



**System Analysis
and Information
Technology
SAIT 2018**

**May 21 – 24, 2018
Kyiv, Ukraine**



Institute for Applied System Analysis

National Academy of Sciences of Ukraine

Ministry of Education and Science of Ukraine

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Nataliya D. Pankratova (Ed.)

System Analysis and Information Technologies

20-th International Conference SAIT 2018
Kyiv, Ukraine, May 21 – 24, 2018

Proceedings



Institute for Applied System Analysis
at the Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

UDC [519.7/.8:(004+007)](100)(06)
ББК 22.18я43+72я43
С40

Volume editor:

Nataliya D. Pankratova, Dr.Sc., Prof.

Editorial board:

Petro I. Bidyuk, Dr.Sc., Prof.

Nataliya D. Pankratova, Dr.Sc., Prof.

Anatoliy I. Petrenko, Dr.Sc., Prof.

Yuriy P. Zaichenko, Dr.Sc., Prof.

Illia O. Savchenko, Ph.D.

Revising:

Gennadii D. Kiselyov, Ph.D.

Illia O. Savchenko, Ph.D.

Oleksandr M. Terentiiev, Ph.D.

Bohdan V. Chapaliuk

Design and typesetting:

Illia O. Savchenko

Mykhailo P. Makukha

System analysis and information technology: 20-th International conference SAIT 2018, Kyiv, Ukraine, May 21 – 24, 2018. Proceedings. – ESC “IASA” NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2018. – 268 p.

С40 Системный анализ и информационные технологии: материалы 20-й Международной научно-технической конференции SAIT 2018, Киев, 21 – 24 мая 2018 г. / УНК “ИПСА” НТУУ “КПИ им. Игоря Сикорского”. – К.: УНК “ИПСА” НТУУ “КПИ”, 2018. – 268 с. – Текст: укр., рус., англ.

С40 Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 20-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2018, Київ, 21 – 24 травня 2018 р. / ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2018. – 268 с. – Текст: укр., рос., англ.

This book of abstracts includes issues connected with the research and development of complex systems of various nature in conditions of uncertainty and multifactor risks, Grid and high performance computing in science and education, intelligent systems for decision-making, progressive information technologies for needs of science, industry, economy, and environment. The problems of sustainable development and global threats estimation, forecast and foresight in tasks of planning and strategic decision making are investigated.

В сборнике рассматриваются вопросы, связанные с разработкой и исследованием сложных систем разной природы в условиях неопределенности и многофакторных рисков, Grid и систем высокопроизводительных вычислений в науке и образовании, интеллектуальных систем поддержки принятия решений, прогрессивных информационных технологий для потребностей науки, промышленности, экономики, окружающей среды. Исследуются вопросы устойчивого развития и оценивания глобальных угроз, прогноза и предвидения в задачах планирования и принятия стратегических решений на уровне регионов, больших городов, предприятий.

У збірнику розглядаються питання, що пов'язані з розробкою та дослідженням складних систем різної природи в умовах невизначеності та багатофакторних ризиків, нових інформаційних технологій, Grid і систем високопродуктивних обчислень в науці і освіті, інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, прогресивних інформаційних технологій для потреб науки, промисловості, економіки та навколишнього середовища. Досліджуються питання сталого розвитку та оцінювання глобальних загроз, прогнозу та передбачення в задачах планування та прийняття стратегічних рішень на рівні регіонів, великих міст, підприємств.

ISBN 978-617-7619-05-4



9 786177 619054

© Institute for Applied System Analysis at the Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2018

