного проекта CF_t (*cash flow*) на данном интервале (t) реализации проекта.

Однако построенные по любому инвестиционному проекту потоки денежных средств относятся к будущим периодам и носят прогнозный характер, так как ни поток платежей, ни поток поступлений не может быть спланирован вполне точно, поскольку нет и не может быть полной определённости относительно будущего состояния рынка. Цены на сырьё, материалы и другие денежно-стоимостные параметры микро и макро среды по факту их осуществления в будущем могут сильно расходиться с предполагаемыми плановыми значениями, которые оцениваются с позиций сегодняшнего дня. Таким образом, неустраняемая информационная неопределённость влечёт за собой столь же неустраняемый риск принятия инвестиционных решений, и поэтому

возрастает вероятность недостоверности используемых для расчётов числовых данных, а значит и самих результатов.

Как только функция распределения определена (в данном случае для NPV функция распределения является нормальной [6, 7] и, следовательно, для того, чтобы задать ее необходимо определить только два момента – математическое ожидание m (*mean*) и дисперсию Var (*variance*), можно применять процедуру Монте-Карло. Но, как уже было замечено, «получить распределение доходности проекта возможно, зная вероятностные распределения параметров проекта, а также связь между изменениями параметров (т.е. корреляцию)». Существование коррелированных переменных при анализе инвестиционного проекта иногда вызывает проблему, не рассмотреть которую означало бы заранее обречь себя на неверные результаты. Ведь без учета коррелированности, предположим, двух переменных, которые являются основными характеристиками проекта, машина (ПК) посчитав их полностью независимыми, сгенерирует нереалистичные сценарии проекта. Рассмотрим, например, продолжительность (T) и стоимость (C) инвестиционного проекта. Эти две величины есть две отрицательно коррелированные переменные. Если не будет уточнена связь между переменными (то есть коэффициент корреляции), то возможны сценарии, которые случайно выработает ПК, где и продолжительность и стоимость будут вместе либо высоки, либо низки, что, естественно, негативно отразится на всём проекте в целом. Поэтому, несмотря на свои достоинства, одна из главных причин того, что метод Монте-Карло не получил широкого применения в проектном анализе, это неопределённость функций плотности переменных, которые используются при нахождении потоков наличности. Также многие избегают использования данного метода из-за сложности построения вероятностной модели и множества вычислений. Однако при корректности модели метод обеспечивает достаточно надёжные результаты, которые позволяют судить как о доходности проекта, так и о его устойчивости.

Этим и обусловлена необходимость применения неёмкого, со «средним» уровнем сложности метода, который бы позволял оценивать с достаточной точностью связь между переменными, влияющими на основные характеристики проекта.

Если два основных вероятностных момента, а именно математическое ожидание (m) и дисперсия (Var) известны, то уже можно получить различную необходимую для оценки проекта вероятностную информацию о возможном значении чистого приведенного дисконтированного дохода (NPV). Однако в общем практически невозможно оценить дисперсию чистой приведенной стоимости ($Var(NPV)$) проектов, обладающих большой инерционностью (то есть продолжительных, растянутых во времени), к которым относятся практически все инвестиционные проекты в строительной отрасли. Это обусловлено различного рода проблемами и сложностями прогнозирования основных характеристик проекта, необходимых для определения его стоимости (в первую очередь это будущие потоки наличности CF), которые возникают при решении неопределённости, связанной как с внутренней, так и с внешней средой проекта.

Следует заметить, что для расчёта эффективности проекта на основании показателей, принятых в практике оценки инвестиционных проектов (NPV , IRR и др.) прежде всего, необходима оценка денежных потоков (CF_t), генерируемых в течении ряда временных периодов (t) в результате функционирования того или иного актива, что делает поставленную задачу оценки CF_t одним из основных элементов финансового анализа. Основная трудность прогнозирования CF_t заключается в оценке влияния денежного потока одного периода (CF_p) на поток другого периода (CF_q), где $q \geq p$; $q, p \in t$. Как известно, влияние одной величины на другую характеризуется коэффициентом корреляции, то есть степень корреляции двух потоков говорит о том насколько изменение одного потока отслеживает изменение другого. Таким образом, можно заключить, что для более эффективного анализа инвестиционного проекта необходимо решить сложности в определении всех промежуточных корреляционных коэффициентов ($ПКК$) между CF двух различных периодов. Тогда, полученный в модели $ПКК$ r_{pq} между p -м и q -м периодами может быть определён по следующей формуле:

$$r_{pq} = \frac{1}{\sigma_p \sigma_q} \left\{ \begin{aligned} & A_p A_q \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m E_{ij} - 2 \sum_{i=1}^k \sum_{j=k+1}^m (E_{ij} + E_{ji}) \right] + \\ & + A_p D_q T_q \left[\sum_{i=1}^k E(CF_{pi}) - \sum_{i=k+1}^m E(CF_{pi}) \right] + \\ & + E(CF_q) [D_p T_p - E(CF_p)] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $E_{ij} = \tau_{piqj} \sigma_{pi} \sigma_{qj} + E(CF_{pi}) E(CF_{qj})$

τ_{piqj} – ПКК между i -м элементом периода p и j -м элементом периода q .

В соответствии с формулой (1), ПКК является функцией от следующих переменных:

1 ожидаемый денежный поток $E(CF_t)$ в соответствующий период t ;

2 чистая корпоративная норма прибыли периода t , A_t ;

3 амортизация D_t ;

4 ожидаемые элементы денежного потока в период t , $E(CF_{ti})$;

5 стандартное отклонение потока σ_t ;

6 стандартное отклонение i -го компонента потока σ_{ti} ;

7 ПКК между i -м элементом потока в период p и j -м элементом потока в период q , τ_{piqj} .

Разработанная модель может быть использована для получения вероятностных характеристик и информации при оценке инвестиционного проекта даже в условиях неопределённости. Отличие приведенной модели заключается в том, что она основывается на реальных компонентах денежных потоков, которые являются неотъемлемой частью любого инвестиционного проекта и которые всегда определяются при оценке инвестиционного проекта, что делает приведённую модель наиболее «реалистичной» по отношению к инвестиционному проекту.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Барковский В.В., Барковська Н.В., Лопатін О.К. Математика для економістів. В 2-х т. – К.: Національна академія управління, 1999; т. 1 – 399 с.; т. 2 – 447 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1969. – 576 с.

3. Ковалев В.В. Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 432 с.
4. Маршалл Д.Ф., Бансал В.К. Финансовая инженерия: Полное руководство по финансовым нововведениям. Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 784 с.
5. Менеджмент в строительстве. Под. ред. И.С. Степанова. – М.: Юрайт, 1999. – 540 с.
6. Сетевое планирование и управление. Под. ред. Д.И. Голенко и В.В. Кириллова. – М.: Экономика, 1967. – 397 с.
7. Шарп У., Александер Ф., Бэйли Дж. Инвестиции. Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1999. – XII, 1028с.
8. Kim S.H., Elsaid E.H. Estimation of Periodic Standard Deviations Under the PERT and Derivation of Probabilistic Information, *Journal of Business and Accounting*, vol.15, no.4 (Winter 1988), pp. 557-571.

РАЗРАБОТКА ПЛАНА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МЕТОДОМ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

И.Д. Павлов, И.А. Арутюнян

г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная академия

В настоящее время Украина вплотную подошла к рубежу, за которым начинается экономический рост. При этом необходимым условием использования оптимального подхода к планированию и управлению (принципа оптимальности) является гибкость, альтернативность производственно-хозяйственных ситуаций, в условиях которых приходится принимать планово-управленческие решения.

Существующие подходы к решению задач развития производства отражают строго присущую плановой экономике схему в которой актуальные проблемы регионального производства включают комплекс задач не учитывающих вариантности, формализованы на разной математической и логической основе. Отсутствие единой системной методологии в выработке оптимальных ОТР (организационно-технические решения) на основе фундаментального принципа системотехники – максимизация доходов – снижает эффективность задач планирования развития производства.

Для оптимизации плана организационно-технического развития использован метод оптимального программирования с использованием пакета прикладных программ. Критерием оптимальности расчетов служит при этом максимум годового экономического эффекта, получаемого в народном хозяйстве от внедрения всей совокупности мероприятий плана новой техники.

В модель вводились ограничения, касающиеся:

а) снижения себестоимости прироста прибыли по низовым строительно-монтажным организациям (СМО), сокращения трудовых затрат. Таким образом, ставились условия: суммарная экономия денежных и трудовых затрат в результате внедрения новой техники должна быть не меньше заданий по снижению себестоимости производства (приросту прибыли), а также по ус-

ловному высвобождению численности работников, которые предусматривается достичь от внедрения мероприятий плана.

б) В модель вводились также ограничения, учитывающие реальные возможности внедрения научно-технических достижений, обусловленные лимитами материально-технических и финансовых ресурсов.

в) Ограничения, учитывающие область рационального внедрения мероприятий в соответствии с объемами и структурой производимых работ, устанавливались в виде минимальной и максимальной границы объема внедрения. В модели поэтому значения показателей предусматриваются в определенных интервалах. В их пределах в процессе оптимизации плана определяется объем внедрения каждого мероприятия. При этом для некоторых мероприятий, подлежащих включению в план, допустима нулевая нижняя граница. Это позволяет оптимизировать сам перечень мероприятий, исключая те из них, которые не эффективны в сложившихся условиях.

Ниже приводится обобщенная характеристика экономико-математической модели формирования плана технического развития:

$$\sum_{i=1}^m \varepsilon_i x_i \rightarrow \max, \text{ при ограничениях:}$$

$$\sum_{i=1}^m t_i x_i \geq T_{nm},$$

$$\sum_{i=1}^m c_i x_i \geq C_{nm},$$

$$\sum_{i=1}^m r_i^h x_i \leq R^h; \quad h = 1, \bar{q},$$

$$\sum_{i=1}^m p_i x_i \geq P_{nm},$$

$$\sum_{i=1}^m d_i x_i \leq D_{nm},$$

$$W_{i\min} \leq X_i \leq W_{i\max},$$

где ε_i – годовой экономический эффект на единицу i -го мероприятия;

- x_i – объем внедрения i -го мероприятия;
- m – общее количество НТД, участвующих в формировании плана;
- c_i – снижение себестоимости производственных работ на единицу объема внедрения i -го мероприятия;
- C_{nm} – суммарное снижение себестоимости строительно-монтажных работ от внедрения НТД, включенных в план технического развития;
- p_i – прирост прибыли в промышленном производстве на единицу внедрения i -го мероприятия;
- P_{nm} – суммарный прирост прибыли от внедрения НТД, включаемых в план технического развития;
- t_i – уменьшение численности работников на единицу внедрения i -го мероприятий;
- T_{nm} – относительное уменьшение численности работников, планируемое от внедрения НТД, включенных в план технического развития;
- r_i^h – расход h -го вида ресурса на осуществление единицы i -го мероприятия;
- R^h – общий лимит h -го вида ресурса;
- q – количество видов фондируемых ресурсов;
- d_i – затраты на единицу i -го вида мероприятия;
- D – лимит затрат по всем источникам финансирования плана технического развития;
- W_{\min} и W_{\max} – минимальный и максимальный объем внедрения НТД в пределах структуры и объема производственных работ.

Использование предлагаемой ранее системы критериев и ограничений, с помощью которых определялось качество планово-экономического решения, способствовало согласованности хозяйственных интересов отдельных производственных организаций [6].

Как показала экспериментальная проверка предложенной методики оптимизации плана ОТР, предоставлена возможность дифференциации заданий по обобщающим технико-экономическим показателям в разрезе отдельных направлений научно-технического прогресса.

Существующие методы решения экстремальной задачи были

связаны с трудностями, которые приводили к усложнению преобразования задачи в канонический вид.

Переход к рыночным отношениям расширяет права и обязанности организации, что увеличивает возможности для проявления инициативы в выборе форм и средств повышения технического уровня производства.

В результате выполнения планов новой техники организация достигает роста качественных показателей – роста производительности труда, снижение себестоимости, что увеличивает прибыль. А также реализация объемов ОТР связана с привлечением дополнительных капитальных вложений, которые всегда ограничены.

$$\sum_{i=1}^I (\Delta C_i - E_n \Delta K_i) O_i X_i \rightarrow \max ;$$

$$\sum_{i=1}^I \Delta C_i O_i X_i \geq C_{общ} ,$$

$$\sum_{i=1}^I \Delta Q_i O_i X_i \geq Q_{общ} ,$$

$$\sum_{i=1}^I \Delta K_i O_i X_i \leq K_{дон} ,$$

$$0 \leq X_i \leq 1,$$

ΔC_i – экономия от снижения себестоимости на единицу измерения в результате внедрения i -го мероприятия; ΔK_i – капитальные вложения на единицу измерения при внедрении i -го мероприятия (дополнительного вложения); ΔQ_i – снижение затрат труда на единицу измерения в результате использования i -го мероприятия, O_i – максимально возможный объем данного вида работ (на котором предполагается использовать i -е мероприятие); x_i – уровень использования i -го мероприятия в плане [2].

Поэтому при планировании технического развития непрерывным этапом работы является экономическое обоснование и определение решения по максимизации экономических результатов.

При планировании технического развития на всех уровнях производства следует моделировать ситуации и оценивать сте-

пень риска принятых решений, что связано с необходимостью предвидеть перспективные направления и темпы технического развития. Наука и опыт предлагают широкий ассортимент прогрессивных методов технологии и организации производства, использования новых материалов, механизмов, а ресурсы, необходимые для реализации достижений НИТ, всегда ограничены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Шапиро В.Д., Немчин Л.М., Никешин С.Н. Управление проектами. – СПб.: Два–Три, 1996.
2. Павлов И.Д. Модели управления проектами: Учеб. пособие. – Запорожье: ЗГИА, 1999. – 316 с.
3. Галкин И.Г. Сборник задач по организации и планированию строительного производства. – М.: Высшая школа, 1985. – 240 с.
4. Бирман И.Я. Оптимальное программирование. – М.: Экономика, 1968. – 232с.
5. Педан М.П. Экономика строительства. – М.: Стройиздат, 1987. – 575 с.
6. Киевський В.Г. Планирование технического развития строительства – на уровень новых задач. – Экономика строительства. – 1984. – №11. – С. 8–12.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ УНИВЕРСАЛЬНЫМ АЛГОРИТМОМ НА ОСНОВЕ СЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И.Д. Павлов, Д.Ю. Мамотенко

г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная академия

Передовой отечественный и зарубежный опыт показывает, что использование систем технологий в управлении проектами значительно повышает эффективность их разработки и реализации. Самое общее определение УП – это «управление изменениями». Что же входит в состав понятия УП? Так как на этот счет существует много различных публикаций и мнений, то обратимся к авторитетному источнику: свод знаний по управлению проектами, PMI, США:

«Управление проектом (УП) или Project Management (PM) – это искусство руководства и координации людских и материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла проекта путем применения современных методов и техники управления для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству и удовлетворению участников проекта» [1].

Проекты, как правило, тогда считаются успешными, когда удается достигнуть поставленных целей проектов при соблюдении установленных сроков и бюджета.

Для уточнения «предмета» проекта в целом и для отдельных элементов структурного плана проекта должны быть найдены и включены в определение проекта **основные** и **частичные цели**. Поскольку цели проекта могут изменяться в ходе его осуществления и обнаруженные ошибки должны быть устранены, необходимо систематическое **управление изменениями**, чтобы планировать изменения, контролировать их проведение и воздействие на сроки, расходы и другие характеристики проекта. **Управление качеством** должно с начала осуществления проекта обеспечивать достижение установленного заказчиком или соответствующего требованиям рынка качества. **Управление контрактами** регулирует отношения с заказчиком, исполнителями и поставщиками.

Важно определить работы и процессы, которые необходимо выполнить для достижения результата проекта, и установить их последовательность. При помощи структурной или фазовой модели, которая делит весь процесс на отдельные временные отрезки, в первом приближении задается выполнение проекта. Окончание фаз соответствуют вехам, то есть значительным и, как правило, контролируемым событиям проекта. В большинстве случаев вехам соответствуют определенные промежуточные результаты [2].

В конце каждой фазы должно приниматься решение о прерывании проекта или его продолжении, возможно, со значительными модификациями. Для детального планирования работ и сроков недостаточно одной структурной модели, необходимо дополнять ее сетевым планом [1].

Сетевой план, в котором должны содержаться вехи фазовой модели, показывает зависимость отдельных работ друг от друга и позволяет произвести определение самых ранних и поздних сроков начала и окончания отдельных работ, а также резервы времени. Если на отдельные работы спроецировать необходимые для их выполнения средства, то можно определить потребность в средствах на проект или сумму проектов, распределенную во времени [3].

Результатом оценки потребности в используемых средствах с учетом расходов или прямого соотнесения расходов и работ (комплексов работ), является *планирование расходов* на проект, которое определяет размер, и распределение во времени спланированных для проекта расходов.

Путем определения зависящих от времени расходов осуществляется также планирование потребности в платежных средствах для проекта и формирование его бюджета.

Для планирования выполнения работ, времени, ресурсов и стоимости имеются специальные пакеты программного обеспечения, которые можно использовать при работе с персональными компьютерами и другими ЭВМ. Но данные программные разработки не учитывают таких факторов как например:

- ✓ выполнение проекта в срок, установленный инвестором;
- ✓ оптимизации проекта при ограниченных трудо-

вых и других ресурсов;

✓ реализации проекта с учетом транспортных перевозок;

✓ учет в проекте риска, неопределенности, конкуренции и многие другие.

Либо имеющиеся программы учитывают только один фактор, что приводит к такому вопросу как разработка универсального метода, с помощью которого можно было бы учитывать как можно больше факторов, влияющих на конечный результат проекта. На наш взгляд, для этого можно применять «алгоритм исключения дефекта» – сокращенно АИД (в оригинале «out-of-kilter algorithm» дословно переводится как «алгоритм беспорядка»), но с усовершенствованной методикой использования [4]. Данный метод является одним из первых специальных методов решения стандартной задачи о потоке минимальной стоимости. АИД имеет ряд свойств, которые делают его полезным и сегодня. К достоинствам АИД можно отнести следующие особенности:

- его легко понять и, следовательно, использовать в учебных целях;
- при вычислениях с его помощью не требуется специального способа представления исходных данных в памяти ЭВМ;
- не используются параметры внешних потоков в узлах. Вся информация такого сорта описывается с помощью соответствующих параметров дуг;
- перед началом его выполнения в качестве исходных данных можно задавать любые потоки, для которых выполняются условия сохранения. Поэтому алгоритм особенно удобен при анализе чувствительности решений, когда параметры изменяются.

Следует отметить, что эффективность АИД можно повысить, видоизменив стандартные схемы его реализации, и использовать при вычислениях базисные деревья.

Для постановки задачи используются такие основные понятия:

Узел (событие) – основной элемент сетевой модели, здесь в его смысл укладывается более широкое понятие, чем понятие

событие, которое в строительстве (или другом проекте) фиксирует состояние выполнения либо работы (операции) либо объекта (проекта). Здесь обычно обозначается физический объект, являющийся начальным или конечным пунктом (склад, магазин, предприятие, источник рабочей силы и т.д.). Узел, который порождает поток, называют источником, а поглощающий поток – стоком. Множество узлов сетевой модели обозначим через U .

Дугами называются линии, соединяющие различные узлы сети. Дуга (операция, ребро) является ориентированной, если поток по ней может протекать только в одном заданном направлении. Множество дуг сети мы условились ранее обозначать через A [5].

Сеть – это связанное множество дуг и узлов. Она используется для описания процессов, в которых единицы потока движутся из источника в сток.

Поток по дуге может принимать только определенное значение. Если заданы границы потока, то дуга имеет ограниченную пропускную способность (например, F_{ij}, L_{ij}).

В задаче используются понятия прямой и обратной дуги. Если направление движения по дуге совпадает с ее ориентацией, то дуга называется прямой. Если направление движения по дуге противоположно ее ориентации, то дуга называется обратной.

Рассмотрим ориентированную дугу, соединяющую узел i с узлом j . Если f_{ij} – величина дугового потока, то при $f_{ij}=0$ – поток отсутствует, если $f_{ij}>0$, поток протекает из узла i в узел j .

Сетевая модель, имеющая дуги с ограниченной пропускной способностью, называется сетью с ограниченной пропускной способностью [4–7].

Циркуляцией называется поток по дугам сети, для которого в каждом узле выполняется условие сохранения, т.е. суммарный поток, входящий в узел равен суммарному потоку, выходящему из узла. Для обеспечения существования циркуляции исходная сетевая модель модифицируется. Для этого вводится дополнительная дуга, соединяющая сток с источником. Эта дуга получила название возвратной (рис. 1). Способы построения возвратной дуги зависят от вида модели.

Для сети с ограниченной пропускной способностью всегда заданы верхние и нижние границы потоков по всем дугам.

Величина потока по каждой $(i, j) \in A$ должна быть заключена между верхним и нижним пределами и это ограничение не должно нарушаться. Для постановки задачи используем следующие обозначения: f_{ij} – дуговой поток, L_{ij} – нижняя пропускная способность дуги (i, j) , U_{ij} – верхняя пропускная способность дуги (i, j) , C_{ij} – стоимость прохождения единицы потока из узла i в узел j .

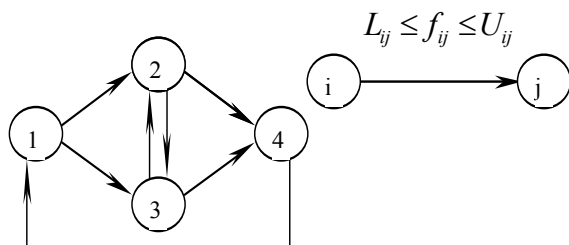


Рис. 1. Замкнутая модель с ограниченной пропускной способностью.

Стоимость прохождения единицы потока по $(i, j) \in A$ равна C_{ij} . Задача минимизации суммарной стоимости формулируется следующим образом. Минимизировать целевую функцию

$$L(f) = \sum C_{ij} f_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях на пропускную способность дуг

$$f_{ij} \leq F_{ij} \quad (i, j) \in A \quad (2)$$

$$f_{ij} \geq L_{ij} \quad (i, j) \in A \quad (3)$$

Для того чтобы количество продукта, поступающего в узел, равнялось количеству продукта, выходящего из этого узла, требуется выполнение условия сохранения потока

$$\sum f_{ji} - \sum f_{ij} = 0 \quad \text{для всех } i \in U, i \neq j \quad (4)$$

Задача определения оптимального потока, соответствующего циркуляции минимальной стоимости представлена в виде специальной задачи оптимального программирования (1÷4). Это и есть основная формулировка для описания алгоритма исключения дефекта (АИД). Используем условия оптимальности, которые выходят из природы теории двойственности линейного программирования. Перепишем условия (1) в виде

$$L(f) = \sum C_{ij} f_{ij} \rightarrow \max \quad (5)$$

при ограничениях

$$\sum f_{ji} - \sum f_{ij} = 0 \text{ для всех } i \in U \quad (6)$$

(условие сохранения потока)

$$\sum f_{ij} < \sum F_{ij} \quad (7)$$

(ограничение на потоки сверху),

$$-\sum f_{ij} \leq -L_{ij} \quad (8)$$

(ограничение на потоки снизу),

$$f_{ij} \geq 0 \text{ (условие не отрицательности потока).}$$

Для условия описания АИД целевая функция умножена на -1 . Задача минимизации преобразовалась в задачу максимизации и будем рассматривать ее как прямую задачу. Согласно известному в линейном программировании результату, для любой прямой задачи существует соответствующая ей двойственная задача. В нашем случае она формулируется следующим образом.

Минимизировать целевую функцию

$$Z(x) = \sum F_{ij} \alpha_{ij} - \sum L_{ij} \delta_{ij} \rightarrow \min \quad (9)$$

при условии, что

$$\pi_i - \pi_j + \alpha_{ij} - \delta_{ij} \geq -C_{ij} \quad (10)$$

для всех $(i, j) \in A$.

π_i не имеет ограничений по знаку для всех $i \in U$,

$$\alpha_{ij} \geq 0 \quad (11)$$

для всех $(i, j) \in A$,

$$\delta_{ij} \geq 0 \text{ для всех } (i, j) \in A.$$

Переменные π_i соответствуют ограничениям, описывающим условие сохранения потока для прямой задачи, и могут принимать произвольные значения, поскольку эти ограничения имеют вид равенства. Переменные α_{ij} в двойственной задаче соответствуют ограничениям сверху на потоки по дугам в прямой задаче (двойственные переменные F_{ij}), а переменные δ_{ij} – ограничения снизу (двойственные переменные L_{ij}). Каждой переменной f_{ij} в прямой задаче соответствует некоторое ограничение в двойственной задаче [4].

Несмотря на то, что алгоритм дефекта применим к широкому классу задач, процедуры поиска решения и критерий оптимальности для различных задач одни и те же, а изменяется лишь конфигурация сети. Таким образом, алгоритм дефекта обладает двумя важными достоинствами:

1. Он позволяет эффективно решать широкий класс потоковых задач.

2. Для начала работы процедуры оптимизации не требуется допустимого решения. Необходимо только, чтобы начальное решение удовлетворяло условию сохранения потока (в качестве начального решения всегда можно выбрать нулевой вектор).

Основное применение алгоритма дефекта при решении обобщенных потоковых задач, таких как:

1. Транспортная задача.
2. Задача о назначениях.
3. Задача о максимальном потоке.
4. Задача о дереве кратчайших цепей.
5. Задача о перевозках.

Для каждой из этих задач может быть дана сетевая постановка, к которой применим алгоритм дефекта. Кроме того, с помощью алгоритма дефекта формулируется и решается задача производственного планирования.

Мы доказали также, что задача выполнения проекта в срок, установленный инвестором может быть решена как частный случай алгоритма исключения дефекта. При практическом применении это еще больше расширяет возможности постановки, решения и интерпретации многих задач управления проектами.

Для применения алгоритма дефекта для экономических задач в сетевой структуре необходимо выполнить две процедуры:

1. Сформулировать исходную задачу в виде потоковой задачи с замкнутой сетью, имеющей ограниченную пропускную способность.
2. Задать начальные значения двойственных переменных (узловых чисел) и начальную циркуляцию, удовлетворяющую условию сохранения потока.

Подводя итоги можно сказать, что с помощью предложенного метода можно сформировать модель, отражающую единство всего межсистемного цикла: сырье – транспорт – производство – распределение – спрос – плавающие цены.

Предложенный метод решения задачи на базе алгоритма исключения дефекта (АИД) имеет преимущества и достоинства в сравнении с другими методами линейного программирования; обладает физической и экономической интерпретацией, отличается тем, что способствует перераспределению потоков в сети.

Разрабатываемая система включает в себя управление инве-

стиционно-строительными проектами (объекты управления) и управление инвестиционно-строительной деятельностью его участников (субъекты управления). Эта система предназначена для повышения эффективности управления проектами и деятельностью его участников. Система создается в интересах застройщиков, заказчиков, инвесторов и подрядчиков.

Разработанная программа ПОТОК (Delphi 5.0) доказала высокую работоспособность, сняла все трудности в практической реализации задач. Метод и программный продукт можно использовать для решения аналогичных проблем в других отраслях Украины – проектирование инженерных сетей, распределение различных по природе ресурсов: электроэнергии, нефтепродуктов, всевозможных поставок. Предложенный метод разработки моделей и их оптимизации носит универсальный характер, что в дальнейшем дает общий эффект для всех участников инвестиционного проекта. Итогом применения программы ПОТОК является улучшение координации деятельности участников проекта, унификация и стандартизация циркулирующей в системе управления информации, совершенствование методов расчета и повышение точности технико-экономических показателей, качества и эффективности подготовки и принятия решений. И главное, выполнение проекта с учетом ресурсно-временной оптимизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Воропаев В.И. Управление проектами в России. – М.: Аланс, 1995. – 221 с.
2. Управление проектами / В.Д. Шапиро, Л.М. Немчин, С.Н. Никешин. – СПб.: Два–Три, 1996.
3. Мир управления проектами / Под редакцией Х. Решке, Х. Шелле. Пер. с англ. – М.: Аланс, 1993. – 304 с.
4. Филлипс Л.А., Гарсиа–Диас А. Методы анализа сетей: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 490 с.
5. Павлов И.Д. Модели управления проектами: Учеб. пособие. – Запорожье.: ЗГИА, 1999. – 316 с.
6. Иенсен П., Барнес Д. Потокное программирование: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1984. – 392 с.
7. Форд Л.Р., Фалкерсон Д. Потоки в сетях: Пер. с англ. И.А. Вайнштейна. – М.: Мир, 1966. – 276 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ В НОВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

И.Д. Павлов, М.Д. Терех

г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная академия

С целью снижения расходов энергетических ресурсов на отопление зданий, приказом Государственного Комитета Украины по делам градостроительства и архитектуры от 27 июня 1996 г. № 117 введено в действие с 1 октября 1996 г. изменение № 1 к СНиП-II-3-79** «Строительная теплотехника», согласно которому повышаются нормативные значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций до 1,5–2,4 м²·°С/Вт в зависимости от температурных зон и конструкций наружной стены.

Наряду с существованием нормативных значений сопротивление теплопередаче целесообразно принимать исходя из экономических расчетов. В настоящее время в связи с высокой стоимостью и дефицитностью энергоресурсов и наличием большого количества рекомендуемых систем теплоизоляции при проектировании очень важно реально оценить термическое сопротивление ограждающих конструкций по капитальным и эксплуатационным затратам.

В условиях плановой экономики величина экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждения $R_{\text{опт}}$ соответствовала минимуму приведенных затрат, равных сумме капитальных затрат K и эксплуатационных расходов \dot{E} (рис. 1).

$$P = K + \dot{E} \cdot T_H \quad (1)$$

При этом в соответствии с [1] расчет оптимального термического сопротивления с учетом нормативного срока окупаемости затрат на устройство дополнительного утепления ведется по формуле:

$$R_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ом.нр.}}) \cdot Z_{\text{ом.нр.}} \cdot m \cdot C_m \cdot l_m \cdot T_H}{\lambda_{\text{ум}} \cdot C_{\text{ум}}}} \quad (2)$$

где $\delta_{\text{ум}}$ – толщина утеплителя, оптимальное значение которой

необходимо определить, m ; $C_{ут.}$ – стоимость утеплителя в конструкции, грн/м³; $t_{в}$ – температура воздуха в помещении, °С; $t_{от.пер.}$, $Z_{от.пер.}$ – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность отопительного периода, час; m – коэффициент, учитывающий теплопотери на инфильтрацию; l_t – коэффициент, учитывающий будущее удорожание тепловой энергии; C_t – стоимость тепловой энергии грн/Вт; $\lambda_{ум.}$ – теплопроводность

утеплителя $\frac{Bm}{m^2 \cdot ^\circ C}$.

Были проведены расчеты оптимального термического сопротивления согласно формуле (2) для зданий с различными материалами в качестве утеплителя. Например, для варианта утепления с использованием газобетона и нормативном сроке окупаемости $T_H=6$ лет получаем $R_{опт.}=1,81 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$.

В связи с действием рыночных условий методика сравнения эффективных вариантов технологий и инвестиций по приведенным затратам не отражает реальных экономических показателей. В настоящее время оценку эффективности утепления жилых и гражданских зданий следует вести на основе расчетов совокупной дисконтированной стоимости проекта дополнительной теплоизоляции.[2] Эксплуатационные затраты при этом учитываются за весь период эксплуатации здания.

С учетом нового подхода оптимальным будет приниматься тот вариант утепления, у которого совокупные затраты будут минимальными:

$$Z = K + \sum_{t=1}^T \frac{\Delta_t}{(1+r)^t} \Rightarrow \min, \quad (3)$$

где K – капитальные затраты на устройство ограждающей конструкции и системы отопления, грн./м²;

$\sum_{t=1}^T \frac{\Delta_t}{(1+r)^t}$ – сумма эксплуатационных затрат (затраты на

тепловую энергию, ремонт ограждения и систем отопления), за весь период эксплуатации здания с учетом дисконтирования грн./м²;

\mathcal{E}_t – эксплуатационные затраты в t -ом году, грн./($m^2 \cdot \text{год}$)

Примем эксплуатационные затраты одинаковыми по величине в каждом периоде, тогда формула (3) примет вид:

$$3 = K + \mathcal{E}_t \cdot \frac{1 - (1+r)^{-T}}{r}, \quad (4)$$

где r – ставка дисконтирования; T – расчетный срок (срок эксплуатации здания).

Оптимальное термическое сопротивление определим из уравнения [3]:

$$\frac{\partial(3)}{\partial(R)} = 0. \quad (5)$$

Приняв в целях упрощения задачи капитальные затраты только на устройство ограждающей конструкции, а эксплуатационные затраты равными только стоимости теряемого тепла, имеем:

$$K = C_k + \delta_{ym.} \cdot C_{ym.}$$

$$\mathcal{E}_t = \frac{(t_{\theta} - t_{om.nep.}) \cdot Z_{om.nep.} \cdot m \cdot l_m}{R_k + \frac{\delta_{ym.}}{\lambda_{ym.}}} \cdot C_m, \quad (6)$$

где C_k – стоимость ограждающей конструкции без учета стоимости теплоизоляционного слоя, грн.; R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции без слоя утеплителя.

Совокупные затраты равны:

$$3 = C_k + \delta_{ym.} \cdot C_{ym.} + \frac{(t_{\theta} - t_{om.nep.}) \cdot Z_{om.nep.} \cdot m \cdot l_m}{R_k + \frac{\delta_{ym.}}{\lambda_{ym.}}} \cdot C_m \cdot \frac{1 - (1+r)^{-T}}{r} \quad (7)$$

Данное уравнение дифференцируем по $\delta_{ym.}$ и приравниваем нулю.

$$\frac{\partial(3)}{\partial(\delta_{ym.})} = C_{ym.} + \frac{(t_{\theta} - t_{om.nep.}) \cdot Z_{om.nep.} \cdot m \cdot l_m}{\lambda_{ym.} \cdot (R_k + \frac{\delta_{ym.}}{\lambda_{ym.}})^2} \cdot C_m \cdot \frac{1 - (1+r)^{-T}}{r} = 0 \quad (8)$$

Решая данное уравнение, находим R_{opt} :

$$R_{\text{онм.}} = R_{\text{к}} + \frac{\delta_{\text{ym.}}}{\lambda_{\text{ym.}}} = \sqrt{\frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ом.пер.}}) \cdot Z_{\text{ом.пер.}} \cdot m \cdot C_m \cdot l_m \cdot 1 - (1+r)^{-T}}{\lambda_{\text{ym.}} \cdot C_{\text{ym.}} \cdot r}} \quad (9)$$

Вычисленное $R_{\text{ОПТ}}$ по полученному выражению для $T=50$ лет, $r=0,15$ и утеплителя из газобетона равно $1,91 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$.

В формуле (9) оптимальное термическое сопротивление определяется с учетом затрат за весь период эксплуатации ограждающей конструкции, приведенных к начальному моменту расчетного периода, а не только за нормативный срок окупаемости.

При проектировании ограждающей конструкции $R_{\text{ОПТ}}$ следует определять по формуле (9), так как она отражает реальные условия рыночной экономики. Величина $R_{\text{ОПТ}}$, как правило, превышает нормативные значения, приведенные в [4]. Так при утеплении

ограждающих конструкций газобетоном $R^{\text{н}}=1,7 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$, в

то время как оптимальное значение термического сопротивления,

определенное по совокупным затратам, равно $1,91 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$.

Технико-экономические показатели проектов утепления ограждающих конструкций газобетоном при $R^{\text{н}}$ и $R_{\text{ОПТ}}$ даны в табл. 1

Таблица 1

Технико-экономические показатели проектов утепления газобетоном при $R^{\text{н}}$ и $R_{\text{ОПТ}}$

Показатель	$R, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$	Толщина утеплителя при R, см	Капитальные затраты, грн./м ²	Эксплуатационные затраты, грн./м ²	Экономия, грн.(м ² *г од)	Совокупные затраты, грн./м ²
$R^{\text{н}}$	1,7	8	43,6	36,7	4,9	80,3
$R_{\text{ОПТ}}$	1,91	10	47,2	32,7	5,5	79,9
%	+12	+25	+8,2	-11	+12,5	-5,6

Как видно из таблицы 1, принятие при проектировании ограждающих конструкций здания $R_{\text{ОПТ}}$ вместо $R^{\text{н}}$ приведет к увеличению капитальных затрат на 8,2%, однако ежегодная экономия при этом увеличится на 12,5%, что в целом приведет к ми-

нимому совокупных затрат.

Утепление ограждающих конструкций существующего жилого фонда, сопротивление теплопередаче которых не соответствуют нынешним нормам, что приводит к большим теплопотерям, и в связи с высокой стоимостью и дефицитностью энергоресурсов, является насущной проблемой и важнейшей народнохозяйственной задачей.

Совокупные затраты на утепление зданий зависят главным образом от стоимости тепловой энергии и капитальных затрат на дополнительную теплоизоляцию. Так как снижение стоимости тепловой энергии в ближайшем будущем не прогнозируется, то необходимо снижать капитальные затраты на устройство теплоизоляции. С этой целью целесообразно вести поиск новых эффективных и недорогих отечественных теплоизоляционных материалов, эффективных технологий по устройству теплоизоляции, элементов крепления и защитных элементов, путей механизации работ.

Литература

1. СНиП–II-3-79**. Строительная теплотехника / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 32 с.
2. Ковалев В.В. Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 512 с.
3. Богословский В.Н. и др. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов/ 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 295 с.
4. Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огорожуючих конструкцій будинків. Навч. посібник / О.В. Сергейчук. – К.: Такі справи, 1999. – 156 с.

МОДЕЛЮВАННЯ У ДОСЛІДЖЕННІ СОЦІАЛЬНИХ ЯВИЩ

А.В. Погорілецька

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Важливою особливістю інформаційної епохи є потреба, удосконалення соціологічних методів дослідження, оптимізації процедур соціального проектування і прогнозування. Інформація сприяє збільшенню загальних знань, які отримуються людиною, маючи технічну основу вона стає елементом культури і відіграє досить вагому соціальну роль. Саме тому ХХІ століття – інформаційне, а інформаційний простір передбачає прогнозування явищ і процесів, які мають відбутися у суспільному житті.

Безліч проблем, що виникають у процесі аналізу і прогнозування соціальних, політичних і економічних явищ, можуть бути вирішені лише за допомогою. Скажімо, можна підрахувати і спрогнозувати, підвищення потреб, які досягаються з найменшими витратами і дають певний економічний ефект. Дослідник, моделюючи явище на комп'ютерній техніці, отримує його модель – тобто інформацію про його структуру, функціональні зв'язки, що реально наближена до реального явища або об'єкта, що досліджується. Моделювання базується на заміні реальних об'єктів їх умовними аналогами – моделями. Існують різні погляди на призначення моделі. Так, на думку Ісаєва І.Т., існує чотири розуміння моделі. По-перше, модель – це результат і продукт активної перетворюючої теоретико-практичної діяльності людини. А тому, це не просто який-небудь об'єкт природи, а об'єкт, перетворений людиною для визначення пізнавальних цілей. По-друге, модель – це матеріально-предметний об'єкт або система, яка виступає провідною ланкою між дослідником і досліджуваним об'єктом, який часто називають об'єкт-оригіналом. Модель не замінює оригінал, а виступає як метод дослідження оригінала. По-третє, існує діалектичне відношення між уявленням і моделлю, яке передбачає як їх спільність, так і різницю. В уявленні ідеальної форми реалізується образне відображення дійсності. Уявлення виступає як безпосередньо гносеологічна

основа формування моделі. А модель – це ніби субстратно-предметне втілення уявлення, і, нарешті, дослідження модельних закономірностей використовується для більш глибокого пізнання об'єкта-оригінала, що вивчається. Моделювання – це метод дослідження об'єктивно існуючих явищ, які базуються на використанні моделей [1, с. 246-247]. Тобто, за допомогою моделей можна проектувати поширені життєві ситуації. Це робиться для того, аби реальний соціальний об'єкт, став більш вільним і розкутим, ніж у реальному житті. Отже, у ситуаціях, що моделюються проявляються не тільки розповсюджені звичні стереотипи поведінки, але й невиконані суб'єктом дії, перепонами для реалізації яких у житті можуть бути об'єктивні або суб'єктивні реалії діяльності, правові норми, специфічні якості особистості. Іноді моделювання є єдиною можливістю для отримання знань про “неможливе” у сучасному світі: демографічний вибух, холодна або ядерна війна, епідемія хвороби тощо.

Проблема вибору моделі є головним завданням моделювання конкретного соціального процесу. Вибір моделі визначається можливостями її інформаційного забезпечення. А саме, формулювання соціально-економічного процесу у вигляді математичної задачі, накладанні обмежень і додаткових умов на модель. Значення моделі у кінцевому результаті повинно зводитись до отримання інформації, яку неможливо отримати іншими засобами. Під час побудови моделі, необхідно будувати системи на основі глибинних органічних зв'язків, вона повинна бути життєдіяльною, реальною для своєї реалізації і відтворення. Системі необхідно мати суттєві зв'язки, інакше, без врахування цього принципу, модель припинить своє реальне функціонування при довільній несподіванці. Слід враховувати, що модель соціального процесу є елементом суспільства. Вона повинна виконувати вказану функцію досягнення конкретної цілі, або розв'язання питання, яке важно розв'язати, а іноді і неможливо, засобами соціології. Проектування моделі слід починати з встановлення галузі, до якої відноситься певне завдання, яке необхідно розв'язати методами математичного апарату. Необхідно пам'ятати, що все суспільство є цілісною системою, що складається з підсистем, які можна представити у вигляді моделей, що функціонально впливають одна на одну.

При виборі методів дослідження соціального процесу слід спроектувати його як динамічну систему з багатьма входами, на яку діють випадкові фактори. Окрему особистість можна представити як функцію із певними параметрами. Параметри необхідно визначати відносно характеристик особистості, які об'єднані в єдину структуру; кількість параметрів залежить від необхідних і конкретних характеристик явища або особистості. Декілька особистостей утворюють соціальну групу і можуть бути представлені за допомогою віяла полем випадкових функцій.

У зв'язку з розмаїттям проблем, які прагнуть вирішити соціологи, виникає потреба у пошуку нових методів прогнозування соціальних процесів, за допомогою знань і методів інших дисциплін. Цікавими є способи трансформації технічних методів до явищ соціології. Завдання соціології, що переведені на мову комп'ютера, можуть бути вирішені засобами теорій автоматичного управління, при моделюванні систем управління, при імітаційному моделюванні. При комп'ютерному моделюванні об'єкт вивчення і його соціологічна теорія є первинними у відношенні до методів і експертних оцінок. На цьому етапі виникає питання: яка з математичних теорій, який математичний апарат може найповніше може описати об'єкт, що моделюється?

Процеси у соціології є багатofакторні, а фактор представляє собою цільову функцію, яка має один або декілька екстремумів. До соціального процесу математики адаптують конкретний метод,

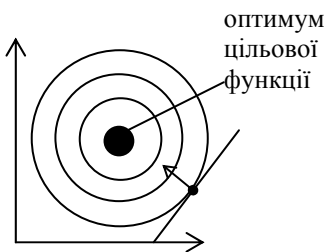


Рис. 1. Метод градієнтного спуску. Тому при пошуку максимуму обирається максимум градієнта, а при пошуку мінімуму – анти-градієнта. Даний метод є інтеграційним процесом, який має високу швидкість збіжності.

використовуючи числові методи моделювання. Прикладом числових оптимізаційних методів є метод градієнтного спуску (рис. 1). Ідея його полягає в тому, що градієнт функції завжди вказує в бік найбільш швидкого зростання функції.

Цей метод можна застосовувати до соціальних явищ, при цьому у їх процесі можна виділити ряд найбільш значущих фак-

торів і розглянути систему їх взаємодії.

При одночасному моделюванні декількох можливих наборів параметрів процесу або декількох процесів зручніше і наглядніше використовувати графічне моделювання, яке реалізується на підставі методу-павука (рис.2).

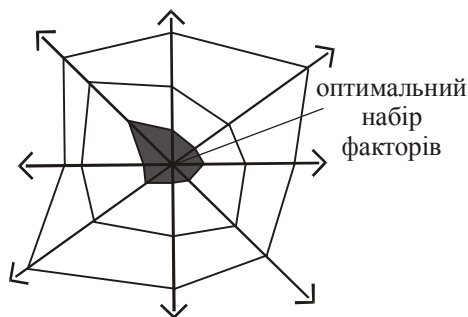


Рис. 2. Метод-павук

“Ідея цього методу полягає у побудові плоскісної фігури з великою кількістю осей, число яких задається числом критеріїв процесу або числом процесів. У результаті отримується набір многокутників, що описують стан процесу. Найкращий набір параметрів процесу буде трансформуватися у фігуру з найменшою площею павутини” [2, с. 164-165].

Тож, як бачимо, використання сучасної комп’ютерної техніки дозволяє створити програмне забезпечення моделювання соціальних явищ, в яких модель імітує поведінку об’єкта при різних вихідних даних, вихідних параметрах і обмеженнях. Це дає можливість прогнозувати конкретні події соціального життя, які на практиці є важко дослідити. Поєднання математики, інформатики, автоматки, фізики необхідно під час аналізу і побудови моделі з соціології. Отже, позитивна тенденція міжпредметних зв’язків, яка складається сьогодні у наукових дослідженнях соціальних процесів. Уможливорює отримання більш точної, а іноді і більш вагомої інформації про майбутнє соціальне життя суспільства в цілому, а також, його окремих соціальних підсистем.

Література

1. Методологические основы научного познания / Под ред. проф. Попова П.В. – М.: Высш. шк., 1972. – 272 с.
2. Прокопенко М.Н. Моделирование социологических процессов // Диагностика и прогнозирование социальных процессов. Сборник научных трудов кафедры социологии. Выпуск 2. – Белгород: БелГТАСМ, 1999. – 172 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕГТЕБЕТОНА

С.С. Поливцев

г. Макеевка, Донбасская государственная академия строительства и архитектуры

Одним из важных вопросов при проектировании составов асфальто- и дегтебетонов является выбор вяжущего. Основной характеристикой каменноугольных дорожных дегтей (КДД) является вязкость. В зависимости от вязкости КДД разделены на шесть марок: Д-1, Д-2, ... Д-6 (ГОСТ 4641-80).

Произведены исследования зависимости физико-механических свойств горячего мелкозернистого дегтебетона (тип В) от вязкости КДД.

Для приготовления дегтебетонных смесей использовались каменноугольные дорожные дегти (КДД) марок Д-3, Д-4, Д-5 и Д-6 (табл. 1). Каменноугольные дегти составлены из среднетемпературного пека марки Б (ГОСТ 1038-75) с температурой размягчения по КиШ 81°C, содержанием альфа-фракции 27,98% (зольность 0,3%) и антраценового масла (ТУ 14-666-71).

Таблица 1
Характеристики каменноугольных дорожных дегтей

Марка	Д-3	Д-4	Д-5	Д-6
Вязкость	$C_{30}^{10}=47$ с	$C_{30}^{10}=108$ с	$C_{30}^{10}=181$ с	$C_{50}^{10}=75$ с
C_v , %	16,28	19,91	22,62	27,65

Щебень и песок получены дроблением и рассевом гранита Караньского месторождения со следующими показателями: марка – 1200; насыпная плотность – 1410 кг/м³; плотность – 2670 кг/м³; дробимость в водонасыщенном состоянии – 6,2%; содержание зерен лещадной и игловатой формы 6%; износ в полочном барабане – 2,3%. Использовался известняковый минеральный порошок.

Совмещение минеральных материалов и каменноугольного дегтя производили при температуре 110–115°C. Содержание КДД в дегтебетонной смеси 7,7%.

В качестве параметра, характеризующего КДД при построении математических моделей, принята объемная концентрация дисперсной фазы C_v [1]. Проведен однофакторный эксперимент на четырех уровнях.

Для перехода от натуральных значений концентрации дисперсной фазы КДД к нормализованным значениям используется формула (1).

$$x(C_v) = \frac{C_v - 21,965}{5,685} \quad (1)$$

Для образцов дегтебетона определялись следующие показатели: плотность (ρ), водонасыщение (W), набухание (H), предел прочности при сжатии при 0, 20, 50 °С (R_0, R_{20}, R_{50}). В каждой точке плана эксперимента производилось три параллельных измерения каждого показателя.

Анализ экспериментальных данных производился с помощью пакета программ «Астат 2.6». На первом этапе анализа для каждой серии образцов определялись математическое ожидание и дисперсия экспериментальных данных. С помощью критерия Кохрена производилась проверка однородности дисперсий.

На втором этапе производился расчет коэффициентов уравнений регрессии [2]. Значимость коэффициентов уравнений проверялась с помощью критерия Стьюдента. Получены математические модели в виде полиномов 1-й и 2-й степени.

Зависимость водонасыщения и набухания дегтебетона от концентрации дисперсной фазы описывается уравнениями (2) и (3) соответственно.

$$W = 2,33 - 0,56 \cdot x \quad (2)$$

$$H = 0,37 - 0,32 \cdot x \quad (3)$$

При увеличении концентрации дисперсной фазы КДД наблюдается снижение водонасыщения образцов дегтебетона (рис. 1). При уровне риска $\alpha = 0,05$ определены доверительные интервалы расчетного значения W . На рис. 1 пунктирной линией обозначена нижняя граница доверительного интервала, штрих пунктирной линией обозначена верхняя граница.

Набухание горячего дегтебетона, аналогично водонасыщению, снижается при применении более вязких дегтей (рис. 2).

Математические модели (4), (5), (6) описывают изменение предела прочности при сжатии дегтебетона при 0, 20 и 50 °С.

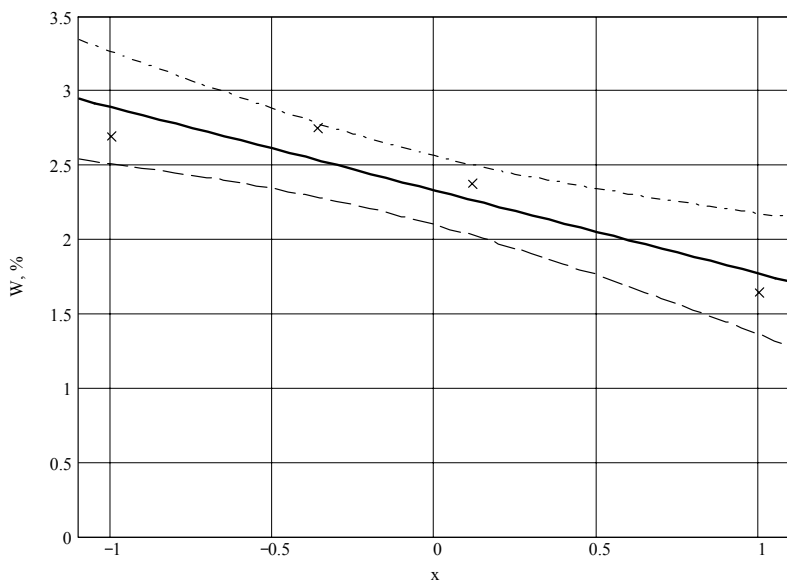


Рис. 1. Зависимость водонасыщения (W) дегтебетона от концентрации дисперсной фазы дегтя

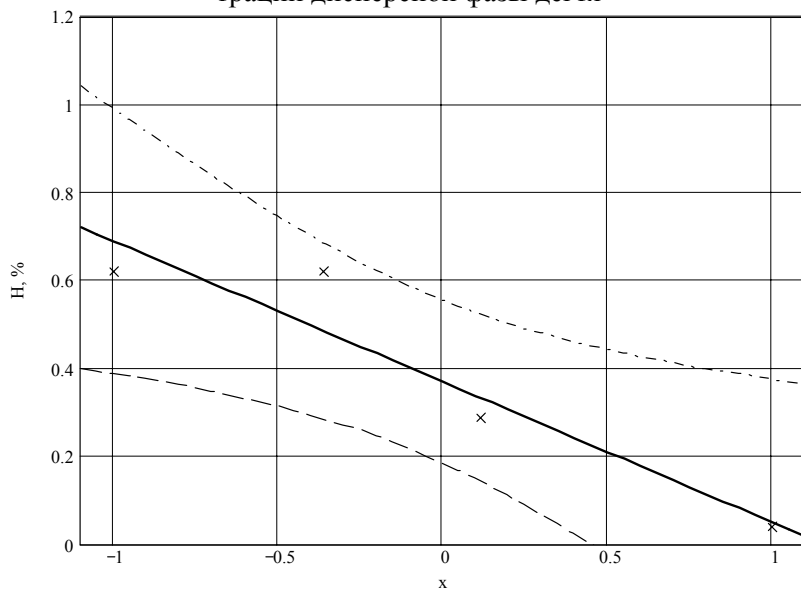


Рис. 2. Зависимость набухания (H) дегтебетона от концентрации дисперсной фазы дегтя

$$R_0 = 5,80 + 4,41 \cdot x + 1,46 \cdot x^2 \quad (4)$$

$$R_{20} = 2,04 + 1,22 \cdot x + 0,59 \cdot x^2 \quad (5)$$

$$R_{50} = 0,70 + 0,40 \cdot x + 0,21 \cdot x^2 \quad (6)$$

Все коэффициенты уравнений регрессии статистически значимы. Дисперсии неадекватности для данных моделей составляют 0,808, 0,022, 0,0011 соответственно.

Гипотезы об информационной способности и адекватности математических моделей проверены с помощью критерия Фишера.

При увеличении концентрации дисперсной фазы в КДД происходит рост его вязкости и растет предел прочности при сжатии дегтебетона. На рис. 3 приведена зависимость предела прочности при сжатии дегтебетона при 20°C от концентрации дисперсной фазы. Доверительный интервал расчетного значения R_{20} определен при уровне риска $\alpha=0,1$.

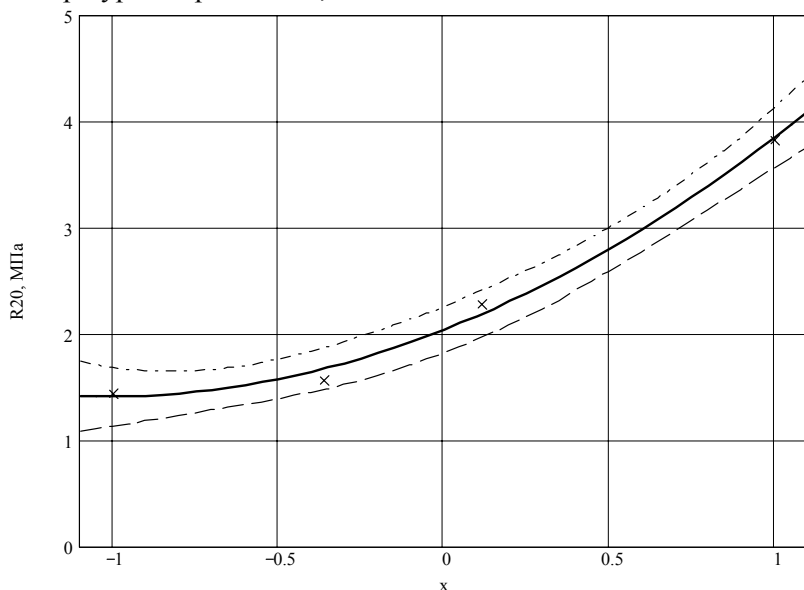


Рис. 3. Зависимость предела прочности при сжатии дегтебетона при 20°C от концентрации дисперсной фазы дегтя

Наиболее чувствителен к изменению C_v предел прочности при сжатии при 0°C. Предел прочности при сжатии при 50°C менее чувствителен к изменению вязкости дегтя, об этом свиде-

тельствует меньшее значение коэффициентов уравнения регрессии при x и x^2 по сравнению с уравнениями (4) и (5).

Предлагаемые экспериментально-статистические модели позволяют рассчитать вязкость каменноугольных дорожных дегтей для получения дегтебетона с заданным комплексом физико-механических свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Братчун В.И., Поливцев С.С., Пактер М.К., Доня А.П., Повзун А.И. Состав, структура и свойства каменноугольных дорожных дегтей // Автошляховик України. – 1997. – №2. – С. 38–41.
2. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

А.П. Полищук, С.А. Семериков

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

На примере динамических объектов, описываемых линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами, рассматриваются типовые трудности реализации последовательных алгоритмов коррекции параметров математической модели по экспериментальным данным и способы их преодоления.

Математическая модель линейной системы может быть представлена в одной из форм, позволяющих решить задачу анализа – вычисление реакции процесса на заданное управление произвольного типа при нулевых или ненулевых начальных условиях. Это может быть дифференциальное уравнение порядка n , передаточная функция в форме преобразования Лапласа, импульсная реакция процесса, заданная вектором своих значений на конечной последовательности значений времени, частотные характеристики процесса и др.

Неклассическая постановка задачи идентификации математической модели.

В традиционной постановке задача вычисления коэффициентов a_i модели вида

$$\sum_{i=0}^n a_i f^{(i)}(t) = u(t), \quad (1)$$

где i – порядок производной;

$u(t)$ – входная управляющая (или возмущающая) функция;

$f(t)$ – реакция процесса на $u(t)$;

t – время,

требует для своего решения знания всех составляющих вектора состояния процесса; другими словами, необходимо измерение значений функции и всех входящих в уравнение ее производных в последовательные моменты времени. Если n – порядок

уравнения и N – количество отсчетов, то решение системы $N-n > n$ линейных уравнений по методу наименьших квадратов (в предположении наличия погрешностей измерений) дает вектор коэффициентов моделирующего уравнения. Но в реальных экспериментах на реальных процессах измерение производных реакции объекта со сколь-нибудь приемлемой точностью невозможно и в процедурах идентификации приходится оперировать только векторами значений управления и реакции на конечном интервале времени. Методы численного дифференцирования или предварительной аналитической аппроксимации с последующим многократным дифференцированием могут обсуждаться, но не могут эффективно использоваться из-за неприемлемо больших погрешностей вычисления производных, неизменно искажающих результат идентификации.

О методе экспоненциальной аппроксимации.

И все же метод аналитических замен может эффективно использоваться для решения задач идентификации линейных процессов при условии, что порядок уравнения нам известен, переходом к разностной форме уравнения (1) [1]. Так как решение уравнения (1) предполагается в форме

$$f(t) = \sum_{i=0}^n A_i e^{p_i t}, \quad (2)$$

справедливой для множества равноотстоящих значений t_j ($j=1, 2, \dots, N$), то как стоящие под знаком суммы экспоненты, так и сама функция $f(t)$ должны удовлетворять разностному уравнению с постоянными коэффициентами, имеющему характеристические корни $\rho = e^{p_i}$, вида:

$$\sum_{j=0}^n c_j f(t_i + j\delta t) = 0, \quad (3)$$

где t_i – время в i -м отсчете ($i=0, 1, \dots, N-n$);

j – сдвиг по последовательности отсчетов.

Получаем избыточную систему линейных алгебраических уравнений, решение которой методом наименьших квадратов дает вектор коэффициентов c_i характеристического уравнения

$$\sum_{j=0}^n c_j f(t_i + j\delta t) = 0, \quad (4)$$

а его корни дают нам значения ρ_i , логарифмы которых представляют собой коэффициенты в показателях экспонент p_i для (2). Коэффициенты A_i в (2) и решение в целом теперь легко отыскиваются решением составленной на базе этого уравнения системы. При необходимости получить коэффициенты левой части уравнения (1) достаточно перемножить двучлены $(p - p_i^*)$.

Но если порядок уравнения неизвестен, приходится переходить к методу проб, задаваясь порядком, идентифицируя модель для этого порядка, вычисляя реакцию этой модели на заданное управление и оценивая степень близости реакций модели и объекта – например, двигаясь от 2-го порядка к 3-му, затем к 4-му и т.д. Из всех попыток наилучшей придется считать ту, которая даст наилучшее совпадение реакций.