ISBN 978-617-7619-05-4

<http://sait.kpi.ua>

Table of contents · Содержание · Зміст

Plenary talks · Пленарные доклады · Пленарні доповіді	9
<i>Згуровський М.З., Перестюк М.М.</i> Моделирование линейного разлома цивилизаций в контексте их фундаментальных культурных відмінностей	10
<i>Погорілий С.Д., Кривий С.Л.</i> Методологія проектування застосувань в технології GPGPU	11
<i>Чижри́й А.А.</i> Методы прикладного нелинейного анализа в игровых задачах динамики	13
<i>Широков В.А.</i> Системный подход и эволюция мира	14
Section 1. System analysis of complex systems of various nature	
Секция 1. Системный анализ сложных систем разной природы	
Секція 1. Системний аналіз складних систем різної природи	16
<i>Aghaei Agh Ghamish Yaghoub, Donets G.A., Aghaei Agh Ghamish Ovi Nafas</i> Mathematical secures with different locks	18
<i>Baranovska L.V.</i> On one differential-difference game of approach with one evader and one pursuer	20
<i>Baranovska L.V., Baranovska G.G.</i> Quasilinear group pursuit differential games with delay	22
<i>Dychko A.O., Yermeev I.S.</i> Risk-oriented management of water ecosystems	23
<i>Kondratova L.P.</i> Application of Box-Jenkins models for forecasting the guaranteed functioning of complex technical systems in real-world conditions	24
<i>Malysheva M.O., Akhmedova D.N., Prymak I.K.</i> Method of modification of base graph-logical models	26
<i>Osaulevko V.M.</i> Model for sequence prediction based on dendritic spatiotemporal integration	28
<i>Shaptala R.V., Kyselova A.G., Kyselov G.D.</i> Evaluation of approaches to emotion classification	30
<i>Siryk S.V.</i> On the application of the mass lumping correction technique for convection-diffusion problems	31
<i>Soloviev V.N., Romanenko Y.V.</i> Quantum econophysics of bitcoin crises	33
<i>Ved O.V.</i> Basic Concepts of Catalytic Exhaust Gas Aftertreatment	35
<i>Бахрушин В.Є., Поджоваліхіна О.О., Логвіненко В.О.</i> Задача розподілу інвестицій в умовах статистичної невизначеності	36
<i>Беседовский М.О.</i> Модернизация маркетинговой стратегии Котлера на этапе рыночного спада в Украине	37
<i>Болдак А.О., Єфремов К.В., Пшинограєв І.О., Горюх О.С.</i> Використання результатів SWOT-аналізу в сценарному моделюванні	38
<i>Васильев В.И., Вишталъ Д.М., Любашенко Н.Д.</i> Алгоритм синтеза топологии сети по критерию доступности сетевой услуги	39
<i>Власов М.Д., Болдак А.О.</i> Оптимізація конфігурацій розподілених інформаційних систем	41
<i>Волкова В.Н., Логінова А.В., Черный Ю.Ю., Леонова А.Е.</i> Методика сравнительного анализа и выбора технологических инноваций четвертой промышленной революции	43
<i>Волошин О.Ф., Мальяр М.М.</i> Нечітке математичне моделювання фінансових ризиків інноваційних проєктів	46

<i>Годна А.В., Жданова О.Г., Сперкач М.О.</i> Про один підхід складання розкладу виконання завдань паралельними пристроями з метою мінімізації сумарного відхилення моментів завершення від директивних строків	47
<i>Горелова Г.В.</i> О разработке инструментария когнитивного моделирования социально-экономических систем	49
<i>Городецкий В.Г., Осадчук Н.П.</i> Численно-аналитический метод решения обратной задачи для систем одного класса	51
<i>Гришин И.Ю., Тимиргалева Р.Р.</i> Метод автоматизации управления процессом обнаружения движущихся объектов радиолокационным комплексом	52
<i>Денисенко А.И.</i> Оптимизация геометрических параметров теплообменных элементов газовых котлов	53
<i>Євграфова К.Л., Бідюк П.І.</i> Модифікація підходу до формування ціни у роздрібній торгівлі	54
<i>Жданова О.Г., Маленко А.О., Сперкач М.О.</i> Складання розкладу виконання завдань паралельними пропорційними пристроями з метою мінімізації сумарного відхилення від спільного директивного строку	56
<i>Заводник В.В., Костаи Т.В.</i> Оценивание состояния демографических процессов на Украине	59
<i>Зайченко А.Є., Савченко І.О.</i> Система підтримки прийняття рішень на основі мережі морфологічних таблиць для аналізу лісової пожежі	61
<i>Касумова Т.А.</i> Роль и место космической информации в формировании общества и культуры информационного мира	63
<i>Кірік О.Є.</i> Системний підхід до формування управлінських рішень для великих ієрархічно структурованих систем	65
<i>Кісельова О.М., Притоманова О.М., Падалко В.Г.</i> Про оптимізацію параметрів нейронної моделі експортних відносин між Україною та Китаєм	66
<i>Комлев О.О.</i> «Земна поверхня»: структура і планетарна роль	67
<i>Кравчук Є.С., Сергеев-Горчинський О.О.</i> Методи оцінки семантичної орієнтації тексту	68
<i>Крамов А.А.</i> Экстракция структурированных данных з множества HTML-страниц	70
<i>Кулик В.В., Кудін Г.І., Коробова М.В.</i> Інтерактивне управління відтворювальними процесами в національній економіці на основі системи спрощених балансів	72
<i>Куценко А.С., Коваленко С.В., Товажнянський В.И.</i> Обращение динамических систем для некоторых классов сигналов	73
<i>Лабуткина Т.В.</i> Комплекс математических моделей и методов для прогноза и анализа поликонфликтных сближений орбитальных объектов	74
<i>Мілявський Ю.Л.</i> Порівняння методів класичного та нечіткого керування в імпульсних процесах когнітивних карт	76
<i>Назарага І.М.</i> Матрична множинна регресія та класичні методи біометрії для прогнозування біологічних показників: приклади	77
<i>Нестеренко В.И.</i> Разработка стратегии развития группы демографических реестров в системе государственных реестров Украины	78
<i>Панкратов В.А.</i> Оценивание промышленного сектора Украины на основе методологии когнитивного моделирования	79
<i>Панкратова Н.Д., Маняк Ю.В.</i> Нечітко-множинний підхід в задачах когнітивного моделювання складних систем	81
<i>Панкратова Н.Д., Сльота М.Р.</i> Гарантоване функціонування складних технічних систем з урахуванням ресурсу допустимого ризику	83
<i>Романкевич О.М., Манілевич Д.Ф.</i> Генератор двійкових векторів постійної ваги для виконання статистичних експериментів	84
<i>Слюсар А.В., Данилов В.Я.</i> Система прийняття рішень на основі вейвлетної ідентифікації хвиль Елліотта	85

<i>Тимофієва Н.К.</i> Задачі комбінаторної оптимізації, цільова функція в яких уведена на нескінченній комбінаторній множині	87
<i>Фатенко В.В.</i> Узагальнення задачі Реньї про випадкове паркування	89
<i>Цегелик Г.Г., Красножук Р.П.</i> Моделювання оптимального розміщення баз даних інформаційних систем за наявності серверів проміжного зберігання даних	91
<i>Циганок В.В., Ройк П.Д.</i> Визначення узгодженості оцінок експертів при підтримці прийняття групових рішень	94
<i>Чернуха О.Ю., Білуцак Ю.І., Чучвара А.Є.</i> Програмний комплекс для моделювання дифузії у тілі з пастками за каскадного розпаду мігруючих частинок	96
<i>Шибирин А.Р., Савченко І.О.</i> Система підтримки прийняття рішень на основі двохетапного модифікованого методу морфологічного аналізу	98
<i>Шудренко Є.О., Болдак А.О.</i> Практична реалізація методу Делфі	99

Section 2. Intelligent systems for decision-making

Секция 2. Интеллектуальные системы принятия решений

Секція 2. Інтелектуальні системи прийняття рішень	102
<i>Chertov O., Rudnyk T.</i> Search of phony accounts on Facebook and Twitter	104
<i>Chertov O.R., Shanin V.O., Bobyr A.O.</i> Patterns of glycemia behavior for prediction of nocturnal hypoglycemia	105
<i>Honcharevskiyi D., Chertov O.</i> Violating group anonymity using machine learning techniques	106
<i>Lazuka V.T., Rodionov A.M.</i> Combining Several Techniques of Adversarial Example Generation	107
<i>Naderan M., Zaychenko Y.P.</i> Diagnosing Lung Cancer Based on Deep Learning Algorithms: Review	109
<i>Nikolaiev S.S., Tymoshenko Y.O.</i> RBF neural network probabilistic skin color detector for real-time video applications	111
<i>Onanko A.M.</i> Prediction of Russian content on Ukrainian television	113
<i>Tkachenko D.A.</i> Modeling spatial information with convolutional and recurrent neural networks for video classification	114
<i>Tkachenko D.A., Kharchenko K.V.</i> Deep learning approach to audio analysis	116
<i>Zaychenko Y., Galib H.</i> Inductive Modeling Method GMDH in the Problems of Big Data Analysis	118
<i>Ажимов В.С.</i> Алгоритми багаторівневого навчання для класифікації захворювань шкіри	119
<i>Бакурова А.В., Терещенко Е.В., Нагулов С.В.</i> Логічна класифікація панельних даних	121
<i>Буценко Ю.П., Лабжинський В.А.</i> Нейромережеві алгоритми розпізнавання та класифікації надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури	122
<i>Галушко М.О.</i> Класифікація зображень за допомогою нейронних мереж на GPU	123
<i>Гусак О.В., Семендяк Є.С.</i> Адаптивний пошук гіперпараметрів за допомогою підходів машинного навчання	124
<i>Дмитренко О.О., Ланде Д.В.</i> Алгоритм пошуку оптимального сценарію впливу вершин у когнітивних картах заснований на принципі Парето	125
<i>Доманецька І.М., Хроленко Я.О.</i> Нейромережеві технології у задачах автоматизації контролю знань для on-line сервісів відкритої освіти	127
<i>Ерохин Г.В.</i> Прогнозирование курса криптовалют на основе анализа тональности новостей и записей в социальных сетях	128
<i>Жданова О.Г., Попенко В.Д.</i> Економічна модель прийняття рішень щодо народження дітей у сім'ї	129
<i>Забелин С.И.</i> Интеллектуальный анализ вулканических газов с помощью интеллектуальных методов анализа данных	132
<i>Зайченко Е.Ю., Ови Нафас Агаи аг Гамши</i> Анализ и оптимизация компьютерных сетей нового поколения в условиях неопределенности	133
<i>Караюз І.В., Бідюк П.І.</i> Інтегрована модель для прогнозування макроекономічних процесів	134