Об оценке близости функций, заданных векторами своих значений на конечном множестве значений аргумента.

Теория идентификации лукаво относит выбор критерия близости к прикладным областям – прежде всего в силу трудности дать общие обоснованные рекомендации – и в распоряжении разработчика по-прежнему в основном только Гауссовы оценки по минимуму суммы квадратов отклонений и Чебышевский минимум. Привлекательность Гауссова критерия очевидна – мы получаем унимодальную функцию оцениваемых параметров модели с фиксированным нулевым значением абсолютного минимума (при отсутствии погрешностей), что дает возможность ранжировать результаты попыток при варьировании структуры модели. Но специалисты по идентификации неоднократно отмечали (например, [2]) возможность получения неудовлетворительных результатов при использовании этого критерия. Одна из причин этого, по нашему мнению, в следующем. Критерий Гауса представляет собой квадрат модуля разностного вектора (в задачах идентификации – векторов значений реакций объекта и модели на одно и то же управление). При изменении вектора параметров модели вектор ее реакции на управление изменяет и направление и модуль. Нас интересует только направление (модуль вектора легко доопределяется нормированием по одному из идентифицируемых параметров). Но при сближении векторов по направлению (то есть при правильном шаге коррекции параметров модели) разностный вектор может не уменьшиться, а увели-

читься по модулю за счет увеличения модуля вектора реакции модели, и результат попытки будет оценен как отрицательный. Блокирование этой ситуации осуществляется просто фиксированием модуля разностного вектора, например, нормированием по модулю с последующим масштабированием модулем вектора реакции объекта. Мы получаем 2 вектора, отличающиеся только направлением и каждая попытка варьирования параметров модели получает адекватную оценку. Использование этого приема избавило нас от неоднозначности оценки результатов при исследовании ряда поисковых алгоритмов идентификации.

Фрагмент подпрограммы нормирования критерия близости по предложенному алгоритму (при наличии классов векторов с перегруженными операциями векторной арифметики) на языке C++ выглядит прозрачно (~ – операция нормирования вектора по модулю):

```
/*Приведем вектор реакции модели к модулю вектора реакции
объекта*/
VecModel=(~VecModel)*ModVecExper;
//Вычислим вектор разности экспериментального
//и модельного векторов решения
dvector res=VecExper-VecModel;
//Максимально возможный модуль разности равен
//удвоенному модулю экспериментального вектора
double mres=!res;
//Возвращаемое значение критерия - в пределах 0.0-1.0
return mres*(1.0/(2.0*ModVecExper));
```

О вычислении комплексных корней полиномов.

Эта процедура неизбежна в реализации алгоритмов идентификации и параметризованный класс полиномов с возможностями комплексной полиномиальной арифметики должен быть в библиотеке специалиста в области математического моделирования. Обычно используют численные методы, основанные на выделении в многочлене квадратичных трехчленов, вычислении их коэффициентов и использовании двумерного аналога метода Ньютона (метод Берстоу [1] и др.). По нашему мнению, ничуть не хуже классический метод Ньютона для полинома с комплексными коэффициентами. Мы приводим простейший рекурсивный вариант подпрограммы из нашей библиотеки [5, 6], который испытан и надежно работает для полиномов до 20-й степени (здесь `svector`, `spolynom` – комплексные вектор и полином, `derive` –

функция дифференцирования полиномов, арифметические операции перегружены в классе полиномов):

```
cvector newton(cpolynom p)
{
    double t=1,eps=1e-5; cvector result=p.getm()-1,tv;
    /*если вектор-результат одномерный, то имеем дело с
    полиномом первой степени*.
    if(result==tv) { result[0]=-p[0]/p[1]; return result; }
    //начальное приближение к корню
    complex z(1.0,1.0);
    do{
        complex dz(0.0,0.0); //real(dz)==0 && imag(dz)==0;
        dz=derive(p,1)(z);
        z=p(z)/dz; //модифицируем приближение
    }while(abs(p(z))>eps); /*повторяем до достижения задан-
    ной точности*/
    /*В этом цикле находится только один корень z. Для на-
    хождения остальных делим исходный полином на x-z, понижая
    тем самым степень на единицу, и находим ещё один корень,
    и т.д. до первой степени */
    result[0]=z; cpolynom z1=2.0; z1[0]=-z,z1[1]=1.0;
    cvector more=newton(p/z1); //рекурсивный вызов
    for(long i=1;i<result.getm();i++) result[i]=more[i-1];
    return result; //возвращаем вектор результата
}
```

В этом алгоритме начальное (в общем случае – произвольное) приближение обязательно должно задаваться с ненулевой мнимой частью, иначе поиск будет осуществляться только в вещественной области. Для блокирования случаев близкой к нулю 1-й производной можно использовать модифицированный алгоритм с переходом к вычислению высших производных (до первой ненулевой).

О выборе начального приближения вектора параметров модели в поисковых и рекуррентных алгоритмах последовательного уточнения параметров модели.

Дрейф характеристик реальных объектов в процессе функционирования из-за износа, старения, расходования рабочей среды и пр. неизбежен, и системы идентификации должны отслеживать этот дрейф по непрерывно обновляемым выборкам измерений с помощью достаточно быстродействующих алгоритмов, обеспечивающих получение адекватного результата при пренебрежимо малом изменении параметров объекта за время идентификации. На первый план выдвигается задача минимизации объ-

ема вычислений для получения результата. При этом возникает потребность в 2-х типах алгоритмов: для быстрого вхождения в субоптимальную область в начальной фазе при сравнительно невысоких требованиях к точности полученного результата и для «доводки» параметров модели до максимально возможного удовлетворения требований к точности воспроизведения поведения объекта.

Наиболее привлекательным для выполнения первой фазы идентификации, особенно для систем высокого порядка, выглядит алгоритм последовательного симплексного поиска экстремума в многомерном пространстве [3]. Сущность алгоритма проста. В пространстве идентифицируемых параметров модели вычисляются координаты вершин регулярного симплекса (правильного многогранника) и для каждой вершины вычисляются значения критерия близости реакций модели и объекта. Наихудшая вершина с помощью несложных геометрических вычислений отражается относительно противоположной грани, находится новая наихудшая и весь процесс повторяется. Независимо от размерности симплекса (пространства поиска, порядка модели) на каждом шаге уточнения наиболее трудоемкая задача анализа выполняется однократно, в отличие, например, от классического метода градиента, в котором задачу анализа приходится решать отдельно на приращениях каждого параметра модели для оценки составляющих вектора градиента. Для иллюстрации ниже приведен упрощенный фрагмент основного цикла симплекс-поиска:

```
//Создаем начальный симплекс с центром в начале коорд.
//и смещаем его в центр области поиска
Simplex ss(Crit,r,off1,l);
do{//Получаем упорядоч. по качеству вектор номеров вершин
    qual=ss.Qual(); rv=qual[0];//Эту будем отражать
    bValPrev=ss.vertex[rv][r];
    //Отражаем худшую вершину
    ss.ReflSimpl(rv); qv=ss.GetCritVector();
    //Если критерий удовлетворителен - завершаем работу
    if(qv[rv]<=eps) break;
    //Если отражение не улучшило критерий в вершине -
    //перешагнули за оптимум и надо уменьшать размер
    //симплекса
    if(qv[rv]>bValPrev)
    { //Центр симплекса - в лучшую вершину
        for(i=0;i<r;i++) off1[i]=ss.vertex[qual[r]][i];
        //Уменьшаем длину ребра
```

```

    if (l > eps) l *= k;
    //Перестраиваем симплекс
    ss.SimplexBUILDER(Crit, r, off1, l);
}
}while (qv[rv] > eps);

```

Очевидно, для начала поиска необходимо определить стартовое положение центра симплекса и здесь нас поджидают неприятности, специфичные для задач идентификации динамических объектов. Исследуемые объекты обычно не бывают без потерь и в силу этого для них характерно затухание переходных процессов, вызванных внешними воздействиями. Но неудачный выбор стартового вектора параметров модели может привести к ее неустойчивости и неограниченному росту значений $f_{mod}(t)$ – в программе идентификации это означает неизбежное переполнение разрядной сетки и аварийное завершение. Поэтому выбор центра области поиска и ее границ должен базироваться либо на априорных сведениях о моделируемом процессе, либо установление таких границ пробными прогонами задач анализа.

Об особенностях идентификации импульсной реакции линейных объектов.

Для решения задачи анализа (имитационного моделирования) линейного объекта не обязательно знание коэффициентов дифференциального уравнения, достаточно определения его реакции на воздействие типа единичного импульса. Активный эксперимент с нанесением такого возмущения на реальном объекте провести затруднительно. В [4] описан предложенный в 1967-1969 г.г. Nagumo J. и Noda A. метод последовательного обучения модели в реальном масштабе времени, предназначенный для вычисления вектора значений импульсной реакции процесса по его реакции на произвольное воздействие и последующим использованием этого вектора для вычисления оценки дискретного варианта интеграла свертки в задачах анализа:

$$f_i = \sum_{i=1}^N g_i u_i. \quad (5)$$

Алгоритм решения этой задачи состоит в следующем. Начальная оценка импульсной реакции вычисляется, например, по вектору параметров модели, выбранному с центре допустимой области поиска. По этой оценке вычисляется через свертку (5) реакция модели на первое измерение значения функции управ-

ления и вектор импульсной реакции корректируется в направлении вектора управления, модуль корректирующего вектора берется равным модулю разностного вектора реакций объекта и модели. В начале процесса идентификации размерности векторов импульсной реакции, реакций объекта на управление и вектора управления растут на каждом шаге до достижения заданного интервала времени, на котором желательно иметь оценку импульсной реакции, а затем эта размерность может оставаться постоянной при скольжении вдоль последовательности измерений (при получении нового измерения самое старое отбрасывается). Иллюстрацией изложенному может служить следующий фрагмент C++ программы:

```
for(int t=1;t<T;t++)
/*Формируем очередную составляющую временного вектора
управления*/
    VecCtrlT[t]=VecCtrl[t];
    for(int i=1;i<=t;i++) {
        VecModel[i]=0;
        for(int k=0;k<=i;k++) //Цикл вычисления свертки
            VecModel[i]+=VecImpulsM[i-k]*VecCtrlT[i]*Tstep;
    }
/*Цикл кратного повторения вычисления коррекции на од-
них и тех же данных*/
for(int rpt=0;rpt<5*Rngl;rpt++)
    //Расчет коррекции импульсной функции на момент t
    for(int j=0;j<=t;j++)
        deltah[j]=(VecExper[j]-VecModel[j])* (~VecCtrlT) [j];
    //Коррекция импульсной функции
    VecImpulsM+=deltah;
}
}
```

Основная особенность – невозможность получения удовлетворительной точности коррекции фрагмента импульсной реакции за один проход; для одних и тех же данных вычисления необходимо повторять, причем количество необходимых повторений растет с ростом порядка уравнения процесса и с удалением от его начала. Сходимость алгоритма к оптимальным оценкам импульсной реакции довольно медленная, объем вычислений значителен и время обучения модели для объекта 2-го порядка при «дальнем старте» на 100 измерениях составляет на ПК Celeron – 366 с RAM 32mb около 2-х минут, но для уравнения 3-го порядка на 500 измерениях возрастает до 40 минут. Поэтому в

начальной фазе идентификации метод лучше применять в комбинации с последовательным симплекс – поиском для попадания в субоптимальную область, а затем для более точного приближения использовать последовательное обучение.

О выборе шага по времени между соседними измерениями.

Увеличение частоты измерений естественно приводит к повышению точности модели, но обходится очень дорого в объеме вычислительной работы. В соответствии с известной теоремой Котельникова эта частота должна быть вдвое выше самой высокой из «существенных» частот идентифицируемого процесса, по результатам наших экспериментов с объектами второго порядка «срыв» до полной неработоспособности алгоритма происходит при частотах опроса ниже собственной частоты процесса.

О влиянии погрешностей вычисления интеграла свертки.

Обычно при дискретном вычислении оценки свертки 2-х функций мы используем их ступенчатую или прямоугольную аппроксимацию – измеренное значение функции считаем постоянным до следующего измерения. Если процесс идентификации начинать после накопления хотя бы 2-х измерений, можно использовать для текущего измерения среднее между ним и предыдущим. Существуют методы повышения точности вычисления свертки за счет аппроксимации функций последовательностью треугольных импульсов. Использование этих приемов может существенно повысить результативность процессов идентификации.

Литература:

1. Хемминг Р.В. Численные методы для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1968.
2. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. – М.: Энергия, 1979.
3. Дамбраускас А.П. Симплексный поиск. – М.: Энергия, 1979.
4. Гроп Д. Методы идентификации систем. – М.: Мир, 1979.
5. Полищук А.П., Семериков С.А. Методы вычислений в классах языка C++: Учебное пособие. – Кривой Рог: Издательский отдел КГПИ, 1999.
6. Полищук А.П., Семериков С.А. Автоматика: Учебное пособие. – Кривой Рог: Издательский отдел КГПИ, 1999.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗМІНИ ТАРИФІВ ЗА ПОСЛУГИ, ЩО НАДАЮТЬСЯ ОРГАНІЗАЦІЯМ ТА НАСЕЛЕННЮ

В.М. Порохня, Ю.В. Головка
м. Запоріжжя, Запорізька державна інженерна академія

В сучасній Україні досить гостро стоять питання про тарифи на різноманітні види послуг. Для досягнення прибутку на інвестиції, достатнього для покриття потреб підприємства, та одночасно с цим для встановлення справедливих цін на послуги для споживачів, необхідно проводити оптимальну тарифну політику. В умовах інфляції та постійного зростання цін на енергоносії неможливо уникнути підвищення тарифів на послуги, але безперервне підвищення тарифів є вкрай небажаним. Необхідність забезпечення конкурентоспроможності та підвищення прибутковості підприємства обумовлюють актуальність розробки економіко-математичної моделі, яка б дозволила оптимізувати його тарифну стратегію.

Для розробки моделі зміни тарифів підприємства, яке надає певні послуги населенню та організаціям, обираємо методологічний підхід, використаний Т. Ломасом при побудові моделі тарифів для Британського міністерства пошт [1]. В моделі Т. Ломаса мінімізуються квадрати відхилень додаткових грошових надходжень від зміни тарифів в фіксовані роки від потрібних обсягів додаткових надходжень. На жаль, ця модель містить деякі неточності, які потребують виправлення, та планує зміни тарифів тільки на початку року, що не завжди доцільно. Пропонуємо уточнену та доопрацьовану модель оптимізації зміни тарифів в наступному вигляді.

На основі аналізу фінансової діяльності підприємства визначаються обсяги додаткових грошових надходжень, які підприємству необхідно одержати від зміни тарифів для кожного з наступних років. Далі розраховуємо зміни грошових надходжень в кожному з наступних років T_u за рахунок зміни тарифів на початку року t , T_t :

$$T_{t+1} = T_t r_{t+1}; \quad T_{t+2} = T_t r_{t+1} r_{t+2}; \\ T_u = T_t r_{t+1} r_{t+2} \dots r_u = T_t R_u / R_t;$$

де r_u – коефіцієнт зміни обсягу відповідних послуг в році u порівняно з роком $u-1$,

$$R_t = \prod_{v=1}^t r_v; \quad R_u = \prod_{v=1}^u r_v;$$

v – номер будь-якого року, попереднього до року t .

Врахуємо, що зміна тарифів може відбуватися не обов'язково на початку року, а в будь-який момент; в такому випадку:

$$T_u = T_t \frac{R_u}{R_t} + x_u T_u,$$

де x_u – частка року u , коли вже діяли змінені тарифи.

Побудуємо модель, за допомогою якої можна визначити роки, в які можливо оптимально змінювати тарифи, та величини цих змін, T_t , щоб одержані додаткові кошти мінімально відрізнялися від необхідних обсягів $ДГН_u$ для всього періоду часу, для якого складається план.

За функцію мети обираємо суму квадратів відхилень коштів, що будуть поступати за рахунок зміни тарифів, від потрібних в кожному році u обсягів додаткових надходжень, $ДГН_u$:

$$\min \sum_{u=1}^N \left(ДГН_u - \sum_{t=1}^u \delta_t T_t \frac{R_u}{R_t} + x_u T_u \right)^2, \quad (1)$$

де N – число років, для яких складається план,

δ_t – дельта-функція, яка враховує, що зміну тарифів можна проводити не в кожному році t , а не частіше, ніж через M років, тобто

$$\delta_t = \begin{cases} 1, & \text{якщо в році } t \text{ тарифи змінювалися;} \\ 0, & \text{якщо в році } t \text{ тарифи не змінювалися;} \end{cases}$$

$$\sum_{v=0}^{M-1} \delta_{t+v} \leq 1 \quad (2)$$

Рівняння (2) є першим обмеженням оптимізаційної моделі. Друге обмеження будемо, виходячи з недоцільності зміни тарифів в тих випадках, коли потрібна невелика зміна грошових надходжень. Приймаємо, що

$$T_t \in \{0, \pm km, \pm (k+1)m, \pm \lambda m, \pm nm\}, \quad (3)$$

де m – фіксована порція зміни грошових надходжень (крок розрахунку);

km – мінімально допустимий обсяг зміни грошових надходжень;

k, λ, n – цілі числа.

Економічний зміст обмеження (2) полягає в тому, що безперервне змінювання тарифів на послуги є недоцільним з огляду на технічну складність розрахунків та невдоволення споживачів, а обмеження (3) – в тому, що недоцільно змінювати тарифи заради невеликих обсягів додаткових надходжень.

Математична модель (1)–(3) є дискретною задачею нелінійного програмування. Оптимальний розв'язок такої задачі будемо шукати за методом динамічного програмування, тобто покрокової оптимізації. Треба розглянути можливі варіанти зміни тарифів в кожному з років, для яких складається план, і обрати той з варіантів, який не обов'язково є найкращим для даного року, але забезпечує досягнення оптимального розв'язку задачі в цілому. Для вибору варіантів вводимо критерій ефективності вибору, тобто їх кількісну оцінку

$$C(\lambda, t) = \min\{D(\lambda, t), E(\lambda, t)\}, \quad (4)$$

де $D(\lambda, t)$ – оцінка в випадку, коли в році t тариф не змінювали:

$$D(\lambda, t) = \frac{1}{R_t^2} \left(\frac{ДДП_t}{R_t} - \lambda m \right)^2 + C(\lambda, t); \quad (5)$$

$E(\lambda, t)$ – оцінка в випадку, коли в році t тариф змінювали:

$$E(\lambda, t) = \min \left\{ \sum_{v=0}^{M-1} \frac{1}{R_{t+v}^2} \left(\frac{ДДП_{t+v}}{R_{t+v}} - \lambda_{onm} m \right)^2 + C(\lambda, t+M) \right\}; \quad (6)$$

$\lambda_{onm} m$ – оптимальна величина додаткових надходжень за рахунок зміни тарифів для року t . Рівняння для оцінки $E(\lambda, t)$ (6) має уточнення порівняно з аналогічним рівнянням моделі – прототипу [1]: оцінка за наступні після року t роки $t+1, \dots, t+M$ залежать від λ , а не від λ_{onm} , як це було в [1]. Якщо оцінка C залежала б від λ_{onm} , то оцінка $E(\lambda, t)$ взагалі б не залежала від λ , тобто вираз (6) втратив би свій зміст.

Питання змінювати, чи ні, тариф в році t вирішується шляхом порівняння величин оцінок, розрахованих за рівняннями (5) і (6): якщо $D(\lambda, t) < E(\lambda, t)$, тарифи в цьому році краще не змінювати і навпаки.

Динамічне програмування передбачає можливість плануван-

ня в прямому або зворотному порядку [2]. В запропонованій моделі доцільніше використати планування, що починається з останнього етапу, тобто з року N , тому що саме на останньому кроці можна побачити ефект, що досягається від всієї операції оптимізації. Детально методику знаходження оптимального розв'язку моделі (1)–(3) розглянемо на прикладі одного з підприємств зв'язку.

Компанія телефонного та телеграфного зв'язку планує обсяги зростання грошових надходжень за рахунок підвищення тарифів на п'ять років ($N=5$). Приймається, що зміну тарифів можна проводити не раніше, як через 2 роки після попередньої їх зміни ($M=2$). Порція додаткових надходжень – $m=0,5$ млн. грн., мінімальний обсяг зміни грошових надходжень – $km=1$ млн. грн., тобто $k=2$. Вхідні дані моделі наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Вхідні дані моделі тарифної стратегії

Рік	2001	2002	2003	2004	2005	Усього за 5 років
r_t	1,1	1,05	1,1	1,1	1,15	–
R_t	1,1	1,15	1,27	1,4	1,6	1,6
$DГН_t$, млн. грн.	4,4	3,7	5,7	7,7	11,3	32,8
$DГН_t/R_t$, млн. грн.	4	3,5	4,5	5,5	7	24,5

Додатково приймаємо, що в роки парламентських та президентських виборів (2002, 2004) зміни тарифів бажано проводити не раніше четвертого кварталу ($x=0,25$). Необхідно обрати стратегію зміни тарифів, яка забезпечить потрібне зростання грошових надходжень за період 5 років.

Розрахунок проводився, починаючи з 2005 року, при цьому оцінки $C(\lambda, t)$ для років 2006 та 2007, які входять в вирази для оцінки $D(\lambda, 2005)$, $E(\lambda, 2004)$, але лежать за межами розрахунку, дорівняли нулю. Результати моделювання наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Розв'язок задачі оптимізації зміни тарифів

Показник	Роки				
	2001	2002	2003	2004	2005
$ДГН_i/R_i$, млн. грн.	4	4	5	5	7
$ДГН_i$, млн. грн.	4,4	4,2	6,4	7,7	11,3
ΔT_i , млн. грн.	4	0	1	0	2

З таблиці 2 видно, що обрана стратегія зміни тарифів забезпечує одержання підприємством в роках 2001, 2004, 2005 запланованих обсягів ДГН, а в роках 2002 та 2003 – трохи більших, ніж було заплановано.

Розроблена модель дозволяє підприємству, що надає послуги населенню та організаціям, визначити оптимальні моменти часу для зміни тарифів та величини додаткових грошових надходжень за рахунок цих змін. Модель враховує поряд з економічними вимогами, такими як необхідність покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляцією і зростанням цін на енергоносії, також і соціальні фактори – небажаність надто частої зміни тарифів, недоцільність таких змін в моменти соціального напруження.

Модель також може використовуватися для визначення оптимальної стратегії зміни тарифів як на різноманітні послуги, так і на споживання електроенергії, тощо.

Література

1. Ломас Т. Модель планирования деятельности предприятия. // Математическое моделирование / Под ред. Дж. Эндрюса, Р. Мак-Лоуна. – М.: Мир, 1979. – С. 158-177.
2. Давыдов Э. Г. Исследование операций. – М.: Высшая школа, 1990. – 382 с.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (О ПРОБЛЕМЕ ФРОБЕНИУСА)

Н.А. Рашевский

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Роль вычислительного эксперимента в прикладной науке, образовании переоценить трудно. В теоретических исследованиях применения компьютера требуют задачи, выполнение которых практически неосуществимо человеком. Известная в теории графов проблема четырех красок [1] «решена» с помощью ЭВМ при некотором зафиксированном числе вершин графа (пока до 96). В настоящей заметке речь пойдет об одной экстремальной комбинаторной проблеме. Известная теорема Сильвестра [2, с. 31] утверждает, что если r_1, r_2, \dots, r_t – взаимно простые натуральные числа и $s(r_1, r_2, \dots, r_t)$ – наибольшее целое s не представимое в виде

$$s = \sum_{i=1}^t a_i r_i, \text{ где } a_i \in N_0 = \{0, 1, 2, \dots\},$$

если $i=1, 2, \dots, t$, то $s(r_1, r_2) = r_1 r_2 - r_2 - r_1$.

При $t \geq 3$ вопрос о вычислении точных значений $s(r_1, r_2, \dots, r_t)$ открыт до сих пор и носит название *проблемы Фробениуса*.

Следующее утверждение позволяет установить множество, которому принадлежит искомая величина $s(r_1, r_2, \dots, r_t)$:

Теорема 1. Если $r_1 < r_2 < \dots < r_t$ – взаимно простые числа, то найдутся числа k_1 и k_2 такие, что $s(r_1, r_2, \dots, r_t) = r_1 r_2 - k_1 r_1 - k_2 r_2$.

Введем в рассмотрение множество $M = \{k \mid k = r_1 r_2 - s_1 r_1 - s_2 r_2\}$.

Справедлива следующая теорема.

Теорема 2. Если $r_3, \dots, r_t \notin M$, то $s(r_1, r_2, \dots, r_t) = s(r_1, r_2)$.

Таким образом, поиск точных значений $s(r_1, r_2, \dots, r_t)$ сводится к проверке принадлежности чисел вида

$$r_1 r_2 - k_1 r_1 - k_2 r_2 - \sum_{i=3}^t d_i r_i$$

множеству M . Задача решается с помощью компьютера, однако имеет экспоненциальный порядок сложности и поэтому при больших r_1 такое решение нельзя признать удовлетворительным.

Рассмотрим производящую функцию

$F(z, t) = F(z, t, r_1, r_2, \dots, r_t)$ последовательности

$$a_n = \begin{cases} 1, & \text{если } n \notin M, \\ 0, & \text{если } n \in M. \end{cases}$$

Аналитическое представление есть $F(z, t) = \prod_{i=1}^t (1 - z^{r_i})^{-1}$.

Функция $F(z, t)$ является функцией непрерывной переменной z и дискретных переменных t, r_1, r_2, \dots, r_t . Следующее утверждение позволяет свести решение проблемы Фробениуса к поиску экстремума некоторой функции, выражающейся через $F(z, t)$ и является основным результатом для вычислений точных значений $s(r_1, r_2, \dots, r_t)$.

Теорема 3. Пусть $\Phi(z, t, s) = F(z, t)z^s(1-z)^{-1}$. Для всех $z \in (0, 1)$ функция $\Phi(z, t, s)$ имеет следующие свойства:

$$\Phi(z, t, s) \leq \Phi(z, t, s+1),$$

$\Phi(z, t, s) \equiv \text{const}$ при $z = \text{const}$ тогда и только тогда, когда $s \geq s(r_1, r_2, \dots, r_t) + 1$.

Таким образом, решение проблемы Фробениуса сводится к поиску экстремума функции $\Phi(z, t, s+1)$, зависящей как от непрерывного, так и от дискретных аргументов. Такой поиск реально осуществим с помощью компьютера. При этом необходимо учесть, что при достаточно больших r_1, r_2 , и малых z величина z^s не должна оказаться вблизи машинного нуля. Избегая этой ситуации увеличением z , следует иметь в виду ухудшение сходимости ряда Маклорена функции $z^s(1-z)^{-1}$. Преимущество поиска решения с помощью введенной функции состоит в отсутствии необходимости проверки принадлежности чисел множеству M , о чем речь шла выше.

Литература:

1. Донской В.И. Дискретная математика. – Симферополь: СОНАТ, 2000. – 360 с.
2. Баранов В.И., Стечкин Б.С. Экстремальные комбинаторные задачи и их приложения. – М.: Наука, 1989. – 160 с.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ГОРНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КАРЬЕРА

Н.О. Ризун

г. Днепропетровск, Днепропетровская академия управления,
бизнеса и права

Одной из основных тенденций развития ПЭВМ в настоящее время является «интеллектуализация» программного обеспечения. В этой связи актуальными являются проблемы создания экспертных систем, предназначенных для оказания консультационной помощи специалистам, работающим в некоторой предметной области.

Отличительной чертой экспертных систем с точки зрения программного обеспечения является переход от традиционного соотношения:

Данные + Алгоритм = Программа,

к новой архитектуре:

Знания + Машина логического вывода = Система.

Это связано с тем, что очень часто данные, которыми обладает специалист рассматриваемой предметной области и на основе которых формируется база знаний экспертной системы, могут быть не полностью формализуемы (требуют символьного представления), а также характеризоваться неполнотой, ошибочностью, неоднозначностью. Алгоритмическое решение поставленной задачи в большинстве случаев может быть найдено только путем применения эвристических методов.

В связи с этим, в отличие от базы данных, база знаний содержит не только данные (факты), но и правила. Факты представляют собой краткосрочную информацию в том отношении, что они могут изменяться, например, в ходе консультации. Правила являются более долгосрочной информацией о том, как получать новые гипотезы из тех фактов, которые уже известны.

Машина вывода, реализуя заложенные в нее формализуемые алгоритмы и эвристические методы, на основе базы знаний в диалоге с пользователем строит последовательную цепочку логических выводов и преобразований информации, позволяя по-

лучить конечный результат в виде неформализуемого совета-рекомендации или конкретного математического решения.

Неотъемлемой частью любого программного обеспечения является интерфейс, обеспечивающий связь пользователя с системой. При создании экспертных систем требования к созданию интерфейса особенно возрастают. Это связано с тем, что с точки зрения организации интерфейса, главным этапом функционирования экспертной системы является диалог–консультация системы (эксперта) с пользователем, а этапы ввода исходных данных и получения конечного результата являются, в какой-то мере, второстепенными.

Результатом данного подхода к организации работы экспертной системы должна быть возможность получения совета-рекомендации:

- с одной стороны, соответствующего правилам, формализующим знания эксперта;
- с другой – максимально адаптированного к требованиям и личному мнению компетентного пользователя–специалиста.

В том случае, если разрабатываемая экспертная система предназначена для пользователя, не достаточно компетентного в данной предметной области, должна быть возможность изменения режима формирования решения в пользу «мнения» экспертной системы.

Горно-транспортный комплекс (ГТК) железорудного карьера как предметная область представляет собой сложную организационно-технологическую систему, характеризующуюся:

- большой информационной ёмкостью;
- многоцелевым характером;
- высокой степенью неопределенности используемой для решения задачи информации;
- трудностями формализации технологических требований и ограничений.

В этой связи, актуальным направлением совершенствования управления горнорудным предприятием является создание экспертной системы планирования работы горно-транспортного комплекса железорудного карьера, позволяющей оказывать квалифицированную консультационную помощь специалистам технического, производственного и планово-финансового отделов

рудоуправления.