<i>Клімова О.В.</i> Методи прогнозування рекламної активності на телебаченні України . . .	136
<i>Кондратенко Н.Р., Снігур О.О.</i> Використання інтервальних нечітких множин типу 2 в задачах ідентифікації складних об'єктів	137
<i>Кузнецова Н.В., Фомін О.В.</i> Прогнозування ризику втрати користувачів онлайн-платформи	139
<i>Луданов Д.К., Зайченко Ю.П.</i> Нейронні мережі та їх застосування	141
<i>Павлов Д.Г., Чертов О.Р.</i> Використання нечіткої логіки для визначення мережевого шахрайства на прикладі шаблону інформаційної атаки	142
<i>Поворознюк А.И., Филатова А.Е., Шехна Х.</i> Согласованная морфологическая фильтрация полутоновых изображений на основе фрактального анализа	144
<i>Понюмаренко Р.М.</i> Нечеткий логический вывод на основе многоуровневого параллелизма	146
<i>Путренко В.В., Пащинська Н.М., Назаренко С.Ю.</i> Використання 3D Space-Time Cube для інтелектуального аналізу даних	148
<i>Роговий А.В., Бідюк П.І.</i> Побудова скорингових моделей для оцінки платоспроможності клієнтів телекомунікаційного оператора	150
<i>Савченко Д.А.</i> СППР для прогнозирования уровня продаж торговой фирмы	152
<i>Тимощук О.Л., Дорундяк К.М.</i> Порівняльний аналіз методів прогнозування банкрутства підприємств України	153
<i>Фіногенов О.Д., Грачова О.А.</i> Аналіз даних сайтів погоди на основі методу аналізу ієрархій	154
<i>Чапалюк Б.В., Зайченко Ю.П.</i> Автоматична медична діагностика на базі зображень комп'ютерної томографії	155
<i>Чечельницкая А.Б.</i> Прогнозирование цен на авиабилеты бюджетной авиакомпании Ryanair с помощью нейронных сетей и авторегрессии со скользящим средним . . .	156
<i>Чечула М.В., Погорілий С.Д.</i> Розробка методів роботи з BigData на мобільних пристроях з використанням технології GPGPU	157
<i>Шулькевич Т.В., Селін Ю.М.</i> Математичний апарат для інтелектуального аналізу і прогнозування нелінійних нестационарних процесів. Досвід застосування	158
Section 3. High Performance Computing and Microsystems Engineering	
Секція 3. Высокопроизводительные вычисления и разработка микросистем	
Секція 3. Високопродуктивні обчислення та розробка мікросистем 160	
<i>Pechurin N.K., Kondratova L.P., Pechurin S.N.</i> Leontiev's model for Internet of things information loading estimation	162
<i>Sergiyenko A.M., Hasan M.J., Sergiyenko P.A.</i> Square root calculations in FPGA	163
<i>Vinogradov Ju.N., Sergiyenko A.M., Quadir S.H.</i> Minimized FIR Filter Design Implemented in FPGA	165
<i>Галета П.О.</i> Застосування технології Blockchain у Mesh мережах на прикладі розподіленого DNS-сервісу	167
<i>Івченко Д.А.</i> Використання Neo4j і GraphQL на базі GraphDB для створення мікросервісу	169
<i>Кирюша Б.А., Колінько А.М.</i> Взаємодія мультиагентної системи IoT девайсів з виділеним сервером	173
<i>Круш І.В., Михалько В.Г.</i> Адаптивний точковий пошук з використанням методів машинного навчання	175
<i>Лозінський А.П.</i> Багаторівнева архітектура хмарної платформи	177
<i>Назарова І.А.</i> Масштабованість паралельних розподілених обчислень на основі ізоефективного аналізу	179
<i>Орехов О.А., Орехова Н.А.</i> Порівняльний аналіз Blockchain-архітектури на основі дерев Меркле та протоколу PHANTOM на основі архітектури BlockDAG	181
<i>Остачук Я.М.</i> Стратегія розвитку CRM систем як сервісу у хмарі Microsoft Azure . .	182
<i>Сатсай Т.Г., Довганюк А.О.</i> О последовательном диагностировании многопроцессорных систем	184
<i>Слинько М.С.</i> Формалізоване проектування застосувань для графічних відеоадаптерів	185

Section 4. Progressive information technologies**Секция 4. Прогрессивные информационные технологии****Секція 4. Прогресивні інформаційні технології****188**