База знаний данной экспертной системы должна формироваться на основе информации специалистов в области горно-транспортных работ о состоянии объектов управления – добычного, транспортного и приемного звеньев. В качестве правил, на основе которых должна работать машина вывода, предполагается использование математического аппарата и методов эвристического поиска, разрабатываемых специалистом-экспертом в области экономико-математического моделирования работы горно-транспортного комплекса.

Учитывая актуальность и целесообразность практической реализации задач, а также применительно к конкретным горно-технологическим условиям железорудного карьера ОАО «Полтавский ГОК», в качестве пускового комплекса задач, решаемых предлагаемой авторами статьи экспертной системой планирования работы горно-транспортного комплекса железорудного карьера, выбраны следующие:

1. Задачи управления подготовкой производства ГТК:

- задача выбора оптимального варианта размещения перегрузочных пунктов на железорудном карьере;
- задача выбора рациональной организации горно-транспортных работ.

2. Задачи технико-экономического управления ГТК:

- управление на годовом уровне: задача определения последовательности отработки экскаваторных блоков; задача формирования рациональных грузопотоков горной массы;
- управление на квартальном уровне: задача формирования рациональных грузопотоков горной массы;
- управление на месячном уровне: задача формирования рациональных грузопотоков горной массы.

3. Задачи оперативного управления ГТК: задача формирования рациональных грузопотоков горной массы.

Приведем выполненные авторами статьи краткие постановки задач, представляющих собой основные правила машины вывода предлагаемой экспертной системы.

Задача размещения перегрузочных пунктов (ПП) на железорудном карьере. Данная задача является математически формулируемой и состоит в следующем. Технологиами разрабатывается

S приемлемых вариантов размещения в координатной плоскости рабочего поля карьера m перегрузочных пунктов с пропускной способностью P_j ($j=1, m$) с жестко установленной схемой наличия или отсутствия транспортных связей с экскаваторными блоками.

В карьере имеется n экскаваторных блоков, из них: r блоков с рудой и скалой (n_1 – с рудой типа K_2^2 и $(r-n_1)$ – с рудой типа K_2^3); $(n-r)$ – только со скалой ($r \leq n$). На некоторый плановый период T_{nl} установлены задания по добыче руды Q_i ($i=1, r$) и скалы Q_i^c ($i=1, n$) из каждого блока.

Результатом функционирования экспертной системы является выбор из вводимых в диалоге пользователя с системой вариантов такого плана размещения перегрузочных пунктов, который с учетом их горно-геологических, технологических и пространственных (координатных) характеристик, обеспечивает минимальные суммарные издержки на перевозку горной массы от экскаваторных блоков до ПП и обеспечивает выполнение ограничений по объемам добычи руды и пропускной способности ПП.

Задача выбора рациональной организации горно-транспортных работ. Авторами была разработана модель многоканальной замкнутой СМО с разнородными по расстояниям перевозки каналами (забоями) в пределах отдельного горизонта. Основным отличием данной модели от известных является учет пространственного расположения забоев в пределах карьерного поля посредством включения в понятие интенсивности обслуживания i -го забоя μ_i ($i=1, n$), характеризующей разнородность каналов, не только времени погрузки $t_{погр}$, но и времени движения самосвала на расстояние $2\Delta L_i$.

Анализ полученных в результате исследований данной модели зависимостей позволил сделать вывод о существовании границы рационального применения схем группового закрепления автосамосвалов за забоями в пределах отдельного горизонта, при превышении которой целесообразным становится жесткое закрепление автосамосвалов за забоями. Такой границей является разность в расстояниях транспортирования горной массы от забоев до ПП $\Delta L_{гр}$.

В результате решения данной задачи экспертная система в

зависимости от количества автосамосвалов C в забое и базового расстояния транспортирования $L_{баз}$ формулирует совет-рекомендацию относительно целесообразного способа организации работы автотранспорта в пределах одного горизонта на основе установленной авторами регрессионной зависимости:

$$\Delta L_{ep}(C, L_{баз}) = 0,125 - 0,086 C + 0,756 L_{баз}. \quad (1)$$

Задача определения последовательности обработки экскаваторных блоков. Постановка задачи такова: для выполнения годового плана по добыче горной массы Q_2 выделяется Z экскаваторов с базовой месячной производительностью $q_{мес}$ и предлагается схема первоначальной расстановки экскаваторов в пределах карьерного поля. Количество экскаваторов Z_1 и Z_2 ($Z_1 + Z_2 = Z$), выделяемых на блоки с рудой типа K_2^2 и K_2^3 , рассчитывается с учетом требуемого соотношения руд $3/2$ и допустимого отклонения от месячной производительности экскаватора в пределах $\pm \Delta q$.

Эвристический алгоритм решения данной задачи состоит в следующем: на основе технологической карты размещения экскаваторных блоков в карьере формируется матрица расстояний между блоками $R(n \cdot n)$. Для блоков, обрабатываемых в первую очередь, строится временная диаграмма путем определения моментов начала $t_{i \text{ нач}}$ и завершения их отработки $t_{i \text{ зав}}$ (временной интервал – 1 месяц), на основе которой формируется вектор T , содержащий результаты ранжирования моментов окончания отработки блоков по признаку от более раннего к более позднему. Если моменты завершения отработки блоков $t_{i \text{ зав}}$ меньше t_k ($t_k = 1,12$ мес.), происходит поиск дальнейших маршрутов перемещения экскаваторов по следующим правилам

1. Если два смежных элемента вектора T соответствуют блокам с горной массой одного типа, то для первого из них определяем маршрут перемещения к блоку с горной массой того же типа по принципу минимального расстояния между блоками.

2. Если два смежных элемента вектора T соответствуют блокам с горной массой разных типов, то возможна альтернатива при выборе дальнейшего маршрута перемещения экскаватора: если разница в моментах завершения отработки блоков $t'_{зав}$ и $t''_{зав}$, соответствующих смежным элементам та-

кова, что

$$(t_k - t'_{заб})q_{экс} \leq (t_k - t'_{заб}) \cdot (q_{экс} + \Delta q), \quad (2)$$

то выбранные альтернативные варианты маршрутов движения анализируются на предмет целесообразности взаимозамены типов горной массы конечных блоков по критерию минимального расстояния перемещения экскаватора, иначе выбор маршрута выполняется в соответствии с правилом 1.

В результате решения данной задачи экспертная система формирует график последовательности отработки блоков, обеспечивающий выполнение плана по добыче горной массы на год с минимальными издержками на перемещение и при соблюдении соотношения разновидностей руд, поступающих на ДОФ.

Задача формирования оптимальных грузопотоков горной массы на заданный плановый период (год, квартал, месяц). Данная задача состоит в следующем: экспертная система должна определить маршруты и объемы транспортирования руды и скалы из каждого блока на ПП таким образом, чтобы суммарные транспортные издержки были минимальными, а также соблюдалось плановое соотношение между разновидностями руд.

Фактами для решения данной задачи являются знания, полученные на этапе решения задач размещения ПП на железорудном карьере и определения последовательности отработки экскаваторных блоков. Таким образом, реализована еще одна важная особенность экспертных систем – самообучаемость, т.е. способность системы приобретать новые знания.

На первом этапе решения задачи формируется план оптимальных грузопотоков руды, на базе которого на втором этапе устанавливается план оптимальных грузопотоков скалы. В качестве технологических ограничений выступают:

– объемы добычи горной массы в каждом экскаваторном блоке:

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = Q_i, \quad (i = \overline{1, n}) \quad (3)$$

где X_{ij} – количество руды, отгружаемой из i -го рудного блока на j -й ПП;

– требуемое соотношение разновидностей руд, транспортируемых через дробильно-перегрузочный пункт (ДПП):

$$\sum_{i=1}^{n1} X_{i1} = 1,5 \cdot \sum_{i=n1+1}^r X_{i1} . \quad (4)$$

– объемы перевозок через каждый ПП:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = P_j, \quad (j = \overline{1, m}) \quad (5)$$

Решение данной задачи позволяет определить общую структуру транспортных схем на заданный плановый период, обеспечивающую минимальные суммарные издержки на доставку руды из экскаваторных блоков на обогатительную фабрику (первый этап), а также скалы – в отвалы (второй этап) через ДПП и ПП.

Задача формирования оптимальных оперативных (недельно-суточных) планов горно-транспортных работ кроме вышеперечисленных условий должна обеспечивать транспортирование через каждый перегрузочный пункт горной массы одного и того же типа. Учитывая многокритериальный характер данной задачи, применяется методика *последовательной* оптимизации. Задача решается в три этапа – для руды типа K_2^2 , руды типа K_2^3 и скалы. На каждом из перечисленных этапов определяется первоначальный оптимальный план перевозок горной массы по критерию минимальных суммарных издержек на транспортирование до ДОФ или отвалов в соответствии с ограничениями, аналогичными (3–5).

Корректировка области допустимых решений по критерию максимального значения коэффициента использования пропускной способности перегрузочных пунктов, выбранных в первоначальном плане, происходит в соответствии с разработанным эвристическим алгоритмом.

Программное обеспечение экспертной системы планирования работы горно-транспортного комплекса железорудного карьера было разработано авторами в соответствии с основными требованиями, предъявляемыми к экспертной системе как программному продукту и подтвердило свою работоспособность и эффективность в процессе апробации в условиях ОАО «Полтавский ГОК».

МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДОКУМЕНТООБІГУ З ПОЗИЦІЙ КОРПОРАТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Н.І. Соколянська

м. Київ, Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

Нова якість, з якою сьогодні асоціюється збільшення інтересу до систем електронного ДО (СДО), пов'язано з використанням інструментальних систем, призначених для збереження, реєстрації, пошуку документів, керування регламентом їхнього ходження. Правильно спроектована система документообігу (СДО) повинна цілком ліквідувати або звести до мінімуму збитки, що виникають внаслідок причин організаційного характеру.

Однією із головних умов успішного проектування вважається його адекватність поставленій задачі. Це досягається за рахунок передпроектного аналізу і конструювання моделі.

Проводячи програму автоматизації діловодства, важливо уявляти, якого рівня вже досягла організація і яке місце їй приділяється в модельному просторі системи документообігу. Пропонується один із можливих підходів до побудови і використання такої моделі.

Правильна організація документообігу сприяє оперативному проходженню документів в апараті керування, рівномірному завантаженню підрозділів і службових осіб, робить великий позитивний вплив на управлінський процес в цілому.

Метою документообігу є забезпечення органічної роботи не тільки всередині корпорації, але й узгодженої взаємодії з вже існуючими інформаційними системами. Застосування архівної системи разом з інтегрованою системою автоматизації ділових процедур (САДП), і побудованих на основі єдиної системи управління документами дозволяють створити спільну інфраструктуру роботи з документами в межах організації.

ДО формалізує керування корпоративними комунікаціями. В реалізації комунікацій виділяють три рівні: апаратний, програмний і інформаційний. З інформаційної точки зору комунікації - це пошук і передача знань. Тобто ДО є інформаційним відтворенням менеджменту. Таким чином, на становлення, розвиток і можливу автоматизацію СДО корпорації істотно впливають рівні

подачі корпоративних знань і ведення менеджменту в її межах:

- Формальна інформація. Подається за допомогою універсальної мови представлення корпоративних знань (тип ПЗ, що їм відповідає – САДП).
- Фактографічна інформація. Фактичні знання (тип відповідного ПЗ – СУБД).
- Слабоструктурована інформація. Схеми і представлення (їм відповідає архів).

Всі три типи представлень створюють інформаційний рівень корпоративних даних і є змістовним контекстом корпоративних комунікацій.

Інформаційне забезпечення може мати різну базову технологію передачі і зберігання документів. Для кожного випадку існують свої інструментальні засоби: системи управління базами даних (СУБД), архіви і сховища (у тому числі й електронні), поштові системи, текстові процесори, що працюють у розподіленому режимі. В залежності від початкової ланки засобу представлення інформації можна виділити три різні напрямки автоматизації документообігу:

- база даних фактографічної інформації (СУБД);
- повнотекстові джерела інформації (Архів);
- регламенти ходження документів (САДП).

ДО в організації формалізує корпоративний менеджмент. Тобто ДО описується визначеними ланками керівництва. Ланки характеризують метод управління, що визначається цілком й об'єктом діяльності організації.

Виходячи з цього, можна виділити три великі групи методів управління: ресурсами; процесами; корпоративними знаннями (комунікаціями). Кожний із методів підтримується своїм видом прикладного програмного забезпечення.

Відповідно до цього розподілу, у загальному випадку розрізняють три типи організацій: компанія торгового типу; бюджетна організація; промислове підприємство.

Специфіку керування організаціями цих типів можна простежити, проаналізувавши засоби представлення інформації і використання відповідного програмного забезпечення в них, тобто визначив напрямок автоматизації ДО в модельному просторі СДО.

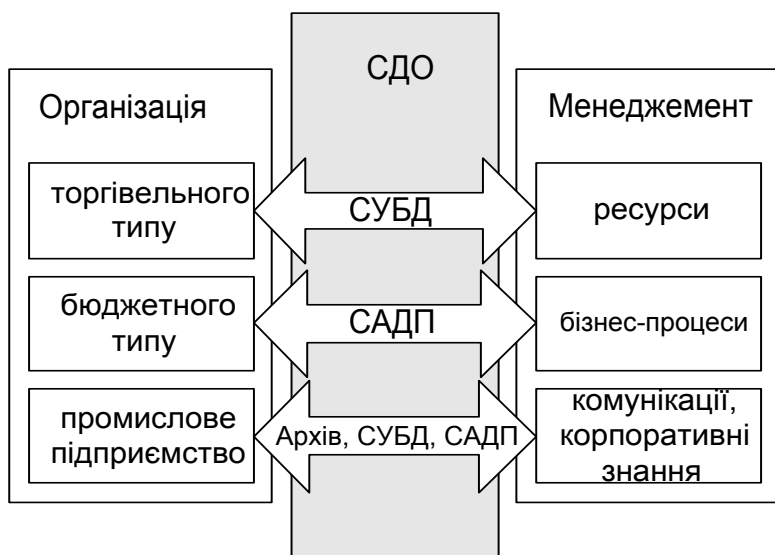
- Перша група методів керування. Організація представлена як система ресурсів. Всі процеси описуються як зв'язки, що відбивають переміщення ресурсів між власниками. До першої групи можна віднести керування фінансами, матеріальними запасами, кадрами в тому ступені, у якому вони розглядаються як ресурс. Основна ціль управління для цього методу – забезпечення ресурсами і контроль за ними. Керування описується методами бухгалтерського обліку, планування виробничих ресурсів (MRP II), планування всіх ресурсів підприємства (ERP). У якості універсальної мови представлення використовуються балансові моделі з мовою провадок. Методи цієї групи підтримуються широким спектром прикладного ПЗ, при цьому найбільше поширені бухгалтерські системи. Найбільшою мірою до підтримки даного методу керування тяжіють СУБД.

- Друга група подає організацію як систему бізнес-процесів. Основна ціль управління для цих методів - забезпечення координації подій і функцій. До цієї групи можна віднести такі методи, як керування якістю (TQM), керування процесами (Workflow). У цю же групу можна віднести керування проектами, але тільки в тому ступені, у який ці проекти можна вважати типовими, зведеними до рівня технології. У якості універсальної мови представлення опису використовуються формальні мови, більшість із яких зафіксовані як стандарти: мови сімейства IDEF, CIM-OSA, мови опису об'єктно-орієнтованих моделей. Методи управління підтримуються ПЗ, що відомі як системи керування проектами, процесами, діловими процедурами.

- Третя група. Організація представляється як система невеличких колективів співробітників, що вирішують спільну задачу. Головним корпоративним ресурсом керування стає база корпоративних знань. Ця база концентрує в собі колективний досвід компанії і створює контекст корпоративних комунікацій. Основна ціль керування - забезпечення координації, комунікації і швидкого пошуку інформації для самостійного ухвалення рішення. Ця група методів управління одержала загальну назву “керування знаннями” (Knowledge Management). Для формалізації структур даних і інформації використовується мова XML. До цієї групи методів також відносяться методи управління складними нестандартними проектами (сімейство стандартів PMI). У

таких проектах критичним чинником керування є проектні комунікації і кваліфікаційний рівень проектної групи. Засоби керування підтримуються ПЗ класу GroupWare, інформаційно-пошуковими системами, Intranet-технологіями: Web-технологією, електронною поштою, телеконференціями. Системи GroupWare стали відправною точкою технології Intranet.

Провівши такі дослідження достатньо легко визначити положення корпорації визначеного типу в моделі ДО. Положення залежить від розвитку і стадії впровадження СДО в організації, а також від його специфіки, масштабів роботи, що визначається методами управління.



Таким чином, знаючи поточне положення справ з організацією діловодства в конкретній установі, за допомогою концептуальної моделі СДО можна спланувати, у яких напрямках потрібно рухатися далі, чого не вистачає в даний момент і як органічно використовувати вже існуючі системи.

Дана модель побудована на зв'язках між типами організацій та методами управлін, які їм притаманні. Ці зв'язки в повній мірі можна описати задачами або функціями, що виконує доку-

ментообіг в конкретній організації.

Приклади автоматизації СДО в організаціях зазначених вище типів приведені на малюнку, що ілюструє раніше визначені ситуації у виді системи взаємозв'язків. За допомогою цієї моделі можна досліджувати варіанти автоматизації з конкретними рисами.

Застосування моделі вносить якісний аспект у рішення даної проблеми, конкретизуючи напрямок автоматизації використанням визначених засобів програмного забезпечення.

ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ НАУКАХ

В.Н. Соловьев¹, С.А. Семерилов², И.А. Теплицкий²

¹ г. Запорожье, Запорожский институт экономики и информационных технологий

² г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Одной из причин кризиса современного естествознания является разрыв между естественнонаучными и гуманитарными знаниями. Анализ ситуации показывает, что дальнейший прогресс лежит не в области дальнейшего дифференциации знаний, а в их интеграции [1].

Традиционно считалось, что чем больше объем применения математики в той или иной науке, тем более она развита. Причем, главным препятствием к ее применению справедливо считается неразвитость самой процедуры измерения в той или иной области знания (не ясно, что и как мерить). Кроме того, возникает вопрос: какие типы закономерностей справедливы в данной области знания?

Более того, современной математике и математическому моделированию в XX в. пришлось столкнуться с весьма непростыми ситуациями, пришлось во многих случаях перестать быть «образцом строгости». Наряду с аналитиками, которые делают *«то, что можно, и так, как нужно»*, появился большой отряд специалистов по прикладной математике, которым приходится делать *«то, что нужно, так, как можно»*, и широко использовать результаты компьютерного моделирования.

Рассмотрим сложности применения математических методов в гуманитарных науках. *Во-первых*, при работе с системами, принадлежащими к предмету изучения общественных наук, мы в основном имеем дело с дискретными системами. Это значит, что они являются аналогом квантованности в физике. Иногда это упрощает работу с такими объектами, так как позволяет применять ЭВМ, в которой работа всегда идет с дискретными данными. *Во-вторых*, объекты общественных наук всегда существуют во времени. И, что самое главное, всегда в ограниченных вре-

менных интервалах. Это накладывает ограничение на применимость используемых классов простых функций. В-третьих, при работе с объектами общественных наук следует иметь в виду, что стационарное устойчивое их существование требует постоянного потока вещества и энергии. Если же этого не будет, то становится невозможным существование самого объекта, что существенно отличает их от объектов неживой природы. Т.е. эти объекты всегда находятся в неравновесных условиях. Объекты общественных наук всегда эволюционируют в условиях ограниченных ресурсов. А это значит, что уравнения, описывающие их поведение являются принципиально нелинейными.

Наконец, ввиду большой разнородности и своеобразия приложений, при поиске общих закономерностей всегда есть опасность быть сбитым с толку техническими деталями, возникающими при решении отдельных задач. Иногда в самих этих науках даже нет понимания, какие процессы являются определяющими, а какие второстепенными, и это вносит дополнительную сложность в возможность применения математики.

Принципиальным здесь является замечание о том, что многие важнейшие открытия в науке XX столетия связаны с выявлением эффектов согласованного поведения (синергизмом) на макроуровне совокупностей отдельных элементов (атомов, электронов, клеток, особей), хаотически ведущих себя на микроуровне [2]. Огромную и до сих пор не вполне осознанную роль в познании окружающего нас *нелинейного мира* сыграли компьютеры, позволившие исследовать множество нелинейных математических моделей. Возникла положительная обратная связь. Результаты компьютерного анализа приводят к рождению новых теорий, понятий, моделей. Изучение этих моделей с помощью вычислительных машин приводит к рождению теорий и моделей нового поколения и т.д. Одним из принципиальных результатов их исследований стала концепция самоорганизации.

В самоорганизации, появлении упорядоченности, важную роль играют диссипативные процессы. Однако представление о том, что эти процессы, уничтожающие порядок в простейших линейных системах, могут быть в нелинейном мире «архитекторами упорядоченности», до сих пор кажется парадоксальным. Чтобы подчеркнуть необычность этого взгляда, один из осново-

положников теории самоорганизации И. Пригожин назвал упорядоченность, возникающую в открытых нелинейных системах, далеких от равновесия, и существенно связанную с рассеянием энергии, вещества или информации, диссипативными структурами [3]. Свойство неустойчивости, которое последние два десятилетия еще считалось большим пороком модели, сейчас выступает в несколько ином свете. Приходится уточнять, в каком смысле система устойчива, относительно каких возмущений, на каких временах.

Приведем далее некоторые из важных на наш взгляд направлений использования концепций синергетики в социально-экономических науках.

С конца 80-х годов ученые, работающие в области математического моделирования социальных и, в частности, исторических процессов стали использовать понятийный аппарат нелинейной динамики (например, аттракторы, в т.ч. странные, теорию бифуркаций, фракталы, сложные методы анализа динамических рядов). Первые работы шли по пути перевода новых математических понятий и терминов на «диалекты» социальных наук и провозглашения синергетики новой парадигмой научного знания. Затем развитие социальных теорий, использующих концепцию математического хаоса, миновало собственную «точку бифуркации»: разделение на несколько методологически самостоятельных, но пересекающихся путей, каждый из которых имеет свои стадии развития [4]. Все более широкое применение находит вероятностный подход в социальных науках, вводя принципиально новые понятийные и аппаратные конструкции, развитые в естественных науках.

Активно пропагандируются идеи «единства научного познания» (Вайдлих [5]) при решении задач динамики процессов в отдельном секторе общества, связанных с формированием общественного мнения, миграциями населения, образованием конфигураций городов и поведением неравновесных экономических структур. Работы Вайдлиха заложили научную основу для нового раздела математической социологии.

В экономической науке методы синергетики оказались востребованными несколькими годами раньше, нежели в других областях социального знания. Естественно, что первые прило-

жения в области истории, связанные с использованием этого математического аппарата, принадлежали специалистам по экономической истории, зачастую экономистам-теоретикам, фокусировавшим свое внимание на экономических структурах прошлого [6]. Так, появились работы по анализу рынка ценных бумаг, до сих пор составляющие большинство среди работ данного направления; исследования, основанные на нелинейном анализе динамики рынка рабочей силы. Основные примеры работ такого рода мы можем найти в зарубежной историографии с ее традиционным вниманием к междисциплинарным исследованиям по экономической истории. Позже стали проводиться подобные исследования и по социальной, и по политической истории, появились первые попытки использования нового подхода в изучении истории культуры.

Примером применения методов теории хаоса в исследованиях, являющихся «пограничными» между экономикой и экономической историей, можно назвать сборник статей «Нелинейная динамика, хаос и эконометрика», вышедший из печати в 1993 г. в США. В статье Р.Дж. Тауна «Волны слияния и структура временных рядов поглощения и слияния» исследуются процессы поглощения и слияния фирм в различных секторах экономики США и Великобритании. Факт существования волн в динамике поглощения одних корпораций другими известен экономистам с начала XX века, когда он был отмечен на материале возникновения и развития крупных трестов [7] в обстановке подготовки антитрестовского законодательства.

Хаотические нелинейные модели были созданы и для исследований по социальной истории. В совместном исследовании австрийских, немецких и итальянских ученых рассматриваются исторические процессы большой (несколько столетий) протяженности [8].

Весьма скептически относящийся к использованию теории катастроф в гуманитарно-социальных исследованиях, акад. В.И. Арнольд в дополнении к последнему изданию своей известной книги привел модель развития перестройки [9]. Представляя собой модификацию моделей Т. Саати, введенных для изучения теории конфликтов, модель В.И. Арнольда обладает следующими свойствами, выявляемыми методами теории ката-

строф:

- «ухудшение» положения системы при начале движения;
- возрастание сопротивления системы при движении;
- продолжающееся «ухудшение» состояния системы после преодоления ею максимума сопротивления;
- исчезновение сопротивления после достижения самого «плохого» для системы состояния (катастрофический переход);
- величина «улучшения» оказывается сравнимой с величиной «ухудшения»;
- система имеет возможность эволюции за счет притяжения к аттрактору.



Рис. 1. Перестройка с точки зрения теории катастроф

Эта модель является чисто качественной, однако узнаваемо описывает современные явления и имеет вполне конкретное с точки зрения теории содержание.

В исследованиях по типологии культуры новые подходы, отражавшие взгляды Пригожина, были введены в последних статьях Ю.М. Лотмана [10], а проблема существования точек бифуркации и их влияния на механизмы кризиса – в книге «Культура и взрыв».

Интересны работы по математическому моделированию высшей школы [1, 2]. Эта задача необычна тем, что нужно планировать и описывать не конкретную материальную продукцию или затраты, а возможности, предоставляемые обществу. При

этом оказалось, что одним из ключевых параметров является величина, характеризующая восприимчивость экономики к инновациям. При различных уровнях этой величины и затрат на образование или науку страна может стать государством 1-го поколения (где основные ресурсы – минеральное сырье, энергоносители и территория, и акцент делается на тяжелой индустрии и экстенсивном развитии сельского хозяйства), 2-го поколения (ресурсы – психологические установки и трудовые навыки населения, ведущие отрасли – электроника, биотехнология, малотоннажная химия и др.) или 3-го поколения (ресурсы – творческий потенциал общества, акцент на создании новых идей и технологий). Величина восприимчивости и ее изменение должны определяться из моделей другого типа, создание которых сейчас только начато.

В настоящее время в одних областях разрабатываются, в других эффективно применяются компьютерные системы нового поколения, одной из основных задач которых является поиск закономерностей. Эти системы, получившие название нейрокомпьютеров или нейросистем, имитируют некоторые важные особенности работы мозга. Это позволяет не писать программы, определяющие действия компьютера для всех ситуаций, с которыми он может встретиться, а обучать его, предъявляя набор примеров или образцов. Очень быстрый прогресс в этой области, растущие масштабы использования нейросистем в экономике и банковском деле вселяют надежду на то, что вскоре эта технология компьютерного анализа будет использоваться в гуманитарных исследованиях [11].

Отметим, что количество исследований, применяющих «нелинейную науку», резко возросло за последние 5 лет (и, возможно, мы можем говорить о еще одном «взрыве» научного знания, поставив тем самым классическую задачу теории катастроф); естественно, часть последних результатов, полученных членами международного научного сообщества, еще не опубликована и представлена в виде докладов на конференциях.

Работы по использованию концепций синергетики в социальных науках продолжаются. В ближайшие годы можно ожидать получения новых результатов в социально-экономических исследованиях [12].

Литература:

1. Синергетика и образование. – М.: Издательство «Гнозис», 1997. – 360 с.
2. Капица С.Л., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. – М: Наука, 1997. – 285 с.
3. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. – М., 1994.
4. Muller-Benedict V. Chaos und Selbstorganisation: Neue theuretische Ansditze in den Sozial wissensschaften // Historical Social Research O1, 1996. S.26-93.
5. Weidlich W., Haag G. Concepts and models of quantitative sociology. Berlin / Heidelberg / N.-Y., 1983.
6. Peters E. Chaos and Order in the Capital Markets, J. Wiley & Sons, New York, 1991.
7. Moody J. The Truth About Trusts. N.-Y., 1904.
8. Feichtinger G., Forst C.V. and Piccardi C. A Nonlinear Dynamical Model for the Dynastic Cycle // Chaos, Solitons & Fractals. Vol.7. O2, 1996.
9. Арнольд В.И. Теория катастроф. М.: Наука., 1990. Издание 3-е, испр. и доп.; «Жесткие» и «мягкие» математические модели // <http://www.nature.ru/db/msg.html>
10. Лотман Ю.М. Письма. – М., 1997. – С. 641.
11. Яковлев В.Л., Яковлева Г.Л., Лисицкий Л.А. Применение нейросетевых алгоритмов к анализу финансовых рынков // <http://iu4.bmstu.ru/rus/>
12. <http://www.iph.ras.ru/>

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ПОТЕНЦИАЛЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗУПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР

В.Н. Соловьев¹, С.А. Томилин²

¹ г. Запорожье, Запорожский институт экономики и информационных технологий

² г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Метод молекулярной динамики, являющийся одним из численных методов физики твердого тела, позволяет получить полную картину эволюции молекулярных систем [1]. Основу метода составляет численное интегрирование уравнений Ньютона для системы частиц (материальных точек), под которыми понимаются отдельные атомы или фрагменты молекул, взаимодействие между которыми определяется выбранным потенциалом. Задание координат и скоростей всех частиц в исходный момент времени полностью определяет дальнейшее поведение системы. Усреднение пространственных конфигураций частиц по траекториям их движения, а также скоростей и энергетических характеристик позволяет получить информацию о структуре ансамбля частиц, о термодинамических и кинетических свойствах системы, дает возможность рассчитывать макроскопические свойства материалов.

Для интегрирования уравнений движения был выбран аддитивный алгоритм Верле [2]. Он характеризуется повышенной устойчивостью и быстрой релаксацией системы к равновесному положению, при этом выбор потенциала межатомного взаимодействия является решающим фактором, обеспечивающим точность расчетов в методе молекулярной динамики.