<i>Basyuk T.M.</i> Popularization of Internet resources by using “featured snippets”	190
<i>Kalinovsky Ya.A., Boyarinova Yu.E., Khitsko Ya.V., Sukalo A.S.</i> Principles of constructing algorithms for processing digital signals using hypercomplex number systems	192
<i>Kasyanchuk I.V.</i> Education System to Improve Remembering of Information	194
<i>Kopp A.M., Orlovskiy D.L.</i> An approach to measure similarity of business process models	196
<i>Kurylenko O.M.</i> Credit scoring models development	198
<i>Moroz A.M., Globa L.S.</i> Data Mining and its applications	200
<i>Olefir O.S., Chernenko V.M.</i> System of logistics of material resources based on social networks	202
<i>Sergiyenko A.M., Qasim M.R.</i> Modeling of the wave propagation in the solid bar	203
<i>Tarasenko-Klyatchenko O.V., Tuparjeva V.A.</i> Algorithm of authentication of objects of the network on the basis of analysis of signal parameters on the physical level	205
<i>Terentiev O.M., Makohon R.O.</i> Analysis of causality Bayesian network usage for data-mining purposes	206
<i>Арчвадзе Н.Н., Пховелишвили М.Г.</i> Применение параллельных данных для прогнозирования сложных процессов	208
<i>Бакун С.А., Терентьев О.М.</i> Методи перетворення категоріальних змінних в числові	209
<i>Васильев В.И., Вішталъ Д.М., Любашенко Н.Д.</i> RDF-модель порталу підтримки розміщення і використання даних у Всесвітній мережі	211
<i>Видолоб А.В.</i> Забезпечення інформаційної безпеки системи інтернету речей	213
<i>Виклюк Я.И., Гусак О.М.</i> Шляхи підвищення ефективності протипожежного моніторингу лісу	214
<i>Гіоргізова-Гай В.Ш., Шеренковський А.О.</i> Шлюзи в системах IoT	215
<i>Гнатенко В.Ю., Ситников В.С., Ступень П.В.</i> Электрическая модель с идеальными элементами для поиска максимального потока по транспортной сети	217
<i>Городько Н.А., Бояринова Ю.Е.</i> Адаптивные системы организационного обеспечения критических инфраструктур	219
<i>Грушенко К.Ю., Петрашенко А.В.</i> Модифікований алгоритм виявлення руху з камер видеоспостереження	220
<i>Зам'ятін Д.С., Книш П.К.</i> Визначення місцеположення джерела акустичного сигналу	221
<i>Зам'ятін Д.С., Перевертайло А.І.</i> Розподілені обчислення координат місцезнаходження об'єктів за акустичним сигналом у мережі сенсорів	222
<i>Капшук О.О.</i> Використання біометричних технологій при дистанційному навчанні в мережевих інформаційно-освітніх середовищах	223
<i>Киричек Г.Г., Курай В.І.</i> Система розпізнавання об'єктів	224
<i>Кінда В.В.</i> Модель оцінки страхового випадку із використанням розподілу Твїді	226
<i>Кісільчук Б.Я., Тесленко О.К.</i> Ключі алгоритму шифрування на базі підстановок довільної розрядності	228
<i>Краштан Т.Є.</i> Аналіз існуючих алгоритмів колоризації зображень	230
<i>Кривоніс А.В., Волонтир О.О.</i> Поєднання Machine Learning та VR	232
<i>Кузнецова Ю.А., Цешевський В.В.</i> Аналіз застосування метапрограмування для проекту Mikz Market	233
<i>Лимар Б.О., Олєфір О.С.</i> Метод виявлення паркувальних місць в інтелектуальній системі паркування	235
<i>Лисецький Ю.М.</i> Защита информации: системы резервного копирования	236
<i>Литвинов В.А., Майстренко С.Я., Хурицлава К.В., Костенко С.В.</i> Оценка контролируемых и корректирующих свойств референтного словаря в системе обнаружения и исправления типовых ошибок пользователя	238
<i>Литвинюк А.А., Левчук С.Б.</i> Система автоматичної оптимізації асортименту в ритейлі	239

<i>Логін В.В., Бідюк П.І.</i> Моделювання та прогнозування характеристик трафіку цифрової Інтернет-реклами	241
<i>Лютенко І.В., Курасов О.І., Соколов Д.В.</i> Використання методів послідовного ранжування альтернатив для оцінювання веб-сайтів	243
<i>Максим К.Є.</i> Дослідження вразливостей спекулятивного виконання інструкцій на процесорах ARM	244
<i>Матвиенко Ю.А., Зинченко А.А.</i> Разработка программного обеспечения для оптимизации методики алергодиагностики к стоматологическим анестетикам	245
<i>Огурцов М.І.</i> Розробка протоколу захищеного обміну даними для спеціальних мереж	247
<i>Орлова М.М., Шитий Д.В.</i> Способи та засоби підтримки багатопотокої передачі в комп'ютерних мережах	249
<i>Пашаєва М.М.</i> Классификация различных типов растительного покрова на основе космических снимков и технологии ГИС	250
<i>Петрішенко С.О.</i> Сучасна концепція Інтернету речей	254
<i>Прогонов Д.О.</i> Теоретико-інформаційні оцінки стійкості методів UNIWARD до стегааналізу	256
<i>Продан А.О.</i> Оптимізація пошуку та індексації документів формату XML	257
<i>Романкевич В.О., Липка Т.Б.</i> Покращення якісних характеристик стеганосистем з використанням зображень в якості контейнера	258
<i>Романов В.В., Шакур О.В.</i> Інформаційні технології в освіті	260
<i>Северін С.І., Тесленко О.К.</i> Вибір алгоритму ущільнення для багаторозрядних підстановок	262
<i>Сопілков М.Р.</i> Прогнозування виникнення збройних конфліктів з використанням ймовірнісно-статистичних методів	264
Authors · Авторы · Автори	266

Soloviev V.N.¹, Romanenko Y.V.²

¹Faculty of Physics and Mathematics, State Pedagogical University, Kryviy Rih, Ukraine; ²Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Faculty of Aerospace Systems, Kyiv, Ukraine

Quantum econophysics of bitcoin crises

The attempts to create an adequate model of socio-economic critical events, which, as it has been historically proven, are almost permanent, were, are and will always be made. Actually, it is a supertask, impossible to solve. However, the potentially useful solutions, local in time or other socio-economic logistic coordinates, are possible. In fact, they have to be the object of interest for a real and effective economic science.

Econophysics is a young interdisciplinary scientific field, which developed and acquired its name at the end of the last century [1]. Quantum econophysics, a direction distinguished by the use of mathematical apparatus of quantum mechanics as well as its fundamental conceptual ideas and relativistic aspects, developed within its boundaries just a couple of years later, in the first decade of the 21-st century.

According to classical physics, immediate values of physical quantities, which describe the system status, not only exist, but can also be exactly measured. Although non-relativistic quantum mechanics doesn't reject the existence of immediate values of classic physical quantities, it postulates that not all of them can be measured simultaneously (Heisenberg uncertainty ratio). Relativistic quantum mechanics denies the existence of immediate values for all kinds of physical quantities, and, therefore, the notion of system status seizes to be algebristic.

In paper [2] we have suggested a new paradigm of complex systems modelling based on the ideas of quantum as well as relativistic mechanics. It has been revealed that the use of quantum-mechanical analogies (such as the uncertainty principle, notion of the operator, and quantum measurement interpretation) can be applied to describing socio-economic processes. Methodological and philosophical analysis of fundamental physical notions and constants, such as time, space and spatial coordinates, mass, Planck's constant, light velocity from the point of view of modern theoretical physics provides an opportunity to search of adequate and useful analogues in socio-economic phenomena and processes.

Suppose there is a set of M time series, each of N samples, that correspond to the single distance T , with an equal minimal time step Δt_{min} :

$$X_i(t_n), t_n = \Delta t_{min} \cdot n; n = 0, 1, 2, \dots, N - 1; i = 1, 2, \dots, M. \quad (1)$$

To bring all series to the unified and non-dimensional representation, accurate to the additive constant, we normalize them, having taken a natural logarithm of each term of the series:

$$x_i(t_n) = \ln X_i(t_n), t_n = \Delta t_{min} \cdot n; n = 0, 1, 2, \dots, N - 1; i = 1, 2, \dots, M. \quad (2)$$

Let us consider that every new series $x_i(t_n)$ is a one-dimensional trajectory of a certain fictitious or abstract particle numbered i , while its coordinate is registered after every time span Δt_{min} , and evaluate mean square deviations of its coordinate and speed in some time window ΔT .

The «immediate» speed of i particle at the moment t_n is defined by the ratio:

$$v_i(t_n) = \frac{x_i(t_{n+1}) - x_i(t_n)}{\Delta t_{min}} = \frac{1}{\Delta t_{min}} \ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)} \quad (3)$$

with variance D_{v_i} and mean square deviation Δv_i .

The chaotic nature of real time series allows to $x_i(t_n)$ as the trajectory of a certain abstract quantum particle (observed at Δt_{min} time spans). We can write an uncertainty ratio for this

trajectory [3]:

$$\Delta x_i \cdot \Delta \nu_i \sim \frac{h}{m_i}, \text{ or } : \frac{1}{\Delta t_{min}} \left(\left\langle \ln^2 \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)} \right\rangle_{n, \Delta N} - \left(\left\langle \ln \frac{X_i(t_{n+1})}{X_i(t_n)} \right\rangle_{n, \Delta N} \right)^2 \right) \sim \frac{h}{m_i}, \quad (4)$$

where m_i – economic “mass” of an i series, h – value which comes as an economic Planck’s constant.

We will test the model for the cryptocurrency market on the example of the bitcoin. Bitcoin is an important electronic and decentralized cryptographic currency system. It is based on a peer-to-peer network architecture and secured by cryptographic protocols and there is no need for a central authority or central bank to control the money supply within the system. Bitcoin attracts considerable attention of researchers of different levels, using modern methods and models of analysis of the peculiarities of the dynamics of the popular digital currency. Thus, the identification of possible trends of the cryptocurrency movement, construction and modeling of indicators of stability and possible crisis states is extremely relevant.

During the entire period (16.07.2010 – 01.04.2018) of verifiably fixed daily values of the bitcoin price (BTC) (<https://finance.yahoo.com/cryptocurrencies>) in relative units, five crisis phenomena were recorded and marked with arrows on fig. 1. Calculations were carried out within the framework of the algorithm of a moving window. For this purpose, the part of the time series (window), for which there were measures M was selected, then the window was displaced along the time series in a one-day increment and the procedure repeated until all the studied series had exhausted. Further, comparing the dynamics of the actual time series and the corresponding measures M , we can judge the characteristic changes in the dynamics of the behavior of M with changes in the cryptocurrency.

Obviously, there is a dynamic characteristic values M depending on the internal dynamics of the market. In times of crisis known (marked by arrows in the fig. 1) “mass” is significantly reduced in the pre-crisis period. In fig. 2 mass calculations were proved only for the last fifth crisis and with the window not in 500 days, but only 50. Obviously that the value of M remains a good indicator and in this case.