Потенциал должен как можно точнее соответствовать реальному взаимодействию частиц в кристалле. Хотя методы *ab initio* приобретают все более важное значение, моделирование кластеров размером в несколько тысяч атомов, содержащих к тому же структурные несовершенства на длительных промежутках времени, проблематично. По этой причине поиск новых потенциалов межатомного взаимодействия, является актуальным.

Существует несколько десятков видов функциональных

форм потенциалов. Их выбор зависит от природы связей исследуемого вещества и характера задачи исследования. Самыми известными и широко используемыми функциональными формами являются потенциалы Китинга [10], Стиллинджера-Вебера [3], Терсова [4] и другие, которые хорошо адаптированы к расчетам равновесных конфигураций. Поэтому актуальным становится использование потенциала, параметры которого подгоняются под *ab initio* расчеты для типичных неупорядоченных конфигураций.

Несмотря на то, что функциональные формы потенциалов Стиллинджера-Вебера и Терсова достаточно гибко описывают множество равновесных конфигураций, их переносимость в более широкий класс неупорядоченных (дефектных) структур ставится проблематичной. Попытки описания неравновесных конфигураций известными потенциалами приводит к неоправданным усложнениям функциональной формы потенциала. Так, некоторые формы потенциалов содержат до четырех десятков параметров [7].

Недавно такой эмпирический потенциал, учитывающий особенности окружения (EDIP потенциал – Environment Dependent Interatomic Potential) предложен группой Кексираса [5]. Его функциональная форма содержит 13 параметров, подогнанных под расчеты неравновесных конфигураций в кремнии методом функционала электронной плотности [6].

Энергия конфигурации $\{\vec{R}_i\}$ записывается в виде суммы энергий каждого атома $E = \sum_i E_i$, содержащих, в свою очередь двух- и трехсвязные компоненты:

$$E_i = \sum_{j \neq i} V_2(R_{ij}, Z_i) + \sum_{i \neq j} \sum_{k \neq i, k > j} V_3(\vec{R}_{ij}, \vec{R}_{ik}, Z_i). \quad (1)$$

Здесь $V_2(R_{ij}, Z_i)$ – взаимодействие между i и j атомами, являющиеся ближайшими соседями, а $V_3(\vec{R}_{ij}, \vec{R}_{ik}, Z_i)$ – нецентрированное трехчастичное взаимодействие между i, j и k атомами, где j и k атомы прилегают к атому i . Оба типа взаимодействия зависят от местоположения атома i , через его эффективное координационное число:

$$Z_i = \sum_{i \neq m} f(R_{im}), \quad (2)$$

$f(R_{im})$ – функция, характеризующую вклад соседа m в координацию i -го атома. Она имеет вид

$$f(R_{im}) = \begin{cases} 1, & r < c \\ \exp\left(\frac{\alpha}{1-x^{-3}}\right), & c < r < a, \\ 0, & r > a \end{cases} \quad (3)$$

где $x=(r-c)/(a-c)$, $\alpha=3.1083847$, $a=3.1213820$, $b=3.1213820$, $c=2.5609104$.

Двухсвязный компонент V_2 включает как отталкивающую и притягивающую компоненты

$$V_2 = A \left[\left(\frac{B}{r} \right)^\rho - p(Z) \right] \exp\left(\frac{\sigma}{r-a} \right). \quad (4)$$

Компоненты в (4): $A=7.9821730$, $B=1.5075463$, $\rho=1.2085196$, $\sigma=0.5774108$, а $p(Z) = e^{-\beta Z^2}$, где $\beta=0,0070975$.

Трёхсвязная компонента V_3 состоит из радиальной и угловой частей:

$$V_3(\vec{R}_{ij}, \vec{R}_{ik}, Z_i) = g(R_{ij})g(R_{ik})h(l_{ijk}, Z_i), \quad (5)$$

где $l_{ijk} = \cos \theta_{ijk} = (\vec{R}_{ij} \cdot \vec{R}_{ik}) / (R_{ij} R_{ik})$. Радиальная составляющая представлена в форме

$$g(r) = \exp\left(\frac{\gamma}{r-a} \right), \quad (6)$$

где $\gamma=1.1247945$. Угловая компонента выражена уравнение

$$h(l, Z) = \lambda \left[\left(1 - e^{-Q(Z)(1+\tau(Z))^2} \right) + \eta Q(Z)(1 + \tau(Z))^2 \right] \quad (7)$$

где $\lambda=1.4533108$, $\eta=0.2523244$, $Q(Z) = Q_0 e^{-\mu Z}$, $Q_0=312.1341346$, $\mu=0.6966326$. Зависимость $\tau(Z)$ построена путем сглаживающей интерполяции в специальных точках ($Z=2, 3, 4, 6$)

$$\tau(Z) = u_1 + u_2 (u_3 e^{-u_4 Z} - e^{-2u_4 Z}) \quad (8)$$

с параметрами $u_1=-0.165799$, $u_2=32.557$, $u_3=0.286198$, $u_4=0.66$.

Параметры описанного потенциала подбирались, исходя из *ab initio* расчетов кремневых кластеров, содержащих типичные дефекты: точечные (вакансии, междоузельный атом) и линейные (дислокации). Апробация потенциала проводилась путем расчета тех же параметров дефектов, что и методом *ab initio*.

Сравнение результатов расчетов приведено в таблице. E_f –

энергия формирования дефекта (V – вакансии, I – муждоузельный атом в тетераэдрическом (T) или гексгональном (H) положении). E_f^{rel} – то же в отрелаксированном состоянии $\Delta E_f = E_f - E_f^{rel}$.

		<i>Ab initio</i>	EDIP	SW	T_2	T_3
V	E_f	3.3-4.3	3.47	4.63	2.83	4.10
	ΔE_f	0.4-0.6	0.25	1.81	0.02	0.40
	E_f^{rel}	2.9-3.7	3.22	2.82	2.82	3.70
I_T	E_f	3.7-4.8	6.15	12.21	5.85	6.92
	ΔE_f	0.1-0.2	2.10	6.96	0.82	3.47
	E_f^{rel}	3.6-4.6	4.05	5.25	5.03	3.45
I_H	E_f	4.3-5.0	6.68	17.10	5.39	8.22
	ΔE_f	0.6-1.1	2.70	10.15	1.72	3.61
	E_f^{rel}	3.7-3.9	3.98	6.95	3.67	4.61
Кристалл	E_c		4.65	4.63		
	a		5.430	5.431		

В конце таблицы содержатся предварительные данные наших расчетов для идеального кристалла с потенциалами Стиллджера-Вебера (SW) и EDIP потенциалами.

Анализ представленных данных позволяет надеяться, что новый потенциал более корректно описывает разупорядоченные структуры в алмазоподобных полупроводниках.

Литература

1. Метод молекулярной динамики в физической химии. – М: Наука, 1996.
2. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике: Пер. с англ. / Под. ред. С.А. Ахманова. – М: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1990. – 176 с.
3. L. Verlet Phys. Rev., 159, 98 (1967).
4. F.H. Stillinger and T. A. Weber, Phys. Rev. B. 31, 5262 (1985).
5. J. Tersoff, Phys. Rev. B. 38, 9902 (1988).
6. M.Z. Bazant and E. Kaxiras, Phys. Rev. Lett. 77, 4370 (1996).
7. M.Z. Bazant, E. Kaxiras, J.F. Justo, Phys. Rev. B 56, 8542 (1997).
8. J.F. Justo, M.Z. Bazant, E. Kaxiras, V.V. Bulatov, and S. Yip, Phys. Rev. B 58, 2539 (1998).
9. E. Kaxiras and L.L. Boyer, Modeling Simul. Mater. Sci. Eng. 1, 91 (1992).
10. S.M. Nakhmanson and D.A. Drabold, Phys. Rev. B 58, 15325 (1998).
11. P.N. Keating, Phys. Rev. 145, 637 (1996).
12. V. Bulatov, S. Yip, A.S. Argon, Phil. Mag., 453 (1995).

ЕЛЕКТРОННА КАРТОГРАФІЧНА МОДЕЛЬ ЯК ПЕРШИЙ КРОК ДО СТВОРЕННЯ БАГАТОЦІЛЬОВОЇ ГІС КРИВБАСУ

С.П. Сонько, А.А. Попов, І.О. Єрмілов
м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут
Київського національного економічного університету

Однією з найболючіших проблем управління, маркетингу та муніципального господарства сьогодні є відсутність єдиної інформаційної бази, яка б могла просторово прив'язати різноманітні дані до єдиної електронної карти. Причому, це характерне не лише для Кривого Рогу, а й для інших міст України. Головною особливістю такої бази є наявність у ній різноманітної інформації. Сюди включаються план або карта міста, схеми різних комунікацій, архітектурні плани і пов'язана з ними описова інформація про численні муніципальні об'єкти і т.ін. Така інформація має назву просторової або тієї, що має географічну прив'язку. В комп'ютерному середовищі вона подається у вигляді цифрових карт, растрових і векторних зображень і таблиць реляційних баз даних, в яких міститься описова інформація.

Інформаційне забезпечення сьогодні стає тим ключовим завданням, яке повинні виконувати всі науки. Інформація, із якою ми маємо справу щодня, певним чином пов'язана з географічними визначеннями місцеположень об'єктів на картах. Приблизно 85% всіх баз даних містять певний вид географічної інформації, такий як адреси вулиць, поштові індекси чи навіть номери телефонів із кодами регіонів та номерами комутаторів. Використовуючи електронну картографію, ми можемо взяти ці дані і розмістити їх на карті. Візуальне сприйняття просторового розміщення об'єктів дає нам нову основу для аналізу, а отже, і поглиблене їх розуміння. За висловом одного з початківців електронної картографії С.М. Сербенюка, зчитування з карти просторово розподілених даних дає додатковий якісний приріст у сприйнятті будь-якого явища або процесу. Наступний вираз являє собою рівняння електронної картографії:

Візуалізація + Аналіз = Розуміння.

Геоінформаційні системи роблять це реальним.

З позиції загальнонаукового розуміння географічна карта як в паперовому так і в електронному вигляді являє собою складну математичну модель місцевості, розроблену на основі картографічних проєкцій. У свою чергу, картографічна проєкція це якби одномоментний фотографічний знімок поверхні земної кулі, зроблений з різної висоти, під різним кутом, а також об'єктивом з довгою або короткою фокусною відстанню, вузьким чи широким кутом “захоплення” зображення.

Першим кроком до створення геоінформаційної системи Кривбасу є ідея використання великомасштабних карт у щорічному довіднику “Кривий Ріг”. Вона була обумовлена і отримала плідне втілення завдяки тому інтересу, який був висловлений представниками малого й середнього бізнесу щодо просторової візуалізації окремих об'єктів підприємницької діяльності. Практична реалізація цієї ідеї була здійснена Криворізьким підприємством “Кривбасторгбізнес” та кафедрою розміщення продуктивних сил і технологій виробництва Криворізького економічного інституту Київського національного економічного університету. Документальною основою роботи слугували плани землекористування масштабу 1:5000 архітектурного відділу міськвиконкому та певною мірою, загальновідомі картографічні видання – туристська схема м. Кривого Рогу, топографічна карта “Дніпропетровська область” масштабу 1:200000 та інші.

Робота здійснювалась на обладнанні підприємства “Кривбасторгбізнес” та науково-дослідної лабораторії кафедри розміщення продуктивних сил і технологій виробництва, серед якого ПЕОМ на базі процесора “Pentium-3”, сканер “Mustec A-3”, дигітайзер “Genius” і плоттер “Hewlett Packard A-1”.

Об'єкт картографування – місто Кривий Ріг, на нашу думку має особливий статус та просторову специфіку. Незважаючи на те, що місто не є обласним центром, за кількістю населення (понад 700 тис.) воно займає 8 місце на Україні, а кількість промислових підприємств у ньому перевищує 250. Крім того, конфігурація території міста наближається до прямої лінії (Індекс Бойса перевищує 100) і в своєму роді є унікальною для України. Кривий Ріг витягнутий з півдня на північ на відстань понад 60 км, що саме собою створює підстави для просторових розбіжностей і відповідний інтерес до вивчення цих розбіжностей. Ці ознаки

дають право вважати Кривбас дуже цікавим об'єктом картографічного дослідження.

Робота здійснювалась в декілька етапів. Спочатку уточнювались та корегувались вихідні листи карти Кривого Рогу (масштаб 1:5000). Паралельно відбувалась звірка з топокартою 1:200000 щодо відповідності навантаження (шляхи сполучення, елементи гідрографії, та ін.). Далі, за допомогою сканера було здійснене введення растрової інформації у пам'ять ПЕОМ. Введення здійснювалось по аркушах 1-го формату за 4 проходи сканера А-3 в середовищі "Photoshop-5.0". На наступному етапі здійснювалась векторизація за допомогою програми "MapInfo Professional-5.0", в якій растрові зображення векторизувались спеціальними засобами "Line", "Polyline", "Polygone", "Text", "Symbol". В окремих випадках, коли вихідне зображення на полях паперової карти було не досить чітким до векторизації залучався дигітайзер. Треба сказати, що застосування спеціальних програм-векторизаторів виявилось неефективним, оскільки в них дуже обмежені можливості розпізнавання шрифтів, а 30-50% часу витраченого на векторизацію пішло саме на підписи номерів земельних ділянок і назв вулиць.

Оскільки кінцева мета передбачала візуалізацію контурів земельних ділянок, які зайняті будинками, кварталів, номерів будинків та назв вулиць, то по кожному з аркушів карти створювалось 4 відповідних шари, які незалежно редагувались за допомогою "Layer Control". Усього було скановано і векторизовано 147 аркушів 1-го формату.

На наступному етапі була здійснена підготовка зображень до видання у середовищі "Corel Draw". Взагалі, програма "Corel Draw" (у нашому випадку 9 версія) якнайкраще пристосована для створення макет-оригіналів для поліграфії (в тому числі і карт), оскільки має спеціальний модульний додаток, який дозволяє зберігати векторне розрішення вихідної інформації з "MapInfo" і тим самим економить системні ресурси. Крім того, середовище "Corel Draw" дає можливість "зшивати" векторні зображення без залучення растру, чого не зробиш у "MapInfo". В нашому випадку це було необхідно, оскільки робота в "MapInfo Professional-5.0" відбувалась у "Non-Earth projection", тобто проєкції не прив'язаній до географічних координат. Підготовка ма-

кет-оригіналів кожної з 147 сторінок 4-го формату здійснювалось в поперемінному режимі “MapInfo Professional-5.0” і “Corel Draw-9”, оскільки весь час виникала необхідність змінювати масштаб зображення для “вписання” його в 4-й формат. Крім того, фінальне редагування передбачало постійне корегування розміру шрифту в нумерації будинків і назвах вулиць. На останньому етапі було здійснено друк макет-оригіналів окремих сторінок карти на спеціальну офсетну плівку на лазерному принтері “Hewlett Packard”.

Наступний крок – підготовка топооснови (топографічної моделі) міста та геокодування. Буде здійснено “зшивання” окремих аркушів та присвоєння їм географічних координат, взятих із вже готових великомасштабних карт. Цей крок найвірогідніше буде здійснено у середовищі “MapInfo Professional” і “Corel Draw”. Далі планується прив’язка атрибутивної інформації до окремих об’єктів і створення тематичних шарів.

Картографічна інформація, представлена в довіднику “Кривий Ріг-2001”, може стати (при вмілому використанні) надійною основою для удосконалення муніципального господарства, здійснення маркетингових послуг, роботи ріелтерських фірм, рекламного бізнесу, а також різних аварійних служб. Крім того, дана серія карт, передбачає не лише її довідкове, а й комерційне використання і стане електронною основою для створення багатозільової ГІС Кривбасу, над якою працює кафедра розміщення продуктивних сил і технологій виробництва разом із підприємством “Кривбасторгбізнес”.

ПРОБЛЕМЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.Н. Стаценко

г. Никополь, Никопольский институт управления, бизнеса и права

Построение формальной схемы, как правило, начинается с формального описания структуры рассматриваемой социально-экономической системы (СЭС). Практически любая СЭС имеет трехуровневую иерархическую систему управления, куда входят координирующие элементы, управляющие элементы, исполнительные элементы управления. Обозначая $i = \bar{1}, \bar{I}$ номера элементов организации при декомпозиции системы, определим вектор бинарных отношений любых двух элементов рассматриваемой системы $r_{i\mu}$, где $\mu = \bar{1}, \bar{I}$ и $\mu \neq i$. Вектор $r_{i\mu}$ является нуль-единичным вектором-столбцом, указывающим на наличие или отсутствие связей каждым i и всеми $\mu \in \bar{I}$. Как правило, все многообразие связей, присущих реальным СЭС, удобно представить связями по информации $r_{i\mu}^I$, по управлению $r_{i\mu}^U$, по материальному обмену $r_{i\mu}^M$, по финансовому обмену $r_{i\mu}^f$, по социальному влиянию $r_{i\mu}^C$. Тогда

$$r_{i\mu} = \begin{pmatrix} r_{i\mu}^I \\ r_{i\mu}^U \\ r_{i\mu}^M \\ r_{i\mu}^f \\ r_{i\mu}^C \end{pmatrix}. \quad (1)$$

При необходимости более подробного анализа при более глубокой декомпозиции системы каждая составляющая вектора $r_{i\mu}$, в свою очередь, может быть представлена соответствующим вектором, отражающим структуру указанных выше связей. Количество элементов декомпозиции и связей между ними определяются уровнем анализа СЭС. Связи элемента μ с элементом i , определяемые вектором $r_{\mu i}$, можно интерпретировать как вектор

обратных связей по отношению к $r_{i\mu}$. Множество векторов $r_{i\mu}$ и $r_{\mu i}$ для всех элементов рассматриваемой СЭС определяет ее структурное состояние на выбранном уровне анализа. Это множество образует многомерный массив, размерность которого определяется числом элементов и числом составляющих вектора $r_{i\mu}$ и представляет собой матрицу структурного состояния системы.

$$S = \begin{vmatrix} 0 & r_{12} & \dots & r_{1\mu} & \dots & r_{11} \\ r_{21} & 0 & & & & \\ \vdots & & & 0 & & \\ r_{\mu 1} & & & & & 0 \\ \dots & r_{1\mu} & \dots & & & 0 \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Здесь строка фиксирует наличие, если $r_{i\mu}=1$, или отсутствие, если $r_{i\mu}=0$ каких либо прямых связей i -го элемента с другими элементами системы, а столбец – наличие при $r_{\mu i}=0$ обратных (по отношению к i -му элементу) связей элементов системы с элементом i .

Матрица S позволяет рассматривать всю совокупность структур исследуемой СЭС, и допускает выделение любой структуры с помощью задания соответствующих компонент $r_{i\mu}$. То есть, СЭС можно структурно представить как некоторое количество подсистем, определяемых матрицами элементов бинарных отношений: $r_{i\mu}^1, r_{i\mu}^U, r_{i\mu}^M, r_{i\mu}^f, r_{i\mu}^C$.

Все элементы СЭС и сама система является территориально привязанной в пространстве, то есть занимает определенную площадь, величина которой ее конфигурация и положение в пространстве существенно влияет на состояние системы. В некоторых случаях топология системы может значительно зависеть от свойств и состояния СЭС.

Пусть q_i – граница площади, занимаемой элементом СЭС и определяемая координатами φ и λ , тогда $q_i=q_i(\varphi_i, \lambda_i)$. Для удобства рассуждений рассмотрим частный случай, когда элемент декомпозиции системы может быть задан точкой $q_i=\{\varphi_i, \lambda_i\}$. Тогда параметр q_i определяет географическое положение и конфигурацию i -го элемента в пространстве. Взаимное пространственное расположение элементов i и μ определяется вектором $q_{i\mu}$, описывающим расстояние между элементами и ориентацию элемента i

относительно элемента μ :

$$q_{i\mu} = q_{i\mu}(q_i, q_\mu).$$

В таком случае топология СЭС может быть представлена совокупностью пространственного расположения элементов q_i и их взаимного положения $q_{i\mu}$ в виде матрицы пространственного состояния системы \mathbf{Q} :

$$\mathbf{Q} = \begin{vmatrix} q_1 & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{1n} & \cdots & q_n \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Исходя из того, что важнейшей характеристикой СЭС является внутреннее состояние ее элементов, мы можем представить матрицу внутреннего состояния элементов системы как множество векторов \mathbf{P}_i , определенных в области возможных значений параметров описания состояния i -го элемента на выбранном уровне анализа:

$$\mathbf{P} = \begin{vmatrix} \mathbf{P}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{P}_i \\ \vdots \\ \mathbf{P}_n \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Одним из параметров является характеристика окружающей среды, в которой действует СЭС. По аналогии с предыдущим параметром запишем матрицу соответственного состояния среды \mathbf{W} , в котором действует элемент:

$$\mathbf{W} = \begin{vmatrix} \mathbf{W}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{W}_i \\ \vdots \\ \mathbf{W}_n \end{vmatrix}. \quad (5)$$

Исходя из того, что любая СЭС является в свою очередь элементом более широкой системы, то последняя оказывает не-

которое воздействие на рассматриваемую систему. Но в любом случае все существенные для анализа связи в явной форме определяются с помощью **S**, **Q**, **P** и **W**. Кроме того, для каждого i -го элемента системы может быть задан вектор Γ_i , составляющие которого γ_i характеризуют внешнее воздействие на этот элемент. Тогда матрица внешнего воздействия имеет вид:

$$\Gamma = \begin{pmatrix} \Gamma_1 \\ \vdots \\ \Gamma_i \\ \vdots \\ \Gamma_1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Переменные **S**, **Q**, **P**, **W** и Γ образуют фазовое пространство состояний СЭС. Точку в этом пространстве $\mathbf{H}=\{\mathbf{S}, \mathbf{Q}, \mathbf{P}, \mathbf{W}, \Gamma\}$ назовем состоянием системы.

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} h_1 \\ \vdots \\ h_i \\ \vdots \\ h_1 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

где h_i – состояние элемента i .

Компонентами вектора h_i являются вектор связи элемента, вектор пространственного положения, вектор внутреннего состояния, вектор внешнего воздействия и вектор состояния среды:

$$h_i = \{r_i, Q_i, W_i, P_i, \Gamma_i\},$$

где r_i – i -я строка (прямые связи), а i – столбец (обратные связи) матрицы **S**.

Выражение (7) представляет собой формальный способ описания состояния системы на произвольный момент времени для любого уровня в принятой иерархии описаний, где состояние системы определяется через функционально-организационную структуру, пространственное положение, внутреннее состояние элементов, состояние среды и характер воздействия среды. На основании выше изложенного процесс функционирования системы можно представить через эволюцию ее состояния $\mathbf{H}=\{\mathbf{S}, \mathbf{Q}, \mathbf{P}, \mathbf{W}, \Gamma\}$ во времени. Формальное описание СЭС воз-

можно с помощью дискретных методов представления социально-экономических процессов, представляющих описание процессов в СЭС как некоторую временную последовательность состояний системы, определяемую положением точки **H** в фазовом пространстве параметров состояния. При описании крупных дискретно наблюдаемых социально-экономических объектов в качестве шага процесса выбирается период поступления статистической информации.

КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ И ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ВИЗУАЛЬНОЙ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

А.Н. Сташатов

г. Никополь, Никопольский институт управления, бизнеса и права

Технологические процессы, заложенные в основу того или иного производства, во многом определяют его рентабельность и конкурентоспособность выпускаемой продукции на рынке. Прежде чем будет достигнуто требуемое качество изделия, на отладку нового технологического процесса уходит значительное количество времени. Полученные знания, а также специалисты, владеющие ими, представляют значительную ценность для предприятия. В то же время по разным причинам идет постоянная смена инженерно-технического персонала. Опытные работники, уходя с предприятия, уносят с собой накопленный опыт. Появляется острая потребность сохранения знаний и использования их в дальнейшем.

Компьютеризация технологической подготовки производства (ТПП) помогает решить такую задачу. С точки зрения формализации инженерных знаний и построения на их основе интеллектуальных систем задача автоматизации ТПП является достаточно сложной. Приходится учитывать большое количество факторов, которые часто не имеют четкой количественной оценки: требования к качеству изделия и его надежности, коэффициент использования материала, наличие на предприятии соответствующего оборудования, инструмента и оснастки, квалификацию персонала, влияние процесса на окружающую среду и т.д.

Применение стандартных экономико-математических методов оптимизации для поиска оптимального варианта технологического процесса является недостаточно эффективным. Однако известные успехи в этом направлении можно достичь при использовании компьютерных экспертных систем.

Экспертная система «**Технологическая подготовка производства**» предназначена для использования в конструкторских

отделах, службах технической документации, технологических, планово-экономических и планово-диспетчерских службах предприятия. ТПП выполняется при освоении изделий в серийном производстве и при подготовке к запуску каждого заказа в единичном производстве. Качество и полнота технологической подготовки производства определяет качество планирования и управления процессом производства.

Модуль ориентирован, в основном, на предприятия машиностроительного профиля, но с успехом может быть использован для автоматизации служб обеспечения производства предприятий практически всех отраслей промышленности.

Экспертная система хранит всю накопленную информацию в базе знаний. База знаний содержат информацию о каждом объекте или факте в виде правил, а также дополнительной информации – списка вопросов и разрешенных значений. Для оценки достоверности знаний экспертов об объекте используются весовые коэффициенты. Описание в базе знаний одного из объектов и правила, связанного с ним, имеет вид.

- Объект базы знаний: *Тип производства.*
- Вопрос для объекта: *Укажите тип производства для выбранного изделия?*
- Список разрешенных значений объекта «Тип производства»: *Единичное, мелкосерийное, серийное, крупносерийное, массовое.*
- Правило для определения типа производства:

если

тип_детали=вал и

программа_выпуска=менее_10 и

масса=менее_25кг

то

тип_производства=единичный,кд=100.

Система имеет модуль импорта для использования данных из внешних источников: баз данных по оборудованию, режущему инструменту, технологической оснастке. Анализ базы знаний и получение результатов выполняет специальный модуль – машина вывода. Так как выбор варианта технологического процес-

са зависит от большого числа факторов, для упрощения системы в качестве математической модели обработки экспертных оценок применен метод свертки с учетом весовых коэффициентов.

Интерпретатор базы знаний экспертной системы разработан по оригинальному алгоритму автором с использованием объектно-ориентированной среды DELPHI. Исходными данными при выборе варианта технологического процесса являются чертеж изделия, масса, материал, программа выпуска и дополнительные технические условия. Результатом работы системы является наиболее оптимальный вариант технологического процесса с документацией и технико-экономическим анализом.

Применение системы при организации подготовки производства дает возможность автоматизировать процесс анализа накопленной информации, позволяет лицу, принимающему решение, достаточно адекватно произвести выбор среди множества вариантов.

В качестве среды разработки целесообразнее всего использовать объектно-ориентированную универсальную систему, поддерживающую алгоритмический язык Pascal или C++. Подобные пакеты широко представлены на отечественном рынке. Они используют современный инструментальный визуальный программирования позволяющий придать приложению законченный вид. Благодаря объектному подходу к программированию значительно уменьшают трудоемкость создания программ и их модернизацию. Инструментарий таких пакетов имеет средства доступа к внешним локальным и серверным базам данных, позволяют эффективно управлять памятью, что значительно повышает производительность системы. Использование указателей на переменные, классы, массивы обеспечивает быстрый и удобный доступ к переменным.

Пакет Delphi американской компании Borland использует для разработки программ объектно-ориентированную версию языка Pascal.

Визуальная среда программирования Delphi позволяет создавать сложные прикладные программы Windows быстрее, чем любой другой инструмент разработки. Delphi компилирует исходный код, поэтому прикладные программы, разработанные в

этой среде, работают в 10-20 раз быстрее, чем интерпретируемый код.

В Delphi интегрирован модуль доступа к базам данных Borland EDB, обеспечивающий поддержку для dBase, Paradox, и ODBC-локальных баз данных. Delphi включает поддержку локального InterBase сервера, позволяющий разрабатывать автономные клиент/сервер прикладные программы с быстродействующим ANSI SQL-92-совместимым сервером баз данных.

Delphi также включает генератор отчетов. Это инструмент, позволяет программистам подготовить отчеты, использующие исходные данные, представленные во всех популярных форматах баз данных.

Delphi Клиент/Сервер включает локальные драйверы для доступа к удаленным базам данных Oracle, Sybase, Microsoft SQL Server, Informix.

Приложения, разработанные в среде Delphi, поддерживают протоколы доступа к данным DDE и OLE2 Windows. Внедрение и связывание документов различных форматов автоматизирует процесс передачи и обновления информации. Это дает возможность интегрировать экспертный модуль в существующие системы автоматизации подготовки производства.

Исходные данные для анализа содержит база знаний. Она включает описание объектов, которые оказывают влияние на выбор того или иного варианта. Например, при разработке технологического процесса большое значение имеют программа выпуска изделия, масса, материал, габаритные размеры и т.д. Эта совокупность фактов образует связанный список. Элемент списка имеет следующую структуру:

```
const
    word_max=40;
    line_max=80;
type
    wordstr=string[word_max];
    linestr=string[line_max];

obj=record
    name:wordstr;
```

```

question:linestr;
multivald:boolean;
leglst:ptrleg;
sought:boolean;
vals:ptrval;
next:ptrobj
end;

```

name – имя объекта (например, «Тип производства»);
question – вопрос, который используется для получения информации об объекте (например, «Какой тип производства?»);
multivald – признак многозначности объекта (принимает значение «Да» или «Нет»);

leglst – указатель на список разрешенных значений объекта (например, для объекта «Тип производства»: единичное, мелко-серийное, серийное, крупносерийное, массовое);

vals – указатель на список, содержащий выбранные значения объекта.

next - указатель на следующий элемент списка объектов.

Список выбранных значений содержит элементы:

value=record

```

name:wordstr;
cert:integer;
setby:wordstr;
next:ptrval

```

end;

name – текстовая переменная, содержащая имя выбранного значения;

cert – целая переменная, содержащая весовой коэффициент (КД) выбранного варианта, выраженный в процентах;

next - указатель на следующий элемент списка.

Структура списка разрешенных значений:

leg=record

```

name:wordstr;
next:ptrleg

```

end;

Определение указателей выполняется следующей процедурой:

```
ptrval=^value;  
ptrleg=^leg;  
ptrobj=^obj;
```

Важнейшим блоком экспертной системы являются правила. Правила – это структурные текстовые выражения, содержащие инструкцию в виде явного логического выражения. Такая инструкция предлагает вариант решения, если выполняется какие-либо условия. Условия могут объединяться логическими «И» и «ИЛИ». Например:

```
правило1: если  
  программа_выпуска=менее_10 и  
  масса=менее_25_кг  
то  
  тип_производства=единичный,кд=100.
```

Правила представлены в виде связанного списка и имеют следующую структуру:

```
ptrprem=^prem;  
ptrcon=^con;  
ptrrule=^rule;  
  
prem=record  
  obj:wordstr;  
  val:wordstr;  
  next:ptrprem  
end;  
con=record  
  obj:wordstr;  
  val:wordstr;  
  cert:integer;  
  next:ptrcon  
end;  
rule=record  
  name:wordstr;  
  prem:ptrprem;  
  con:ptrcon;
```

```
next:ptrrule  
end;
```

Правило разбивается на два фрагмента: предварительную часть и заключение. Предварительная часть `pre` содержит имя объекта и его значение (например, `программа_выпуска = менее_10`). Заключение `con` имеет также коэффициент доверия `cert` к выводу эксперта (`тип_производства=единичный, кд=100`).

Программа представляет собой исследовательский прототип и для доводки подобной системы до коммерческого уровня, необходимо выполнить значительный объем дополнительных работ:

- расширить базу знаний (прототип имеет не более 25 правил);
- разработать и усовершенствовать процедуры доступа к внешним базам данных;
- разработать формы выходных документов;
- добавить сетевые возможности для доступа к информации посредством глобальных коммуникаций.

Однако выполненная работа показала жизнеспособность данной концепции и её эффективность при подготовке производства.

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ РОЗРОБКИ НАГРІВАЧІВ РОБОЧОГО ГАЗУ СПРОЩЕНИХ МОДИФІКАЦІЙ ДВИГУНІВ СТИРЛІНГА

О.Б. Стефановський, Є.В. Сніжко
м. Мелітополь, Таврійська державна агротехнічна академія

Останнє десятиріччя у багатьох країнах появився інтерес до спрощених модифікацій двигуна Стирлінга (ДС) як засобів утилізації палих відходів і сбросної теплоти різного походження. За ініціативою професора Б.С. Стефановського, спеціалістами ТДАА виконані теоретичні і експериментальні дослідження ДС і накопиченим є досвід розробки оребрених нагрівачів робочого газу (повітря) цих двигунів. У даній статті пропонується алгоритмізація розробки їх внутрішньої поверхні, що дозволить здійснити складання відповідного програмного забезпечення для персонального комп'ютера і зробити ще один крок до широкого впровадження ДС у народне господарство.

Нагрів робочого газу ДС виконує вирішальну функцію у здійсненні робочого циклу двигуна, забезпечуючи своєю стінкою прийом високотемпературної теплоти від зовнішнього джерела (наприклад, продуктів згоряння палих відходів тощо) і відведення цієї теплоти робочим газом з мінімальними втратами. Цей потік теплоти протягом циклу формує індикаторну роботу і частково відводиться від робочого газу в охолоджувачі. На відміну від нетехнологічних і ненадійних трубчастих нагрівачів, що широко застосовувалися у ДС у минулому сторіччі, більш прийнятними є оребренні нагрівачі, тому що їх можна виготовити з допомогою звичайних токарних верстатів.

Продукти згоряння палих відходів (або вихлопні гази автотракторного двигуна) обтікають зовнішні ребра нагрівача, які можна сконструювати, використовуючи великий досвід розробки оребрених поверхонь, що накопичений у техніці. На жаль, цього не можна сказати про внутрішні ребра нагрівача, тому що характер їх обтікання робочим газом принципово відрізняється від обтікання зовнішніх ребер: частка маси робочого газу, що є всередині ДС, рухається зворотньо-поступово коло внутрішньої поверхні нагрівача. Крім того, розмір цієї частки змінний, і спра-

вжне нагрівання газу йде, коли вона відносно велика: середня температура робочого газу зростає, спочатку швидко (коли об'єм газу в ДС близький до мінімального), потім повільніше (протягом робочого ходу, що здійснює поршень у робочому циліндрі ДС). Протягом останньої частки циклу більшість маси робочого газу знаходиться за межами зони нагрівання, тому його середня температура знижується. Тиск робочого газу теж змінюється, причому з випередженням відносно середньої температури.

Ці особливості призводять до суттєвої відміни безрозмірного опису залежності інтенсивності конвективного теплообміну робочого газу від його середньої швидкості, у вигляді критеріальних рівнянь:

$$Nu=f(Re, Pr, l/d, d/D, \beta), \quad (1)$$

від загально відомих цих рівнянь для зовнішнього обтікання тіл і руху газів у каналах [1, 2]. Наприклад, показник ступеня числа Рейнольдса Re значно більший для теплообміну робочого газу, ніж для зовнішнього теплообміну навіть при турбулентному русі потоку. Число Прандтля $Pr \approx 0,7$ для повітря і двохатомних газів, тому за цієї умови може не враховуватися в (1). Безрозмірні параметри l/d , d/D і β характеризують будову внутрішніх каналів оребреного нагрівача та їх розміщення по периметру циліндру ДС, що підігривається; d – так званий еквівалентний або гідравлічний діаметр каналу, l – довжина каналу, β – кут атаки каналу (нуль для прямолінійного).

Існують два види розрахунку оребреного нагрівача робочого газу ДС – проектний і перевірний, що відрізняються за видом вихідних даних і задачами. Завданням проектного розрахунку є визначення всіх основних параметрів нагрівача для заданих умов застосування стосовно параметрів робочого газу (тиск, температура) і ДС (потужність, швидкохідність, коефіцієнт корисної дії (ККД)). Завданням перевірного розрахунку є визначення потужності ДС з відомими швидкохідністю, ККД і параметрами оребреного нагрівача, при заданому стані робочого газу. (Що стосується ефективного ККД ДС, то згідно до оцінок і досвіду інших країн, під навантаженням для спрощених модифікацій ДС можна очікувати $\eta_e = 0,10 \dots 0,15$. Це небагато, але схоже до ККД недонавантажених карбюраторних двигунів автомобілів, як при русі містом.)

Нижче стисло наведені основні кроки алгоритмів обох видів розрахунку параметрів внутрішньої поверхні оребрених нагрівачів робочого газу ДС. При **проектному** розрахунку:

1.1. Вибрати форму внутрішніх каналів нагрівача – пряму чи виту, і для останньої – величину кута атаки β . (З технологічних міркувань доцільно брати $\beta=70\dots 80^\circ$ для витих каналів, які можуть виконуватися або усередині циліндру ДС, що підігривається, або ззовні трубчастої деталі, що запресовується у нього і відіграє роль гільзи циліндру, яка розділяє об'єми каналів і об'єм циліндру.)

1.2. Прийняти характерні температури: припустиму для стінки нагрівача $T_{наг}$ (для звичайних чорних металів і сплавів 1000–1200 К), очікувану для робочого газу в охолоджувачі $T_{мін}=350–400$ К і в нагрівачі $T_{наг} \geq T_{макс} > T_{мін}$. (Щоб запобігти надмірному зниженню індикаторного ККД циклу, треба мати $T_{мін}/T_{макс} < 0,4$.)

1.3. Знайти характерні значення середньої температури робочого газу T для обох етапів процесу нагрівання – ізохорного та неізохорного. За даними експериментів, ці значення є доволі близькими до $(T_{мін} + T_{макс})/2$, хоча середня температура при неізохорному нагріванні може наближатися до $(T_{мін} + 3T_{макс})/4$.

1.4. Для обраного двоатомного газу (повітря, азот або водень – найкращий для ДС, але найнебезпечніший) знайти значення газової постійної $R_{нит}$ (Дж/(кг·К)) і теплофізичних властивостей при двох характерних температурах – коефіцієнтів теплопровідності λ (Вт/(м·К)) і динамічної в'язкості μ (Па·с), користуючись апроксимуючими формулами або довідковими таблицями. Вплив тиску на λ і μ можна не враховувати, поки він не перевищує 1–2 МПа (це типово для спрощених модифікацій ДС, що позбавлені складних ущільнень).

1.5. Задати потрібні потужність і ККД ДС, а також долю неізохорного нагрівання за кутом оберту кривошипу в межах $x=0,3–0,5$ (менше при застосуванні витих каналів). Ця доля дозволяє обчислити відповідну долю перенесеної теплоті \tilde{Q} за емпіричною формулою

$$\tilde{Q} \approx 1,47x^{1,81}. \quad (2)$$

У свою чергу, значення \tilde{Q} дозволяє знайти середні потоки теплоти P , що отримає робочий газ протягом ізохорного і неізо-

хорного нагрівання.

1.6. Забезпечити виконання умов подібності нагрівача, що розробляється, і прототипу, випробування якого дозволили отримати критеріальні рівняння (1). Для цього треба вибрати значення безрозмірних змінних у таких межах: $l/d=15\dots60$; $D/d=17\dots35$; $Re=100\dots2000$ (є піддіапазони числа Рейнольдса з урахуванням β).

1.7. Задати безрозмірні параметри, що характеризують витиснювач ДС: відносний боковий зазор $0,01\dots0,015$ і відношення квадрату діаметру витиснювача до площини перерізу усіх внутрішніх каналів нагрівача, що повинно бути у межах $8\dots20$. Знайти допоміжний параметр u , який залежить від цих параметрів і d/D . Задати коефіцієнт активної довжини каналів k і знайти два значення діаметру циліндру D , що підігрівається, для обох етапів процесу нагрівання:

$$D = \frac{P}{(T_{\text{наг}} - T)\lambda \cdot Nu \cdot uk(l/d)}. \quad (3)$$

З цих значень треба вибрати те, що більше, і округлити його. Якщо обидва значення D дуже різні, то можна намагатися їх зблизити, корегуючи безрозмірні параметри у п. 1.5–1.7.

1.8. При відомому діаметрі циліндру ДС, часткою якого є оребрений нагрівач, і з урахуванням безрозмірних параметрів (п. 1.6–1.7) визначити розміри його каналів d , l , площину їх перерізу zF і сумарний периметр їх перерізу. Орієнтуючись на l , вибирають хід поршня і витиснювача ДС S .

1.9. Згідно до прийнятих значень числа Рейнольдса і відомої математичної моделі механізму привода ДС, знайти два значення добутку середнього тиску робочого газу на частоту обертання вала ДС. З цих значень треба вибрати те, яке більше: як і у п. 1.7, можна зближати обидва значення, коригуючи раніше прийняті параметри.

1.10. Задати середній тиск робочого газу ($0,1$ – $1,0$ МПа) або частоту обертання вала ДС (100 – 1500 хв⁻¹) і, знаючи їх добуток, знайти інший його співмножник – частоту обертання або середній тиск.

1.11. Знайти кількість внутрішніх каналів нагрівача z . Для цього потрібно задати геометричне співвідношення для розрахунку площини перерізу каналу F і відповідні значення його розмі-

рів, а потім поділити zF (див. п. 1.8) на F . Кількість z обмежена умовою розміщення каналів з шириною b по периметру циліндра:

$$z \leq \frac{\pi D \cos \beta}{b}. \quad (4)$$

При **перевірному** розрахунку:

2.1. Задати усі потрібні розміри оребреного нагрівача, деталей ДС, припустиму температуру стінки $T_{наг}$, вид робочого газу і показники ДС (крім потужності).

2.2. Перевірити, чи виконані умови подібності цього нагрівача і прототипу. Виконати пункти 1.3 і 1.4.

2.3. Визначити середні значення числа Рейнольдса для обох етапів процесу нагрівання, знаючи математичну модель механізму привода ДС, значення частоти обертання, ходу поршня, і параметрів нагрівача і робочого газу. Перевірити, чи є отримані значення у межах, що забезпечують подібність режимів руху робочого газу в цьому нагрівачі та прототипі.

2.4. Знайти значення числа Нусельта Nu з допомогою рівняння (1), середніх потоків теплоти, що отримує робочий газ протягом обох етапів нагрівання. Задаючи x і отримуючи \tilde{Q} (див. п. 1.5), знайти ефективну потужність ДС, що очікується при застосуванні оребреного нагрівача.

Відповідно до викладених етапів розрахунку оребрених нагрівачів робочого газу ДС, йде складання прикладних програм для персонального комп'ютера. Шляхом поступового додання інших блоків (розрахунку зовнішнього оребрення нагрівача та інших вузлів ДС) передбачається створення вітчизняних засобів автоматизованого проектування спрощених модифікацій ДС.

Список літератури

1. Стефановський О.Б., Сніжко Є.В. // Праці ТДАТА. Мелітополь, 2000. – Вип. 2, т. 14. С. 3–7.
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1973. – 320 с.

ЗАДАЧИ АНАЛИЗА СКРЫТЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Э.В. Терещенко, В.А. Терещенко
г. Запорожье, Запорожский государственный технический университет

Открытие закономерностей и формулировка законов являются общей целью научного познания.

В данной работе для решения задачи анализа скрытых закономерностей эмпирических данных положен в основу методологический принцип философского детерминизма, который трактует возможность познания как следствие всеобщей обусловленности процессов и явлений в мире. При этом проявлением взаимосвязанного характера взаимодействия явлений выступает закономерность [1].

В процессе научного познания широко применяется формализация и математизация, что позволяет наиболее точно строить модели исследуемого явления. В данной работе ставится задача математического описания явления с помощью установления зависимостей между наблюдаемыми признаками этого явления.

В работе предполагается отсутствие активного вмешательства в исследуемое явление, т.е. реализуется схема пассивного эксперимента.

Для изучения явлений различной природы – технических, медико-биологических, экономических, социальных и др. – проводится ряд наблюдений. Полученная информация представляет протокол наблюдений исследуемого явления и может быть представлена на различных языках – от естественного до формального. Всю полученную в ходе наблюдений информацию можно свести к таблице T1, которая содержит строки, по числу наблюдений, и столбцы, по числу наблюдаемых свойств (признаков).

Проведя ряд формальных преобразований, возможно унифицированное представление исходных данных в виде двоичной таблицы T2, которая не содержит одинаковых строк.

Формализуем вышесказанное. Для описания исследуемого явления вводим следующие понятия и обозначения [2].

Множество PU – совокупность всех возможных признаков.

Мощность множества $|PU|=m$.

Множество PV совокупность признаков, определяющих явление. Мощность множества $|PV|=k$.

Множество PW совокупность наблюдаемых признаков. Мощность множества $|PW|=n$.

Множество PL совокупность признаков инвариантных по отношению к изучаемому явлению (далее – независимых). Мощность множества $|PL|=l$.

Основные соотношения: $PV \subset PU$; $PW \subset PU$; $PL \subset PU$.

Алфавит выделенных множеств $\{0, 1\}$.

Введем множества слов определенной длины, построенных на двоичном алфавите [3].

Совокупность признаков PU порождает множество U (универсум) слов длины m . Мощность $|U|=2^m$.

В U погружено множество V – слов длины k , в котором содержится подмножество слов рассматриваемого явления. Мощность $|V|=2^k$.

В U погружено также множество W – совокупность слов длины n , в котором содержится подмножество слов, доступных для наблюдения. Мощность $|W|=2^n$.

Во множество W входит подмножество L слов длины l , которые соответствуют инвариантным признакам. Мощность $|L|=2^l$.

Основные соотношения: $V \subset U$; $W \subset U$; $L \subset W$.

Под влиянием внутренних связей (ограничений) явление определяет совокупность значений признаков (двоичных слов), на которой само явление существует, что разделяет множества V и W таким образом.

(1) $V=V^0 \cup V^1$, где V^1 – множество слов определяемых явлением. Мощность $|V^1|=d$. Множество V^0 – множество слов, на которых явление не существует. Мощность $|V^0|=2^k-d$.

(2) $W=W^0 \cup W^1$, где W^1 – множество слов, на которых явление имело место. Мощность $|W^1|=g$. W^0 – множество слов, на которых явление не наблюдалось. Мощность $|W^0|=2^n-g$.

Опишем идеализированный случай наблюдения (пассивного эксперимента). Следуя принципу детерминизма, принципиально возможно провести наблюдение над признаками множества PV , в случае $PV=PW$, $PL=\emptyset$, а также поставим условие, что для наблюдения доступны все слова, определяемые явлением: $W^1=V^1$.

Таким образом, в идеализированном представлении получена полная информация об исследуемом явлении. Эта информация представлена таблицей T2, которая содержит k столбцов, по числу наблюдаемых признаков, и d строк, по числу возможных слов (наборов значений признаков).

Множества V^1 и W^1 будем рассматривать как таблицы истинности некоторых высказываний. Пусть сложное высказывание $C(p_1...p_k)$ задает на множестве U закономерность R ($R \subset U$), которая описывает рассматриваемое явление. Тогда на множестве V высказывание $C(p_1...p_k)$ принимает значение «Истина», и таблица T2 представляет собой таблицу истинности высказывания $C(p_1...p_k)$, которое можно представить в виде СНДФ [4].

Итак, идеализируемое наблюдение позволяет описать внутреннюю закономерности рассматриваемого явления в виде СНДФ.

Описанный случай является идеализацией наблюдения (пассивного эксперимента). При реальном наблюдении возникают следующие ограничения.

Первое ограничение: $PW \neq PV$. Представляет интерес следующий случай: множество наблюдаемых признаков PW распадается на два подмножества: PL и PN , где PL – множество наблюдаемых независимых признаков, и PN – множество наблюдаемых признаков, определяющих существование явления (далее – значащих признаков). Основные соотношения: $PN = PW/PL$; $PL \subset PW$; $PN \subset PW$; $PL \cup PN = PW$.

Таким образом, из первого ограничения вытекают следующие задачи:

- 1) определение множества значащих признаков PN ,
- 2) расширение множества PN до PV , т.е. включение в наблюдаемые всех значащих признаков.

Первая задача решается при анализе таблицы T2 выделением класса значащих признаков и класса независимых признаков на множестве PW перечислением их элементов.

Вторая задача не имеет формального решения, т.к. количество признаков, доступных наблюдению, зависит от ряда объективных причин. Например, теоретической разработки предметной области, от уровня технической оснащенности исследования и т.п. То есть, анализ таблицы T2 не позволяет получить инфор-

мацию о ненаблюдаемых (виртуальных) значащих признаках, т.е. принципиально невозможно восстановить закономерности рассматриваемого явления при отсутствии части значащих признаков явления.

Второе ограничение реального наблюдения: за ограниченный период наблюдения явление может проявиться на неполном наборе слов: $W^1 \subseteq V^1$. Множество не проявленных слов при этом $W^0 = W/W^1$. Из этих слов можно выделить подмножество слов V^1/W^1 , на которых принципиально возможно существование явления, и подмножество слов $W/(V^1/W^1)$, на которых существование явления невозможно. Причем, можно высказать очевидное утверждение о множества W^1 : множество W^1 слов, на котором явление наблюдается, совпадает или содержится во множестве V^1 слов, на котором явление существует, т.е. $W^1 \subseteq V^1$ и $|W^1| \leq |V^1|$. Доказательство от обратного. Пусть W^1 не является подмножеством V^1 , т.е. $W^1 \not\subseteq V^1$. Тогда существует хотя бы одно слово, которое не является элементом множества V^1 , и явление на нем существует, но это противоречит определению V^1 .

Приближение реального наблюдения к идеализированному требует расширения множества W^1 на множество V^1 , что принципиально возможно при увеличении времени наблюдения явления.

Таким образом, при реальном наблюдении таблица T2 включает n признаков и g двоичных слов. Преобразуем таблицу T2 в таблицу T3, удалив l независимых признаков и одинаковые строки. Определим высказывание $S(p_1 \dots p_k)$ используя таблицу T3 в качестве таблицы истинности, которую можно преобразовать в СНДФ _{p} .

Итак, высказывание в виде СНДФ _{p} описывает наблюдаемое явление на ограниченном наборе признаков.

Подведем итоги.

1. Анализ скрытых закономерностей эмпирических данных требует решения следующих задач:

- построение двоичной таблицы T2 унифицированных исходных данных;
- исключение незначащих признаков;
- формирование СНДФ _{p} ;
- минимизация полученной СНДФ _{p} известными методами.

2. Принципиально невозможно восстановить закономерности рассматриваемого явления по известной СНДФ_p при отсутствии части значащих признаков явления.

Литература

1. Кузнецов В.Г., Кузнецова И.Д., Миронов М.В., Момджи К.Х. Философия. – М., 1999. – 548 с.

2. Фор Р., Кофман А., Дени-Папен М. Современная математика. – М.: Мир, 1966. – 271 с.

3. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – К.: Техніка, 1977. – 768 с.

4. Кемени Дж., Снелл Дж., Томсон Дж. Введение в конечную математику. – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 486 с.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХІМІЧНОЇ ДИФУЗІЇ

О.В. Федорова

м. Ізмаїл, Ізмаїльський державний педагогічний інститут

Вивчення фізико-хімічних процесів, відповідальних за формування зв'язку між компонентами в композиті, – один із найважливіших аспектів матеріалознавства. Кількісна оцінка цих процесів пов'язана з реалізацією основної задачі контролю взаємодії між компонентами. Головними при цьому є оцінка, прогнозування, управління та оптимізація структури зони взаємодії компонентів. У статті розглядається математичне та комп'ютерне моделювання хімічної дифузії, яка відбувається на межі розділу компонентів. Оцінка і прогноз на основі даної моделі дозволяють одержувати інформацію про коефіцієнти дифузії, динаміку концентрації продукту хімічної взаємодії в зоні з'єднання компонентів у часі і просторі.

Під хімічною дифузією розуміється дифузійна взаємодія на поверхні твердого тіла, яка супроводжується утворенням нових фаз.

Як відомо, термодинамічною передумовою протікання реакції є зменшення вільної енергії системи [1]. Кінетична сторона процесу визначається швидкістю реакції на межі розділу компонентів і переносом продуктів реакції, у результаті чого утворюються міжфазні перехідні шари.

Опис реакційної дифузії відноситься до класу багатofакторних задач із великим числом паралельно і послідовно включених ланок, зворотними зв'язками, що супроводжуються явищами, роль яких залежить від численних чинників, пов'язаних із фізичною природою досліджуваного матеріалу і зовнішніх впливів.

Виділимо слідуючи стадії процесу:

1) самодифузії контактуючих компонентів; 2) розчинення матеріалу армуючого компонента у матричній речовині; 3) хімічні реакції; 4) взаємна дифузія.

Розглянемо найпростіший випадок реакційної дифузії, коли утвориться однофазний суцільний шар з ізотропною структурою. Введемо наступні припущення:

1) дифузія протікає при постійній температурі;

2) перенос реагуючих компонентів здійснюється шляхом об'ємної дифузії;

3) механічні напруження, пори, тріщини й інші дефекти в шарі, який утворився, відсутні;

4) кінетичні чинники, що визначають кінетику реакції на межах розділу фаз, не лімітують швидкості процесу.

Тоді задача про обчислення товщини міжфазного шару h зводиться до розгляду рівняння

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \nabla(D_k, \nabla c), \quad (1)$$

де D_k – коефіцієнт дифузії продукту реакції; $c(x, t)$ – концентрація продукту реакції в міжфазному шарі.

Початкові і граничні умови задачі такі:

$$c(0, t) = C_1, c(h, t) = C_2; c(x, t) = 0 \text{ при } x > h. \quad (2)$$

Розмір дифузійного потоку у внутрішній частині шару в одномірному випадку визначається першим рівнянням Фіка [2].

В силу припущення про сталість концентрації в точці $x=h$ весь реагент, який накопичується в точці $x=h$ понад концентрацією C_2 за рахунок дифузії, повинний витратитися на утворення продукту реакції зі швидкістю $C_2 dh/dt$

$$J_k = -D_k \frac{\partial c}{\partial t} \Big|_{x=h}. \quad (3)$$

Тоді балансове рівняння для даного реагенту має вид

$$-D_k \frac{\partial c}{\partial t} \Big|_{x=h} = C_2 \frac{dh}{dt}. \quad (4)$$

Рішення рівняння (1) для одомірного плоского випадку з граничними умовами (2), (4) призводить до параболічного закону реакції [1]

$$h = 2a \sqrt{D_k t}. \quad (5)$$

Параметр a обчислюється з трансцендентного рівняння

$$\frac{(C_1 - C_2)}{C_2} = \sqrt{\pi} a \exp(a^2) \operatorname{erf}(a). \quad (6)$$

Якщо значення a менше одиниці, тоді, розкладаючи праву частину рівності (6) у рядок за степенями a та обмежуючись першим членом, знайдемо

$$a = \sqrt{\frac{(C_1 - C_2)}{2C_2}}. \quad (7)$$

Підставляючи знайдене значення a у (5), знаходимо коефіцієнт дифузії продукту реакції

$$D_k = \frac{h^2}{4ta^2}. \quad (8)$$

Параболічний закон (5) одержаний шляхом розв'язування рівняння дифузії (1). Термодинамічне-кінетичне обґрунтування цієї формули вперше дано К. Вагнером.

Параболічний закон реакції (5) потребує виконання великого числа обмежень, що рідко реалізуються на практиці. У зв'язку з цим, численні спроби опису реакційної дифузії з використанням рівняння (1) і формули (4) можна розглядати як моделювання реального процесу за допомогою зручної математичної моделі, яка містить коефіцієнт D_k , що має розмірність коефіцієнта дифузії. Розмір D_k , знайдений з експериментальних даних про товщину шару, є ефективним коефіцієнтом дифузії. Вона містить інформацію про вплив численних чинників, що супроводжують твердофазній взаємодії.

Розглянемо випадок утворення нової фази, коли частина дифундуючого компонента переходить у твердий розчин. Позначимо концентрації на зовнішній і внутрішній частинах шару через C_{11} та C_{12} , концентрацію в армуючому компоненті для точки, що належить до шару – через C_{21} , а початкову концентрацію в матриці – через C_{22} .

Задача зводиться до рішення двох рівнянь дифузії (1)

$$\begin{aligned} \frac{\partial c_1}{\partial t} &= D_1 \frac{\partial^2 c_1}{\partial x^2}, \quad 0 < x < h \\ \frac{\partial c_2}{\partial t} &= D_2 \frac{\partial^2 c_2}{\partial x^2}, \quad h < x < \infty \end{aligned} \quad (9)$$

при початкових і граничних умовах

$$c_2(x, 0) = C_{22}, \quad x > 0. \quad (10)$$

$$c_1(0, t) = C_{11}, \quad c_1(h, t) = C_{12}, \quad c_2(h, t) = C_{21} \quad (11)$$

$$(C_{12} - C_{21}) \frac{dh}{dt} = -D_1 \left. \frac{dc_1}{dx} \right|_{x=h} + D_2 \left. \frac{dc_2}{dx} \right|_{x=h}. \quad (12)$$

Рішення системи рівнянь (8) із параболічним законом взає-

модії (5) знаходиться у виді

$$c_j(x, t) = A_j + B_j \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_j t}} \right). \quad (13)$$

Константи A_j та B_j визначаються з умов (10), (11)

$$c_1(x, t) = C_{11} + (C_{11} - C_{12}) \frac{\operatorname{erf}(x/2\sqrt{D_1 t})}{\operatorname{erf}(a)}; \quad (14)$$

$$c_2(x, t) = \frac{C_{21} - C_{22} \operatorname{erf}(a\varphi)}{1 - \operatorname{erf}(a\varphi)} - \frac{C_{21} - C_{22}}{1 - \operatorname{erf}(a\varphi)} \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_2 t}} \right). \quad (15)$$

Підставляючи (5), (14), (15) в умови балансу (11), матимемо на поверхні розділу компонентів у точці $x=h$ такий вираз для концентрації

$$C_{12} - C_{21} = \frac{C_{11} - C_{12}}{\sqrt{\pi a} \exp(a^2) [\operatorname{erf}(a)]} - \frac{C_{21} - C_{22}}{\sqrt{\pi a \varphi} \exp(a^2 \varphi^2) [1 - \operatorname{erf}(a\varphi)]}, \quad (16)$$

де $\varphi = \sqrt{D_1/D_2}$, $\operatorname{erf}(z)$ – інтеграл помилок.

З експериментів отримують інформацію про розподіли C_{11} , C_{22} та товщину шару h . Для визначення параметра a і коефіцієнтів дифузії D_1 , D_2 необхідно скористатися будь-якими з формул (5), (14)–(15). Спочатку визначається D_1 з (14) або D_2 з (15).

Диференціюючи (14) по x , отримаємо

$$\frac{\partial c_1}{\partial x} = - \frac{C_{11} - C_{12}}{2\sqrt{D_1 t} \operatorname{erf}(a)} \exp \left(- \frac{x^2}{4D_1 t} \right). \quad (17)$$

Аналогічно визначається D_2

$$\frac{\partial c_2}{\partial x} = - \frac{C_{21} - C_{22}}{2\sqrt{D_2 t} (1 - \operatorname{erf}(a\varphi))} \exp \left(- \frac{x^2}{4D_2 t} \right). \quad (18)$$

Як приклад розглянемо композиційну систему алюміній-вольфрам. Експериментальні дані про товщину перехідного шару візьмемо з роботи [2].

Фрагмент робочого документа Mathcad з відповідними обчисленнями приведений нижче.