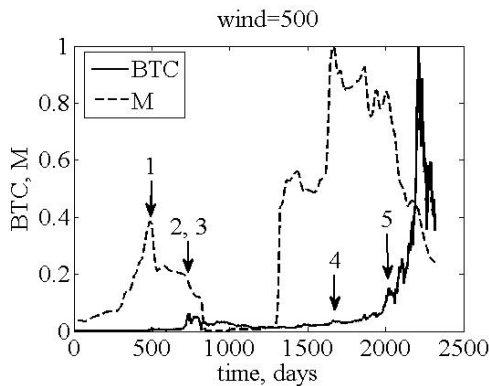


Figure 1

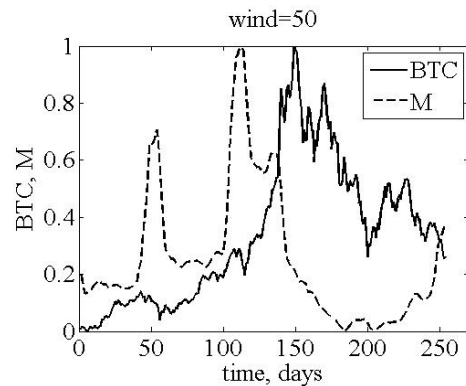


Figure 2

This fact can be used as an indicator-precursor crisis.

References. 1. R.N. Mantegna, H.E. Stanley, “An Introduction to Econophysics”. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – 144 p. 2. V. Sapsin, V. Soloviev (2009, Jul 7) Relativistic quantum econophysics – new paradigms in complex systems modelling [Online]. Available: <https://arxiv.org/0907.1142>. 3. V. Soloviev, V. Sapsin (2011, Nov 10) Heisenberg uncertainty principle and economic analogues of basic physical quantities [Online]. Available: <https://arxiv.org/1111.5289>.

Authors · Авторы · Автори

- Aghaei Agh Ghamish Ovi Nafas, 18
 Aghaei Agh Ghamish Yaghoub, 18
 Akhmedova Daryna N., 26
 Baranovska Galyna G., 22
 Baranovska Lesia V., 20, 22
 Basyuk Taras M., 190
 Bobyr Anastasiia O., 105
 Boyarinova Yuliya E., 192
 Chernenko Vladyslav M., 202
 Chertov Oleg R., 104–106
 Donets Georgiy A., 18
 Dychko Alina O., 23
 Galib Hamidov, 118
 Globa Larisa S., 200
 Hasan Muhammad Jamal, 163
 Honcharevskiy Dmytro O., 106
 Kalinovsky Yakov A., 192
 Kasyanchuk Igor V., 194
 Kharchenko Kostiantyn V., 116
 Khitsko Yana V., 192
 Kondratova Ljudmyla P., 24, 162
 Kopp Andrii M., 196
 Kurylenko Oleksandr M., 198
 Kyselov Gennadiy D., 30
 Kyselova Anna G., 30
 Lazuka Vitalii T., 107
 Makohon Roman O., 206
 Malysheva Milena O., 26
 Moroz Anastasiia M., 200
 Mustafa Rekar Qasim, 203
 Naderan Maryam, 109
 Nikolaiev Sergii S., 111
 Olefir Oleksandr S., 202
 Onanko Anastasiia M., 113
 Orlovskiy Dmytro L., 196
 Osaulenko Viacheslav L., 28
 Pechurin Nickolay K., 162
 Pechurin Sergey N., 162
 Prymak Ivan K., 26
 Quadir Safwan Husein, 165
 Rodionov Andrii M., 107
 Romanenko Yan V., 33
 Rudnyk Taras P., 104
 Sergiyenko Anatoliy M., 163, 165, 203
 Sergiyenko Pavlo A., 163
 Shanin Vladyslav O., 105
 Shaptala Roman V., 30
 Siryk Sergii V., 31
 Soloviev Vladimir N., 33
 Sukalo Alina S., 192
 Tarasenko-Klyatchenko Oxana V., 205
 Terentiev Oleksandr M., 206
 Tkachenko Dmytro A., 114, 116
 Tuparieva Valentyna A., 205
 Tymoshenko Yurii O., 111
 Ved Olena V., 35
 Vinogradov Juri N., 165
 Yeremeev Igor S., 23
 Zaychenko Yuri P., 109, 118
 Акимов Вадим Сергійович, 119
 Арчвадзе Натела Нодариевна, 208
 Бакун Сабіна Антонівна, 209
 Бакурова Анна Володимирівна, 121
 Бахрушин Володимир Євгенович, 36
 Беседовский Михаил Олегович, 37
 Бідюк Петро Іванович, 54, 134, 150, 241
 Білушак Юрій Ігорович, 96
 Болдак Андрій Олександрович, 38, 41, 99
 Бояринова Юлія Євгенівна, 219
 Буценко Юрій Павлович, 122
 Васильєв Владимир Іванович, 39
 Васильєв Володимир Іванович, 211
 Видолоб Антон Валерійович, 213
 Виклюк Ярослав Ігорович, 214
 Вишталъ Дмитрий Михайлович, 39
 Вішталъ Дмитро Михайлович, 211
 Власов Максим Дмитрович, 41
 Волкова Виолетта Николаевна, 43