Наведені розрахунки мають оцінний характер. У будь-яких реальних системах швидкість взаємодії, по-перше, значно вище, а по-друге, буде описуватися більш складними закономірностями.

$$C_1 := 0.7$$

$$C_2 := 0.3$$

$$i := 1..4$$

$$h_i :=$$

$$a := \sqrt{\frac{C_1 - C_2}{2 \cdot C_2}} \quad a = 0.816$$

$$t_i :=$$

300
600
900
1200

$20 \cdot 10^{-6}$
$30 \cdot 10^{-6}$
$45 \cdot 10^{-6}$
$65 \cdot 10^{-6}$

експериментальні дані системи
Al - W при температурі T=680 C

$$D_i := \left[\frac{1}{4} \cdot \frac{(h_i)^2}{(t_i \cdot a^2)} \right]$$

коефіцієнт дифузії продукту реакції

$$D_i =$$

$5 \cdot 10^{-13}$
$5.625 \cdot 10^{-13}$
$3.437 \cdot 10^{-13}$
$1.32 \cdot 10^{-12}$

результати прогнозування

Література:

1. Гегузин Я.Е. Диффузионная зона. – М.: Наука, 1979. – 344 с.
2. Матусевич А.С. Композиционные материалы на металлической основе. – М.: Наука и техника, 1978. – 216 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕЖФАЗНОГО СЛОЯ ВОЛОКНИСТОГО МЕТАЛЛОКОМПОЗИТА

Е.А. Черкас

г. Измаил, Измаильский государственный педагогический институт

В процессе изготовления или эксплуатации изделий из композита между волокном и матрицей на границе раздела происходят процессы массопереноса (растворение, химические реакции, диффузия). В результате чего вокруг границы раздела образуются межфазные переходные слои. Анализ экспериментальных данных показывает, что эти слои имеют определенную структуру (химический состав и строение), обусловленную перечисленными выше физико-химическими процессами.

Указанные слои формируют связь между волокном и матрицей, обеспечивают передачу напряжений между ними и, следовательно, являются ответственными за монолитность композитной системы и механические свойства материала.

Задача прогнозирования механических свойств композита связана с расчетом концентрации продукта реакции межфазного слоя, так как до определенного момента наличие межфазного слоя является необходимым для лучшего сцепления компонентов, однако интенсивное взаимодействие может привести к нежелательным эффектам (дефектам типа микротрещин или к полному растворению волокна).

В связи с вышесказанным моделирование данного слоя представляет теоретический и практический интерес.

Процесс формирования межфазного слоя в системе тугоплавкое волокно – металлическая матрица можно рассматривать как совокупность взаимосвязанных процессов: образования активных центров на поверхности волокна в результате процессов растворения; реакции на активных центрах и диффузия продукта реакции в матрицу. Активными центрами будем называть такие участки на поверхности волокна, через которые происходят процессы массопереноса.

Введем следующие модельные представления:

– межфазные переходные слои представим в виде двух ци-

линдрических оболочек определенной толщины и различным химическим составом: первая оболочка состоит из продукта реакции и вещества матрицы, вторая – из продукта реакции и вещества волокна, таким образом, материал каждой оболочки является двухкомпонентной средой;

– продукт реакции представим размещенным в не пересекающихся в пределах оболочки половинках эллипсоидов («иглоподобных» или «дископодобных»);

– половинки эллипсоидов каждой оболочки соединяются попарно через круг (активный центр на поверхности волокна).

Рассмотрим следующие модели межфазного слоя, соответствующие реальным композитным системам:

1) продукт реакции в первом слое находится в эллипсоидах «иглоподобной» формы; во втором слое – «дископодобной» формы;

2) в обоих слоях продукт реакции находится в эллипсоидах «дископодобной» формы.

Моделирование структуры межфазного слоя сводится к размещению m не пересекающихся эллипсоидов размеров $(a_1^i, a_2^i, a_3^i), i=1, m$ в оболочке, представляющей собой межфазный слой. Будем считать, что $a_1^i = a_2^i = \frac{1}{2} d^i$, где d^i – диаметр i -того круга, расположенного на поверхности волокна; $a_3^i = \delta_1$, если эллипсоид размещен в первой оболочке, и $a_3^i = \delta_2$, если эллипсоид размещен во второй оболочке.

Величины δ_1 и δ_2 вычисляются по формулам:

$$\delta_1 = \sum_{k=1}^n \sqrt{D_k t_k}, \quad \delta_2 = R - r_F, \quad (1)$$

где R – радиус волокна до изготовления композита; r_F – радиус волокна в композите; D_k – коэффициент диффузии продукта реакции в матричном веществе в t_k момент времени изготовления композита.

Тогда $\delta_1 + \delta_2 = \delta$ – ширина межфазного слоя.

Пусть из экспериментов известно: количество активных центров (m_k) и средняя площадь активного центра (s_k) на поверхности волокна радиуса R и длины l на момент времени t_k ($k = \overline{1, n}$)

технологического процесса изготовления композита.

Запишем формулу для вычисления объема k -того эллипсоида в следующем виде:

$$v_k = \frac{4}{3} \delta_j s_k \quad , \quad j=1,2 \quad , \quad k=1,\dots,m. \quad (2)$$

Тогда суммарный объем продукта реакции в j -ой оболочке на момент времени t_k составит

$$V_j = \frac{2}{3} \delta_j m s_k. \quad (3)$$

Находим объемную концентрацию продукта реакции в первой цилиндрической оболочке

$$C1 = \frac{2}{3} \frac{s_k m_k}{\pi l (2R + \delta_1)}. \quad (4)$$

Продукт реакции во второй цилиндрической оболочке находится аналогично

$$C2 = \frac{2}{3} \frac{s_k m_k}{\pi l (2R - \delta_2)}. \quad (5)$$

Уравнение для определения концентрации продукта реакции в межфазном слое имеет вид

$$C = \frac{2}{3} \frac{s_k m_k}{\pi l (2R + \delta_1 - \delta_2)}. \quad (6)$$

В таблицах приведены результаты расчета концентраций ($C1$, $C2$) продукта реакции в межфазных слоях при различных технологических режимах изготовления композита А1 – В. В таблице 1 – при отжиге, а в таблице 2 – при плазменном напылении. Вычисления проводились для волокна радиуса $R=0.1$ мм и длины $l=160$ мм.

В таблицах приняты такие обозначения: T^0 С – температура изготовления композита; m – число активных центров; расположенных на площади 100 кв. мм. на поверхности волокна; S – средняя площадь активного центра. Значения m , S являются экспериментальными [1].

Таблица 1

T	m	S	δ_1	δ_2	$C1$	$C2$
100	167	0.018	0.0001	0.002	0.02	0.02
100	167	0.018	0.001	0.01	0.02	0.019
200	162	0.021	0.0001	0.002	0.023	0.022
200	162	0.021	0.001	0.01	0.023	0.021
300	144	0.025	0.0001	0.002	0.024	0.024
300	144	0.025	0.001	0.01	0.024	0.023
350	110	0.042	0.0001	0.002	0.031	0.03
350	110	0.042	0.001	0.01	0.031	0.029
400	136	0.049	0.0001	0.002	0.044	0.044
400	136	0.049	0.001	0.01	0.044	0.042
500	114	0.108	0.0001	0.002	0.082	0.081

Таблица 2

T	m	S	δ_1	δ_2	$C1$	$C2$
20	167	0.018	0.00001	0.0001	0.02	0.02
100	167	0.020	0.00005	0.0002	0.022	0.022
200	144	0.027	0.00008	0.00025	0.026	0.026
300	139	0.056	0.0001	0.0003	0.052	0.052
350	132	0.110	0.0001	0.0004	0.096	0.096
400	97	0.172	0.00015	0.0005	0.111	0.11
500	89	0.203	0.0002	0.001	0.12	0.119

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Концентрация продукта реакции во второй оболочке зависит от числа (m) и площади (S) активных центров и не зависит от толщины слоя.

2. Концентрация продукта реакции в первой оболочке зависит от числа (m) и площади (S) активных центров, а также от формы эллипсоида: значение концентрации при «дископодобной» форме размещения продукта реакции выше, чем при «иглоподобной» форме.

Литература

1. Гукасян Л.Е., Торосян Т.Н., Черныш О.О. Структура границы раздела между борным волокном и плазменно-напыленным алюминием в зависимости от режима обработки // Физика и химия обработки материалов. – 1994. – № 1. – С. 89-94.

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СЕТЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ WIDEBAND

В.Ф. Шапо

г. Одесса, Одесская государственная морская академия

За последние годы резко изменился характер использования глобальных и локальных вычислительных сетей. У многих пользователей появилась потребность получать информацию, которая критична к запаздыванию или потерям пакетов данных и требует для передачи сетевые технологии, обеспечивающие соответствующее качество обслуживания. Основными приложениями, требующими высокого качества обслуживания, являются IP-телефония и система видеоконференций, которые позволят значительно уменьшить затраты на телефонные переговоры и транспортные расходы, но и существенно увеличивают нагрузку на сеть. В таблицах 1 и 2 приведены данные, позволяющие определить влияние задержек при передаче на качество голосовой связи и необходимую пропускную способность при передаче несжатых видеоданных.

Таблица 1

<i>Задержка</i>	<i>Качество голосовой связи</i>
600 мс	Взаимодействие затруднено
250 мс	Приемлемый уровень искажений речевого потока
100 мс	Задержки практически незаметны
50 мс	Передача без искажений

Вычисления в таблице 2 выполнялись по следующей формуле:

$$W=C \cdot R \cdot V \cdot n \quad (1)$$

где

C – число пикселей в строке;

R – число строк в кадре;

V – число кадров в секунду;

N – число бит на пиксел для передачи цвета;

W – необходимая пропускная способность сети, Мбит/с.

Таблица 2

<i>Формат</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>W</i>
VGA	640	480	60	6	110.6
SVGA	800	600	72	8	276.5
UVGA	1024	768	85	16	1069.5

При построении современных вычислительных сетей используется широкий спектр сетевых технологий, которые отличаются своими возможностями, пропускной способностью, качеством обслуживания и стоимостью. Обоснованный и точный выбор сетевой технологии при проектировании сети является непростой задачей даже для профессионального разработчика. В настоящее время на Украине наиболее распространены технологии семейства Ethernet (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet) вследствие простоты их установки и относительной дешевизны, однако они обладают и существенным недостатком – непредсказуемым временем передачи данных, особенно в сетях с высокой загрузкой. Кроме того, все более широкое применение получает универсальная технология АТМ, которая применяется для создания локальных и региональных вычислительных сетей. Наряду с ее многочисленными достоинствами (высокой пропускной способностью, качеством обслуживания, предсказуемостью задержек передачи данных), она обладает высокой стоимостью, что сдерживает ее распространение.

Для передачи данных, критичных к задержкам (видео и звук), технологии семейства Ethernet могут быть применены со значительными ограничениями, так как в этих сетях постоянно возникают коллизии и, как следствие, передача пакетов откладывается на некоторый случайный промежуток времени. Зачастую метод доступа к среде передачи данных CSMA/CD (Carrier Sense, Multiple Access with Collision Detection), применяемый в сетях Ethernet, становится неэффективным при загруженности сети более 60%. Кроме того, обязательные временные интервалы между пакетами также снижают скорость передачи данных. Таким образом, существовавшие ранее технические решения позволяли решить проблему передачи звука и видео либо частично, либо со значительными материальными затратами. Для объединения достоинств Ethernet и АТМ разработана технология

WideBand, которая сочетает в себе качество сервиса ATM и низкую стоимость Ethernet. WideBand обеспечивает суммарную полосу пропускания 1 Гбит/с по неэкранированной витой паре категории 5. Для реализации технологии WideBand необходимы соответствующие сетевые адаптеры и концентраторы.

Технология WideBand использует механизм приоритетов для различных типов данных, имеет специальные каналы для передачи видеоданных, критичных к временным задержкам. Общая скорость передачи данных достигает 1 Гбит/с, но с целью повышения помехоустойчивости каждый байт кодируется десятью битами, и полезная скорость передачи данных снижается до 800 Мбит/с. WideBand использует формат кадров Ethernet, что особенно упрощает интеграцию сетей Ethernet и WideBand. При этом в сетях WideBand не используется метод доступа CSMA/CD, что позволяет создавать бесколлизийные сетевые сегменты, повысить скорость передачи данных и значительно снизить временные задержки. При этом стоимость оборудования WideBand существенно ниже, чем для ATM.

Для обмена данными WideBand использует все четыре витые пары сетевого кабеля UTP5. Полученный канал можно представить в виде трех коммуникационных подканалов, каждый из которых предназначен для определенного типа данных. Две пары (один подканал) используются для организации полнодуплексного обмена данными между рабочей станцией и сервером. Третья пара образует симплексный подканал (только на прием) с видеосервером, а четвертая служит для управления потоком и передачи информации в сеть. Каналы для обмена данными и потокового видео имеют полную пропускную способность 333 Мбит/с.

Вместо обычных коммутаторов Ethernet при стыковке сегментов Ethernet и WideBand используются акселераторы Ethernet, в которых введено важное новшество – каждый входной канал снабжен буфером памяти с механизмом FIFO (First In, First Out). Если передачу ведет только одна станция, данные сразу поступают в канал. Если данные приходят от двух или более пользователей одновременно, то пакет одного из них передается в сеть, а остальные записываются в буферы. Как только пакет первого пользователя передан, акселератор начинает трансляцию

пакета второго пользователя. В результате данные заполняют канал с высокой плотностью, не конфликтуя между собой.

WideBand-адаптеры сами определяют возможность сети принять дополнительный трафик. При высокой загрузке сети компьютер-источник может отложить передачу данных до того момента, когда данные смогут быть приняты сетью и переданы по назначению. Если же сеть загружена до полного насыщения, пользователь информируется об этом и может передать данные, повысив их приоритет или отложив передачу. Это дает возможность не переполнять буферы концентраторов, избегая временных потерь на повторную передачу.

Пакет Ethernet при передаче в сеть преобразуется в пакет WideBand. При приеме дополнительная информация (заголовок и хвостовик) удаляется, и операционная система рабочей станции или сервера получает пакет в стандартном формате Ethernet. Однако основная особенность заключается в том, что управление доступом к среде не использует механизм CSMA/CD, что позволяет избежать коллизий в сети.

Технология WideBand реализует механизм приоритетов, устанавливая идентификатор класса обслуживания в заголовках пакетов. Качество обслуживания обеспечивается посредством отделения чувствительного к задержкам трафика и направления его в отдельный потоковый канал. Этот канал, получивший название WideCast, разделен на 65000 подканалов, каждый из которых может быть отдан в распоряжение только одного пользователя или нести многоадресный трафик, доставляя видео- и аудиоданные многим клиентам. По каналу WideCast можно одновременно передавать до 170 видеопотоков в формате MPEG-1. Каждый концентратор имеет специальный входной порт, через который потоковые данные включаются в систему. Таким образом, даже при высокой загрузке сети данные с более высоким приоритетом передаются и доставляются получателю в первую очередь.

В связи с тем, что структура пакетов Ethernet полностью сохраняется, переход к сетям WideBand очень прост, так как есть возможность постепенной инсталляции. Первым шагом при замене существующего сегмента Ethernet на сегмент WideBand является установка акселератора Ethernet с портом WideBand. Та-

кой акселератор может затем подключаться к концентратору WideBand. Включение сегмента WideBand в сеть Ethernet позволяет получить бесколлизийный сегмент, и, кроме того, концентратор WideBand имеет скоростные порты, к которым могут быть подключены несколько серверов.

Технология WideBand накладывает высокие требования на электрические характеристики кабельной системы (чтобы обеспечить скорость передачи 333 Мбит/с, необходима частота 167 МГц). Недостатком технологии WideBand является ее малая распространенность и практически полное отсутствие литературы, что усложняет ее применение при построении вычислительных сетей. Таким образом, построение математических моделей работы сетевой технологии WideBand является очень важной и чрезвычайно актуальной задачей.

При построении модели сети WideBand особенно важным является создание модели основного сетевого устройства – акселератора Ethernet. Это устройство имеет 9 входных портов, к которым подключаются рабочие станции Ethernet (модель позволяет задать их скорость и активность) и один порт для подключения данного сегмента во внешнюю сеть WideBand. Разработаны два алгоритма моделирования этого устройства: алгоритм последовательного опроса портов и алгоритм приоритетов, когда каждому порту назначается свой приоритет. Недостатком подобных акселераторов является ограниченное количество входных портов, т.к. классические концентраторы Ethernet могут содержать 24 и даже 32 порта. Этот недостаток устраняется объединением концентраторов WideBand в стек, что позволяет создавать значительно более сложную сеть.

В настоящее время математическая модель дорабатывается с учетом необходимости объединения нескольких концентраторов в стек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Roger E. Billings. WideBand Networking. WideBand Corporation, Independence, Missouri, 1996.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

Е.Я. Швец, Ю.С. Оселедчик, Т.Н. Точилина, Н.В. Свитанько
г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная академия

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование методики преподавания физики на современном этапе требует широкого внедрения информационных технологий в учебный процесс. Значительный интерес в этом направлении представляет разработка программного обеспечения технологии проведения лабораторного практикума по курсу физики. Компьютеризация лабораторного практикума имеет ряд преимуществ, связанных в первую очередь, с возможностью динамического моделирования процесса измерений, во-вторых, с возможностями использования компьютерных разработок лабораторных работ в режиме тренинга и совмещения процесса обучения и тестирования. Информационно-компьютерная система лабораторного практикума представляет значительный интерес для внедрения на заочной и дистанционной формах обучения с учетом неограниченных возможностей по многовариантности заданий и фронтальности проведения лабораторных работ в виртуальном режиме.

В настоящей работе проведено описание конкретной разработки лабораторной работы, обсуждаются работы в режиме обучения, тестирования и контроля экспериментальных результатов.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Программа лабораторного практикума реализована в среде Windows 95/98 на ЭВМ типа IBM или Pentium следующей примерной конфигурации ОЗУ 8-16 Мб, ПЗУ не менее 1Гб, SVGA монитор, тактовая частота не ниже 166 МГц. Это делает программу универсальной для разработки новых работ как по физике, так и для других дисциплин. Обучающийся выбирает нужную лабораторную работу и запускает ее на выполнение. На экране монитора с помощью компьютерной графики изображается лабораторная установка, выводится таблица данных, фиксируе-

мых в работе. В режиме обучения программа позволяет изучить работу в динамике, автоматически заносит регистрируемые данные в таблицу, проводит необходимые расчеты и строит графики. В программе промоделированы реальные условия выполнения лабораторной работы.

После тренинга обучающийся запускает подпрограмму самотестирования. В этой части работы студенту предлагается ряд контрольных вопросов по теме лабораторной работы. Получив положительный результат самотестирования, студент направляется в лабораторию, где происходит реальное выполнение работ.

Проведя эксперимент, обучающийся заносит полученные результаты в таблицу и запускает программу для их обработки. Обработанные данные реальной работы сравниваются с результатами виртуальной. По результатам сравнения делается заключение об истинности полученных значений.

В качестве примера может быть представлена работа «Изучение абсолютно упругого удара шаров». На рис. 1–2 представлена виртуальная установка, таблица значений и результатов обработки экспериментальных данных. Кроме этой работы практикум включает в себя следующие: «Изучение вращательного движения твердого тела», «Изучение колебаний математического маятника», «Изучение адиабатического процесса расширения газа», «Изучение электростатического поля методом электролитического моделирования», «Исследование магнитных свойств ферромагнетиков», «Определение диэлектрической проницаемости жидких диэлектриков», «Изучение законов теплового излучения», «Определение постоянной Планка», «Исследование спектра инертных газов», «Изучение β -распада ядер» [1]. Всего 12 работ. Работы охватывают следующие разделы физики как «Механика», «Термодинамика», «Электродинамика», «Квантовая оптика», «Атомная и ядерная физика» [2–4].

Для сравнения на рис. 3 представлена реальная лабораторная установка.

На примере этой работы можно охарактеризовать особенности компьютерного лабораторного практикума:

1) каждый студент выполняет работу индивидуально, что значительно повышает понимание исследуемых процессов;

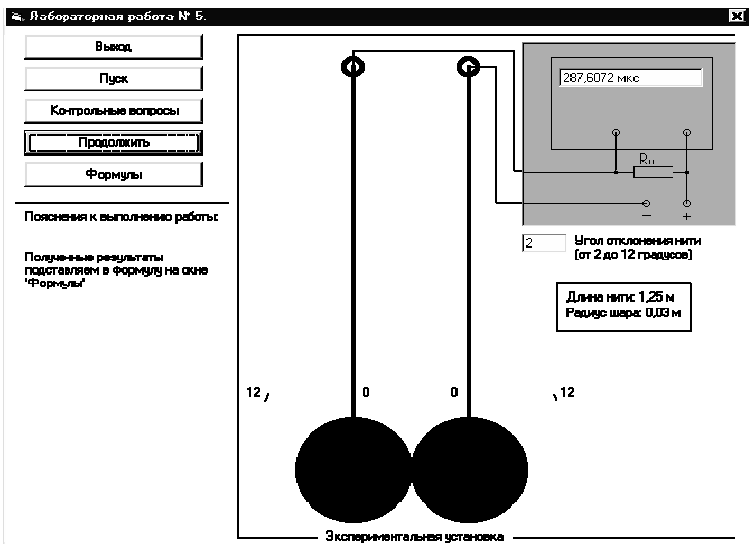


Рис. 1а. Виртуальная установка работы «Изучение абсолютно упругого удара шаров»

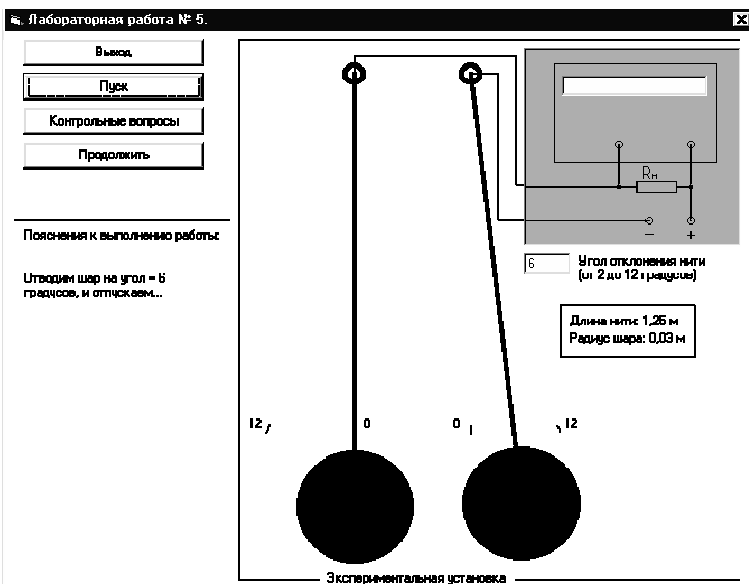


Рис. 1б. Виртуальная установка работы «Изучение абсолютно упругого удара шаров» (изменение параметров)

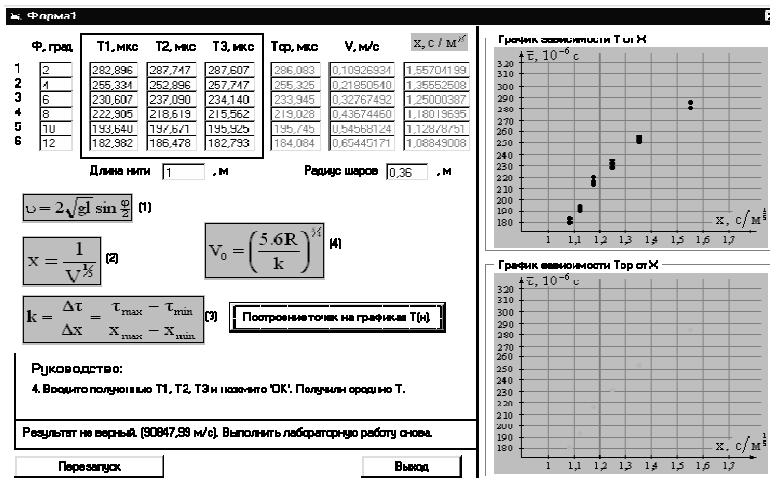


Рис. 2. Обработка экспериментальных данных работы.



Рис. 3. Реальная лабораторная установка «Изучение абсолютно упругого удара шаров»

2) в случае неудачного проведения работы за короткий промежуток времени можно повторить выполнение как всей работы, так и отдельных разделов;

3) при выполнении работы на компьютере отсутствует так называемый «эффект страха» перед реальной лабораторной установкой;

4) значительно снижается риск травмирования;

5) компьютерный вариант работы позволяет детально обсудить особенности экспериментальной установки, например, моделируя дисперсию света в призме монохроматора;

6) многовариантность работы позволяет моделировать эксперимент в условиях, недоступных в реальной обстановке.

2. ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОГО ПРАКТИКУМА

Лабораторный практикум по физике с использованием ЭВМ может проводиться как на отдельных индивидуальных ЭВМ, так и в компьютерном классе, рассчитанном на академическую группу. На рис. 4 представлена структурная схема проведения подобного занятия.



Рис. 4. Структурная схема проведения виртуального лабораторного практикума: 1–5 – рабочие модули.

Предварительные экспериментальные занятия на отдельной ЭВМ показали, что для студентов дневного отделения удобен следующий режим работы: 1) ознакомление с теорией; 2) выполнение работы на компьютере; 3) теоретический опрос на ЭВМ; 4) реальное выполнение работы; 5) анализ полученных экспериментальных данных на ЭВМ и сравнение их с данными компью-

терного варианта. Такой режим сокращает время проведения занятия на 30%. Для студентов заочного отделения и дистанционной формы наиболее удобным является следующий режим: 1) ознакомление с теорией и порядком выполнения работы через сеть Internet, самотестирование; 2) тестирование перед непосредственным выполнением реальной работы; 3) выполнение работы; 4) анализ данных (также возможно с помощью Internet [5, 6]). Такая форма позволяет сократить время выполнения работы более чем на 60%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная нами программа виртуального лабораторного практикума позволяет быстро и эффективно в наглядной форме подготавливать студентов к выполнению сложных лабораторных работ по физике. Программа позволяет проводить тестирование студентов, что значительно улучшает теоретические знания испытуемых. Возможность подготовки к лабораторным работам через Internet дает возможность увеличить число студентов, обучающихся на заочной и дистанционной формах за счет сокращения времени на подготовку к выполнению лабораторных работ. Как часть достижений в области информационных технологий компьютерный практикум по физике способен не только повысить эффективность выполнения лабораторных работ по физике, но и вызвать у студентов повышенный интерес к дисциплине вообще.

Литература:

1. Матусевич В.А., Дьяконова В.И., Жагров А.С. и др. Методические указания к лабораторным работам по физике (для студентов всех специальностей). – Запорожье: ЗГИА, 1996. – 179 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Наука, 1989. – В 3-х томах.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. – М.: Наука, 1980. – в 5 томах.
4. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. – М.: Наука, 1980. – 440 с.
5. Нольден М. Интернет. Программы для персональных компьютеров: Пер. с нем. – М.: Текст, 1997. – 135 с.
6. Фафенбергер Б. Открой для себя Интернет: Пер. с англ. – К.; М.; СПб.: Комиздат; Диалектика, 1998. – 400 с.: ил.

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСТИННОСТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Я.В. Шрамко

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

"- Зачем же ты, бродяга, на базаре смущал народ, рассказывая про истину, о которой ты не имеешь представления? Что есть истина?"

(М. Булгаков, "Мастер и Маргарита")

1. Готлоб Фреге: истинностные значения как абстрактные объекты

Понятие *истинностного значения* ввел в логику выдающийся логик и философ конца XIX – начала XX ст. Готлоб Фреге (см. [14], [15]). При этом Фреге отказался от традиционной трактовки понятия истинности как *свойства* высказываний. Хотя такая трактовка во многом опирается на повседневную языковую интуицию, которая «подсказывает» нам, что, например, в утверждении «Высказывание '3 больше 2' истинно» речь идет о наличии у высказывания определенного свойства – «быть истинным», Фреге отмечает, что в данном случае обыденная языковая интуиция не проясняет существо дела, а наоборот, вводит нас в заблуждение. В самом деле, в утверждениях, подобных приведенному выше, предикат «истинный», вообще говоря, излишен и – будучи легко элиминируемым из дискурса – не репрезентирует никакого реального свойства (см. [15], с. 138-139).

Вывод, к которому приходит Фреге, состоит в том, что истинность и ложность вовсе не являются свойствами высказываний, а представляют два *абстрактных предмета* – «**Истину**» (das Wahre) и «**Ложь**» (das Falsche), призванных служить в качестве *значений* высказываний (а именно – их истинностных значений). Напомним, что в философии языка Фреге в качестве особой категории языковых выражений выделяются *имена*, причем значением имени является тот самый предмет, который данное имя обозначает. Так, например, значение имени «Луна» – это определенное небесное тело (естественный спутник Земли), зна-

чение имени «Киев» – определенный город (столица Украины) и т.д. Высказывания же трактуются как специальный вид имен, обозначающих истину или ложь: «Предложение по существу есть некоторое собственное имя, значением которого, если таковое имеется, является истинностное значение: истина или ложь» ([15], с. 89).

Истолкование истинностных значений как особого рода предметов влечет за собой важные *онтологические* следствия. При таком истолковании, истинностные значения выступают в роли особых *онтологических сущностей*, занимающих определенное место в общей картине мира и обуславливающих (наряду с другими онтологическими сущностями) его структуру и свойства. Таким образом, возникает задача включения истинностных значений в нашу онтологию. В настоящей статье эта задача решается посредством построения абстрактной онтологической модели (т.е., модели мира), включающей истинностные значения в качестве необходимого структурообразующего компонента.

2. Логический мир и логическое пространство

Отметим, что истинностные значения относятся к разряду *абстрактных* предметов, то есть, они в определенном отношении сходны с такими объектами как числа, геометрические фигуры, понятия и т.п. Как известно, отличительной особенностью абстрактных объектов является отсутствие у них пространственно-временных характеристик (см. [18], с. 513). В онтологическом плане эти объекты принадлежат «третьему миру» в смысле методологии Карла Поппера, который предложил – в качестве полезной методологической абстракции – различать между миром физических объектов или физических состояний («первый мир»), миром состояний сознания («второй мир») и миром *объективного содержания мышления* («третий мир») (см. [4], с. 439-440).

Следуя далее в этом направлении, имеем возможность выделить из общего мира абстрактных объектов различные «*подмиры*», объединяющие предметы одного типа. Так, можно утверждать, что совокупность математических объектов (чисел, геометрических фигур, доказательств, математических построений

и т.п.) образует особый «математический мир». Аналогичным образом вводится понятие *логического мира* – это есть «мир» истинностных значений.

Обозначим истинностное значение «истина» посредством символа «Т», а истинностное значение ложь – посредством «F». Тогда логический мир Готлоба Фреге представляет собой в точности множество $\{T, F\}$.

Иногда некоторое фиксированное множество называют *пространством*, если оно рассматривается вместе с множеством своих подмножеств (см. [5], с. 17). В соответствии с таким пониманием, множество истинностных значений (логический мир) будем называть *логическим пространством*, если на нем выделяются определенные подмножества. Точнее, логическим пространством называется пара $\langle L, PL \rangle$, где L есть некоторое множество истинностных значений (*носитель* логического пространства²), а PL – некоторая система подмножеств множества L .

Очевидно, что логический мир Фреге, определенный как описано выше, не представляет собой логического пространства. Ниже будет показано, каким образом этот мир может быть задан в виде логического пространства (существенную роль при этом играет некоторое важное обобщение самого понятия истинностного значения).

3. Функция истинностной оценки

Кратко остановимся на вопросе, каким образом логический мир взаимосвязан с другими мирами, в частности с миром высказываний. Эту взаимосвязь обеспечивает *функция истинностной оценки* (истинностная функция), которая представляет собой функцию из множества высказываний во множество истинностных значений.

Если в качестве последнего выступает логический мир Фреге, то функция истинностной оценки представляет собой *классическую* функцию истинности, приписывающую каждому высказыванию либо значение Т («истина»), либо значение F («ложь»). Классическая функция истинности обеспечивает соблюдение

² Заметим, что данное определение никак не ограничивает количество элементов, могущих составлять носитель логического пространства.

метапринципов бивалентности и однозначности – всякое высказывание является истинным или ложным и при этом исключается ситуация, когда высказывание является истинным и ложным одновременно.

4. Пресыщенные оценки и истинностно-значные провалы

Как известно, принципы бивалентности и однозначности восходят еще к Аристотелю. Тем не менее, общезначимость этих принципов неоднократно подвергалась сомнению. По-видимому, сам Аристотель был первый, кто подверг критике принцип бивалентности (в связи с проблемой так называемых «будущих случайных событий» – см. его трактат «*Об истолковании*»). Лукасевич, рассмотрев эту проблему, пришел к идее трехзначной логики, в которой наряду с обычными (классическими) истинностными значениями вводится новое истинностное значение «возможность» (см. [19]). Другой известный пример – трехзначная логика Клини [3], в которой в качестве *третьего* истинностного значения принимается значение «неопределенно» («неизвестно», «неразрешимо»).

В отличие от принципа бивалентности, принцип однозначности гораздо реже подвергался сомнению. Тем не менее, некоторые авторы выдвигали и выдвигают довольно веские аргументы в пользу той точки зрения, что в некоторых случаях от этого принципа необходимо отказаться. Так возникают дискуссионная логика Яськовского [17], паранепротиворечивая логика Да Косты [11], логика парадокса Приста [20] и др.

Дж.М. Данн в ряде работ (см., напр. [12], [13]) обосновал и развил новаторскую стратегию построения логической семантики, в которой высказывания не только могут быть истинными или ложными, но также допускаются случаи, когда некоторые высказывания *не* являются *ни* истинными, *ни* ложными, или же одновременно принимают *оба* эти значения. Первый из таких нестандартных случаев иногда называют «истинностно-значным провалом», а второй – «пресыщенной оценкой» (см. [6], гл. IV). Истинностные провалы и пресыщенные оценки возможны (и необходимы) тогда, когда имеющаяся в наличии информация неполна или противоречива. Ситуации неполноты и противоречи-

ности информации довольно часто встречаются в познавательной практике, так что истинностные провалы и пресыщенные оценки получают естественное интуитивное обоснование.

5. Обобщенная функция истинности и обобщенные истинностные значения

Ясно, что классическая функция истинности (будучи к тому же *всюду определенной*) не позволяет смоделировать вышеописанные нестандартные ситуации. Поэтому Данн [12] предлагает рассматривать функцию истинностной оценки не как функцию из множества высказываний во множество классических истинностных значений (логический мир Фреге), а как функцию из множества высказываний во множество всех *подмножеств* этого множества. Тогда, наряду с «обычными» (классическими) приписываниями $\{\mathbf{T}\}$, $\{\mathbf{F}\}$, получаем два новых приписывания: $\{\}$ (истинностно-значный провал) и $\{\mathbf{T}, \mathbf{F}\}$ (пресыщенная оценка). Будем называть эту функцию *обобщенной функцией истинности*.³ Использование обобщенной функции истинности позволяет отказаться от принципов бивалентности и однозначности.

Н. Белнап (см. [9], [10]) в явном виде представил нестандартные приписывания как новые *истинностные значения*. При этом он предложил интересную интерпретацию истинностных значений как определенную информацию, которая была сообщена компьютеру. Тогда наряду с «нормальными» ситуациями, когда компьютеру было сообщено, что некоторое высказывание является истинным или ложным, нам необходимо рассмотреть две другие возможности, а именно, когда в компьютер относительно высказывания была введена противоречивая информация, а также когда никакой информации сообщено не было. Итак, имеем следующие четыре истинностных значения:

$\mathbf{T} = \{\mathbf{T}\}$ – «компьютеру была сообщена *только* истина»;

$\mathbf{F} = \{\mathbf{F}\}$ – «компьютеру была сообщена *только* ложь»;

³ Обобщая (да простит нам читатель этот невольный каламбур), будем понимать под обобщенной функцией истинности такую функцию, которая приписывает высказываниям подмножества *некоторого* заданного множества (базисных) истинностных значений.

$\mathbf{B} = \{\mathbf{T}, \mathbf{F}\}$ – «компьютеру была сообщена *как* истина, *так* и ложь»;

$\mathbf{N} = \{\}$ – «компьютеру *не* была сообщена *ни* истина, *ни* ложь».

Заметим, что ссылку на компьютер вполне можно опустить. Получившиеся четыре истинностных значения (и вообще значения, генерируемые на основе обобщенной функции истинности) будем называть *обобщенными истинностными значениями*.

6. Возможность иных логических миров: множество обобщенных истинностных значений как логическое пространство

Введение обобщенной функции истинности и обобщенных истинностных значений позволяет показать, что логический мир Фреге не является единственно возможным. Более того, становится ясным, что принципы бивалентности и однозначности вообще не являются логическими принципами (в строгом смысле), а представляют собой определенные *онтологические* допущения, имеющие силу только для некоторого частного логического мира (мира классической логики).

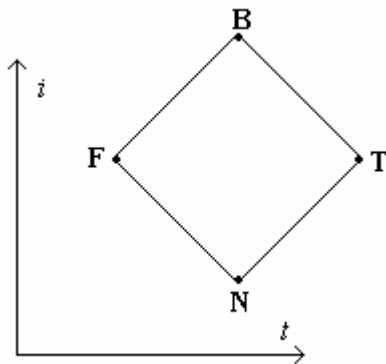
Можно отметить, что применение обобщенной функции истинности преобразовывает каждый логический мир в действительное логическое пространство. Так, имея в качестве носителя двухэлементное множество $\{\mathbf{T}, \mathbf{F}\}$, получаем логическое пространство, состоящее из четырех обобщенных истинностных значений, о которых шла речь выше. Назовем это логическое пространство «миром Белнапа».

Это пространство может быть определенным образом *упорядочено*. Более того, оказывается, что на нем естественным образом могут быть определены *два* отношения частичного порядка. Первое из этих отношений упорядочивает элементы из мира Белнапа в соответствии со степенью их *истинности*. Наименее истинным элементом является, конечно, \mathbf{F} , наиболее истинным – \mathbf{T} . Значения \mathbf{N} и \mathbf{B} занимают промежуточное положение, имея одну и ту же степень истинности (являясь равноистинными). Другое отношение упорядочивает обобщенные истинностные

значения Белнапа в соответствии с их *информативностью*. Наименее информативным является значение **N**, а больше всего информации (хотя и противоречивой) заключает в себе значение **B**. Классические **T** и **F** являются равноинформативными, неся в себе большее количество информации, чем **N**, но меньшее, чем **B**.

Каждое из этих отношений организует логическое пространство Белнапа *решеточным* образом. Напомним, что частично упорядоченное множество называется решеткой, если для любых двух элементов из этого множества существуют точная верхняя и точная нижняя граница. Таким образом, мы имеем здесь две решетки: истинностную и информационную. Комбинируя эти две структуры мы получаем *двойную решетку* обобщенных истинностных значений (см. [16]).

Графически эта решетка может быть представлена посредством двойной диаграммы Хассе, расположенной в координатной плоскости, где ось абсцисс (t) представляет упорядочивание по истинности, а ось ординат (i) – упорядочивание по информативности:



Данная решетка определяет как логические операции (если исходить из упорядочивания элементов по истинности), так и операции с «кусками» информации (информационное упорядочивание). Например, оборачивание истинностного порядка представляет операцию логического отрицания, которая обращает **T** в **F** и обратно, оставляя **N** и **B** без изменения.

7. Иерархия логических миров

В онтологическом плане обобщенная функция истинности интересна тем, что она имеет *креативный* характер. В качестве таковой, она не просто приписывает высказываниям истинностные значения, но создает *новые* сущности, а именно – обобщенные значения истинности. Заметим, что здесь мы имеем дело с креативностью *второго порядка*: новые онтологические сущности возникают на базе уже имеющегося логического мира, выступающего в качестве носителя задаваемого логического пространства.

Интересно проследить, как последовательное применение обобщенной функции истинности к различным «базисным» множествам создает все более разветвленные логические пространства со все более сложной структурой. Если допустить, что исходной точкой развития является то, что Гегель называл «чистым бытием», которое одновременно есть «чистое ничто» (см [1], с. 140), то приходим к выводу, что базис первичного логического мира не содержит никаких элементов. Тем не менее, применение обобщенной функции истинности тут же производит обобщенное истинностное значение – $\{\}$, являющееся, к тому же, единственным для данного логического пространства. Этот исходный логический мир может быть назван «миром Гегеля», он является максимально бедным и состоит из одного-единственного обобщенного истинностного значения. Отметим, что в рамках мира Гегеля никакая логика по существу невозможна, поскольку истина и ложь в нем фактически неразличимы, сливаясь в *одно* истинностное значение.

Следующий логический мир получается, если базисное множество, к которому применяется обобщенная функция истинности, содержит ровно один элемент. В качестве такового естественно принять (классическое) истинностное значение T . Генерируемое на этой основе логическое пространство будет содержать в точности *два* обобщенных истинностных значения – $\{\{T\}, \{\}\}$. Это есть логическое пространство классической логики, иными словами, имеем новое («пространственное») представление логического мира Фреге (ср. §2). Интересно отметить, что это представление больше соответствует «духу» классиче-

ской логики (по сравнению с представлением §2). В самом деле, для классической логики характерным является то, что может быть обозначено как *монизм истины*. То есть, классическая ложность не имеет самостоятельного статуса, будучи по существу простым сокращением для «не-истины». Все важные семантические понятия классической логики могут быть сформулированы с использованием только понятия истины (и связок метаязыка, в частности, отрицания), ложь же оказывается, в некотором смысле, излишним понятием. Единственным существенным признаком для классической лжи является признак «не быть истинным», и именно этот признак как нельзя лучше воплощается (в рамках рассматриваемого двухэлементного логического пространства) в обобщенном истинностном значении $\{\}$.

Следующий шаг состоит в том, чтобы рассмотреть ложь как *самостоятельное* (независимое от истины и имеющее равный с ней статус) истинностное значение. При этом фактически происходит отказ от монизма истины и осуществляется переход к *дуализму истины и лжи*. Базисное множество логического пространства состоит тогда из двух равноправных элементов – **T** и **F**, а само логическое пространство есть не что иное, как рассмотренный в §6 логический мир Белнапа. Логика, которая соответствует данному миру, есть *релевантная логика*, более точно – система тавтологических следований первого порядка из [8], §15.2.

Заметим, что в общем случае носитель логического пространства (к которому применяется обобщенная функция истинности) вовсе не обязательно ограничивается двумя элементами. В [22] рассматривается результат применения обобщенной функции истинности (называемой там «функцией мультиоценки», см. также [7]) к более богатым базисным множествам, в частности к множествам истинностных значений конструктивных логик. Карпенко ([2], с. 46) также высказывает идею принятия в качестве истинностных значений подмножеств более богатого множества, чем $\{\mathbf{T}, \mathbf{F}\}$. Здесь мы, однако, не будем рассматривать получающиеся логические пространства, а отошлем любопытного читателя к статье [22], где эти пространства анализируются достаточно подробно и на основе этого анализа вводится понятие *тройной решетки*.

Изложение данного параграфа подытожим посредством следующей таблицы:

	Носитель логического пространства (базисное множество)	Элементы логического пространства	Алгебраическая структура	Логика
<i>Мир Гегеля</i>	$\langle \rangle$	$\{\}$	нет	нет
<i>Мир Фреге</i>	$\langle T \rangle$	$\{\{T\}, \{\}\}$	булева решетка	классическая
<i>Мир Белнапа</i>	$\langle T, F \rangle$	$\{\{T\}, \{F\}, \{\}, \{T, F\}\}$	двойная решетка	релевантная

Эта таблица представляет некоторую иерархию логических миров. Особо подчеркнем, что построение таблицы может быть продолжено, иными словами, здесь представлены лишь начальные миры иерархии.

Литература

- [1] Гегель, Г.В.Ф. Наука логики. Т. 1, М.: «Мысль», 1970
- [2] Карпенко, А.С. Истинностные значения. Что это такое? // Исследования по неклассическим логикам. М.: «Наука», 1989, с. 38-53
- [3] Клини, С.К. Введение в метаматематику. М., 1957
- [4] Поппер, К. Логика и рост научного знания. М.: «Прогресс», 1983
- [5] Расева, Е., Сикорский, Р. Математика метаматематики. М.: «Наука», 1972
- [6] Смирнова Е.Д. Логическая семантика и философские основания логики. М.: Издательство МГУ, 1986
- [7] Шрамко, Я.В. Американский план для интуиционистской логики 2: обобщенные интуиционистские модели // *Online Journal Logical Studies*, No. 5; 2000, ISBN 5-85593-141-2 (<http://www.logic.ru>)
- [8] Anderson A.R. and N.D. Belnap, Jr., *Entailment The Logic of Relevance and Necessity*, v. I, Princeton University Press, 1975
- [9] Belnap, N.D., Jr. A useful four-valued logic, in: J.M. Dunn and G.

- Epstein (eds.), *Modern Uses of Multiple-Valued Logic*, D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, 1977, pp. 8-37.
- [10] Belnap, N.D., Jr. How a computer should think, in: G. Ryle (ed.), *Contemporary Aspects of Philosophy*, Oriel Press Ltd., Stocksfield, 1977, pp. 30-55.
- [11] Costa, N. C. A. da. Calculus propositionnels pour les systemes formels inconsistants, *Comptes Rendus Acad. Sci.* Vol. 257, 1963, pp. 3790-3792
- [12] Dunn, J.M. Intuitive semantics for first-degree entailment and 'coupled trees', *Philosophical Studies*, 29, 1976, pp. 149-168.
- [13] Dunn, J.M. A Comparative study of various model-theoretic treatments of negation: a history of formal negation, in: D. M. Gabbay and H. Wansing (eds.), *What is Negation?*, Applied Logic Series, 13, Kluwer Academic Publishers, 1999, pp. 23-51.
- [14] Frege, G. *Funktion, Begriff, Bedeutung. Fünf logische Studien.* Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1986
- [15] Frege, G. *Schriften zur Logik und Sprachphilosophie.* Felix Meiner, Hamburg, 1990
- [16] Ginsberg, M. Multi-valued logics, in: *Proceedings of AAAI-86*, Fifth National Conference on Artificial Intelligence, Morgan Kaufman Publishers, Los Altos, 1986, pp. 243-247
- [17] Jaskowski, S. Three contributions to the two-valued propositional calculus, *Studia Logica*, 34, 1975, pp. 121-132
- [18] Lowe, E.J. The metaphysics of abstract objects, *The Journal of Philosophy*, XCII, 1995, pp. 509-524
- [19] Lukasiewicz, J. On three-valued logic, in: *Selected Works.* Oxford, 1970, pp. 87-88
- [20] Priest, G. The logic of paradox, *Journal of Philosophical Logic*, 8, 1979, pp. 219-241
- [21] Shramko, Y. *Intuitionismus und Relevanz*, Logos-Verlag, Berlin, 1999
- [22] Shramko, Y., Dunn, J.M., Takenaka, T. The trilattice of constructive truth values, 2000 (to appear in: *Journal of Logic and Computation*)

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ПЛАНОВИХ ЗАВДАНЬ ВИРОБНИЦТВА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ РИНКУ

Т.А. Щербак

м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут

Розвиток математичного моделювання та обчислювальної техніки дозволило підійти до формування виробничих планів підприємства з новим арсеналом сучасних засобів та методів. В умовах ринкових відносин проблема формування планових завдань виробництва включає значну різноманітність виробничих умов та обмежень не тільки внутрішньо-заводського, а й зовнішнього характеру.

При коливаннях попиту ринку зростає ціна ступені узгодженості безпосереднього виробництва підприємства з замовленнями споживачів на готову продукцію. А це означає, що процес планування в умовах ринкових відносин одержує новий зміст у зв'язку з системним підходом в дослідженнях роботи такої суміжної ланки, як ланка «виробництво-попит», яка пов'язує елементи «підприємство» та «риннок» загальної системи господарювання.

Моделювання процесу формування планових завдань виробництва підприємства пропонується вести у два етапи:

- ланка «виробництво-попит»: узгодження планів виробництва готової продукції з динамікою попиту ринкової сфери;
- ланки «виробництво-виробництво»: баланс виробництва суміжних ланок підприємства.

Перший етап моделювання розглядає зовнішні зв'язки підприємства з сферою споживачів, тому критерій оптимальності економіко-математичної моделі повинен відображувати обидві сторони господарювання. На цьому етапі пропонується критерій, який базується на показнику ритмічності. Він передбачає узгодженість виробництва з попитом на готову продукцію. Якщо виконувати умову обов'язкового виконання попиту на готову продукцію у вигляді

$$x_t + \Delta x_{t-1} = d_t + \Delta x_t,$$

де x_t – виробництво, d_t – попит, Δx_{t-1} і Δx_t – наявність готової

продукції на складі на початок t -го та $(t+1)$ -го відрізків часу відповідно, то можливо від нелінійного типу критерію у вигляді показника ритмічності перейти до лінійного критерію мінімізації складських запасів, що дозволяє економіко-математичну модель розв'язувати відомими методами лінійного програмування.

Перед етапом моделювання балансу виробництва (II-й етап) необхідно плани виробництва, які вже узгоджені з попитом ринку, перевірити на надійність виконання замовлень споживачів готової продукції. Для цього доцільно провести аналіз сформованих планів на їх чутливість до коливань попиту ринку. З цією метою використовується концепція еластичності, за допомогою якої можливо виявити в планах виробництва «вузькі місця» і заздалегідь, до впровадження одержаних планів у виробництво, ліквідувати їх ще на стадії планування.

На другому етапі моделювання розглядаються внутрішньо-заводські зв'язки між суміжними ланками «виробництво-виробництво» по усій технологічній лінії проходження проміжної продукції до кінцевої ланки «виробництво-попит». В економіко-математичній моделі цього етапу передбачається використовувати зважений орієнтований граф взаємозв'язку між виробничими елементами, можливостей потужності обладнання тощо. Критерієм оптимальності на цьому етапі доцільно використовувати один з традиційних показників роботи підприємства (прибуток, собівартість, витрати тощо), або розв'язувати задачу послідовно з різними критеріями і вибрати остаточний варіант за допомогою додаткового аналізу результатів одержаних варіантів.

Баланс обсягів виготовленої продукції за зваженим графом досягається поступово між кожною парою суміжних виробництв, причому, якщо технологічна схема передбачає склади проміжної продукції, то в економіко-математичну модель балансу вводять також наявність такої продукції на цих складах кожний відрізок часу планового періоду.

Загальна схема формування планових завдань виробництва готової продукції наведена на рис. 1.

Наведена методика пройшла апробацію на одному з підприємств безперервного типу і одержані результати підтвердили доцільність такого підходу до формування планових завдань виробництва підприємства безперервного типу в умовах ринку.

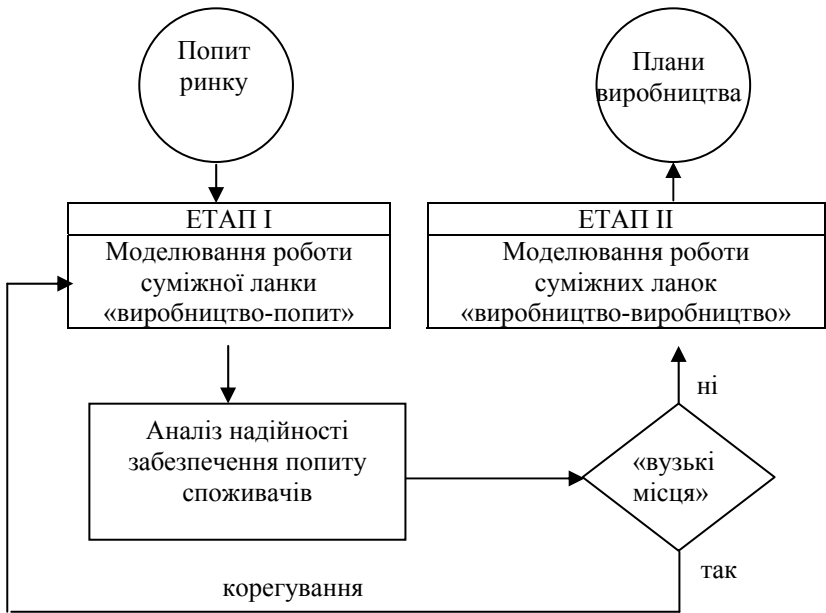


Рис. 1. Взаємозв'язок етапів моделювання формування планових завдань виробництв готової продукції

Зміст

<i>А.А. Архипенко, Е.Я. Глушко, Д.В. Дедюлин.</i> Измерение слабых токов в ультрадисперсных средах	3
<i>І.В. Бакушевич, В.П. Мартинюк, В.М. Гора.</i> Комп'ютерне моделювання оцінки стану економічної безпеки регіонів України.....	7
<i>О.Г. Белз.</i> Формування стратегій управління підприємством....	11
<i>В.А. Бельский.</i> Решение прямой томографической задачи при помощи сплайнов	17
<i>А.А. Блажко, А.А. Завалин, И.А. Головатюк.</i> Моделирование систем управления асинхронным тиражированием данных.....	20
<i>О.А. Бойченко.</i> Дослідження та розробка систем пошуку інформації	26
<i>Н.В. Витюк.</i> Использование мер структурного подобия в анализе связи «структура – свойство (активность)»	31
<i>Н.В. Витюк.</i> Анализ связи «структура – вкусовые свойства» производных бензола на основе топологической модели молекулы	38
<i>А.А. Витязь, В.П. Логвинчук, В.А. Платоненко.</i> UML как основа построения поля корпоративных знаний	46
<i>В.М. Гиковатый.</i> Метод определения синергетического эффекта в задачах управления развитием	53
<i>Е.Я. Глушко, С.Л. Легуша.</i> Электромагнитное тушение в 1D фотонных кристаллах: запертые моды и прошедшее излучение ...	58
<i>Е.Я. Глушко, Н.А. Слюсаренко.</i> Спектр электронов сродства в наноглеродном монослое.....	65
<i>И.И. Давыдов, Р.С. Ракша.</i> Приемы компьютерного моделирования нелинейных колебаний узлов и конструкций составных сооружений	72
<i>Т.І. Демківська.</i> Алгоритмізація статистичного вибору структури ARIMA моделей	78
<i>А.А. Добровольский.</i> Теоретические вопросы стратегического управления банком.....	86
<i>А.М. Дроздов, Е.А. Дроздов.</i> Развитие концепции абсолютного мира.....	92
<i>В.М. Євсіков.</i> Комп'ютерне моделювання математичних більярдів у плоских фігурах.....	94
<i>В.Н. Евтеев.</i> Особенности предельного перехода от конечной к бесконечной модели кристалла.....	95

<i>О.К. Елисеєва, О.В. Пошивалова.</i> Применение системы управления качеством продукции – одно из важнейших условий конкурентоспособности изделий	99
<i>А.О. Жолос.</i> Застосування методу нейронних мереж при визначенні напрямку операцій на ринку цінних паперів	101
<i>Л.Л. Жукова, І.І. Копайгора, О.О. Федоренко.</i> Моделювання соціального статусу викладача вузу	108
<i>Л.М. Карпуков, С.Н. Романенко, А.С. Романенко.</i> Система квазистатического моделирования полосковых структур многослойных интегральных схем СВЧ	114
<i>А.Е. Ків, V.N. Solovyov, S.A. Tomilin.</i> Formation of Si precipitates in neutron irradiated Al.....	119
<i>Ю.А. Ковалев, К.В. Зацелкин.</i> О подходе к автоматизации проектирования и моделирования микропрограммных автоматов ...	127
<i>С.М. Коваленко, О.В. Король, В.А. Дяченко, О.Д. Стадник.</i> Імітаційне та математичне моделювання для освітніх і наукових цілей	134
<i>С.В. Кукліна, Н.В. Моїсеєнко.</i> Нові інформаційні технології в курсі фізики твердого тіла	138
<i>Т.С. Лось.</i> Экономико-математическое моделирование и информационные технологии в рыночной экономике	143
<i>Г.Ю. Маклаков, Г.Г. Маклакова.</i> Семиотический подход к компьютерному моделированию структуры литературных и генетических текстов.....	150
<i>О.М. Марченко, С.П. Алексєєвич.</i> Впровадження початків економіко-математичного моделювання на основі інформаційних технологій в середньому навчальному закладі нового типу.....	155
<i>Е.П. Никонова, В.Н. Соловьёв.</i> Временная зависимость низкотемпературной теплоемкости структурно-неупорядоченных материалов.....	160
<i>П.Ф. Овчинников, Г.В. Налева.</i> Содержание и место математического моделирования как предмета в вузе	165
<i>И.Д. Павлов, Е.Ю. Антипенко.</i> Вероятностная оценка NPV проекта, основанная на коэффициентах корреляции элементов денежных потоков по периодам выполнения проекта	169
<i>И.Д. Павлов, И.А. Арутюнян.</i> Разработка плана организационно-технического развития методом оптимального программирования	175

<i>И.Д. Павлов, Д.Ю. Мамотенко.</i> Управление проектами универсальным алгоритмом на основе сетевого моделирования	180
<i>И.Д. Павлов, М.Д. Терех.</i> Моделирование оптимального сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий в новых экономических условиях	188
<i>А.В. Погорілецька.</i> Моделювання у дослідженні соціальних явищ	193
<i>С.С. Поливцев.</i> Экспериментально-статистические модели физико-механических свойств дегтебетона	197
<i>А.П. Полищук, С.А. Семериков.</i> Некоторые особенности программной реализации методов экспериментальной идентификации линейных процессов	202
<i>В.М. Порохня, Ю.В. Головка.</i> Математична модель оптимізації зміни тарифів за послуги, що надаються організаціям та населенню	211
<i>Н.А. Рашевский.</i> Вычислительный эксперимент в теоретических исследованиях (о проблеме Фробениуса)	216
<i>Н.О. Ризун.</i> Экспертная система планирования работы горно-транспортного комплекса железорудного карьера	218
<i>Н.І. Соколянська.</i> Моделювання автоматизації документообігу з позицій корпоративного менеджменту	225
<i>В.Н. Соловьев, С.А. Семериков, И.А. Теплицкий.</i> Особенности компьютерного моделирования в социально-гуманитарных науках	230
<i>В.Н. Соловьев, С.А. Томилин.</i> Эмпирические потенциалы для моделирования разупорядоченных структур	237
<i>С.П. Сонько, А.А. Попов, І.О. Єрмілов.</i> Електронна картографічна модель як перший крок до створення багатозальної ГІС Кривбасу	241
<i>В.Н. Стаценко.</i> Проблемы формализации социально-экономических процессов	245
<i>А.Н. Сташатов.</i> Компьютерная реализация экспертной системы подготовки и планирования производства в визуальной объектно-ориентированной среде программирования	250
<i>О.Б. Стефановський, Є.В. Сніжко.</i> Алгоритмізація розробки нагрівачів робочого газу спрощених модифікацій двигунів Стирлінга	257
<i>Э.В. Терещенко, В.А. Терещенко.</i> Задачи анализа скрытых зако-	

номерностей эмпирических данных	262
<i>О.В. Федорова.</i> Комп'ютерне моделювання хімічної дифузії..	267
<i>Е.А. Черкас.</i> Моделирование структуры межфазного слоя волокнистого металлокомпозита	272
<i>В.Ф. Шапо.</i> Построение и анализ вычислительных сетей на основе сетевой технологии Wideband	276
<i>Е.Я. Швец, Ю.С. Оселдчик, Т.Н. Точилина, Н.В. Свитанько.</i> Виртуальный лабораторный практикум по общей физике	281
<i>Я.В. Шрамко.</i> Онтологическая модель истинностных значений	287
<i>Т.А. Щербак.</i> Моделювання процесу формування планових завдань виробництва готової продукції підприємства в умовах ринку	298

Наукове видання

**Комп'ютерне моделювання
та інформаційні технології
в науці, економіці та освіті**

В 2-х томах

Том 1

Підп. до друку 12.04.2001
Бумага офсетна №1
Ум. друк. арк. 16,08

Формат 80x84 1/16.
Зам. №4-1107
Наклад 500 прим.

Видавничий відділ Криворізького державного педагогічного університету
КДПУ, 50086, Кривий Ріг-86, пр. Гагаріна, 54

E-mail: cc@kpi.dp.ua