- Волонтир Олександр Олегович, 232
Волошин Олексій Федорович, 46
Галета Павло Олександрович, 167
Галушко Марія Олегівна, 123
Гюргізова-Гай Вікторія Шавлівна, 215
Гнатенко Валерій Юрьевич, 217
Годна Анастасія Вікторівна, 47
Горелова Галина Викторовна, 49
Городецкий Виктор Георгиевич, 51
Городько Наталія Алексеевна, 219
Горох Олександр Сергійович, 38
Грачова Олександра Андріївна, 154
Гришин Ігорь Юрьевич, 52
Грушенко Катерина Юріївна, 220
Гусак Олександр Вадимович, 124
Гусак Олена Михайлівна, 214
Данилов Валерій Яковлевич, 85
Денисенко Олександр Іванович, 53
Дмитренко Олег Олександрович, 125
Довганюк Анна Олеговна, 184
Доманецька Ірина Миколаївна, 127
Дорундяк Ксенія Миколаївна, 153
Ерохин Глеб Вадимович, 128
Євграфова Ксенія Леонідівна, 54
Єфремов Костянтин Вікторович, 38
Жданова Олена Григорівна, 47, 56, 129
Забелин Станіслав Ігоревич, 132
Заводник Вячеслав Владленович, 59
Зайченко Анастасія Євгеніївна, 61
Зайченко Елена Юрьевна, 133
Зайченко Юрій Петрович, 141, 155
Замятін Денис Станіславович, 221, 222
Згуровський Михайло Захарович, 10
Зинченко Анастасія Александровна, 245
Івченко Дмитро Анатолійович, 169
Капшук Олег Олексійович, 223
Караюз Ірина Валентинівна, 134
Касумова Тахмина Агаджафар, 63
Киричек Галина Григорівна, 224
Кирюша Богдан Анатолійович, 173
Кінда Віталій Васильович, 226
Кірік Олена Євстафіївна, 65
Кісельова Олена Михайлівна, 66
Кісільчук Богдан Ярославович, 228
Клімова Олена Віталіївна, 136
Книш Петро Костянтинівич, 221
Коваленко Сергей Владимирович, 73
Колінько Анжела Михайлівна, 173
Комлев Олександр Олександрович, 67
Кондратенко Наталія Романівна, 137
Коробова Марина Віталіївна, 72
Косташ Татьяна Владимировна, 59
Костенко Святослав Владимирович, 238
Кравчук Євгеній Сергійович, 68
Крамов Артем Андрійович, 70
Краснюк Роман Петрович, 91
Краштан Таміла Євгенівна, 230
Кривий Сергій Лук'янович, 11
Кривоніс Артем В'ячеславович, 232
Круш Ігор Володимирович, 175
Кудін Григорій Іванович, 72
Кузнецова Юлія Анатоліївна, 233
Кузнецова Наталія Володимирівна, 139
Кулик Володимир Васильович, 72
Курай Вячеслав Іванович, 224
Курасов Олексій Ігорович, 243
Кущенко александр Сергеевич, 73
Лабжинський Володимир Анатолійович, 122
Лабуткіна Татьяна Викторовна, 74
Ланде Дмитро Володимирович, 125
Левчук Святослав Богданович, 239
Леонова Алла Євгенівна, 43
Лимар Борис Олегович, 235
Липка Тетяна Богданівна, 258
Лисецкий Юрий Михайлович, 236
Литвинов Валерій Андроникович, 238
Литвинюк Антон Андрійович, 239
Логвіненко Владислава Олексіївна, 36
Логинова Олександра Викторовна, 43
Логін Вадим Вікторович, 241
Лозінський Анатоль Павлович, 177
Луданов Денис Костянтинівич, 141
Любашенко Наталія Дмитрівна, 211
Любашенко Наталія Дмитрівна, 39
Лютенко Ірина Вікторівна, 243
Майстренко Светлана Яковлевна, 238
Максим Катерина Євгенівна, 244
Маленко Анастасія Олексіївна, 56
Маляр Микола Миколайович, 46
Манілевич Дмитро Федорович, 84
Маняк Юрій Вікторович, 81
Матвиенко Юлія Александровна, 245
Михалько Віталій Геннадійович, 175
Мілявський Юрій Леонідович, 76
Нагулов Сергій Васильович, 121
Назарага Інна Михайлівна, 77

- Назаренко Сергій Юрійович, 148
Назарова Ірина Акоювна, 179
Нестеренко Владислав Ігоревич, 78
Ови Нафас Агаи аг Гамиш, 133
Огурцов Максим Ігоревич, 247
Олефір Олександр Степанович, 235
Орехов Олександр Арсенійович, 181
Орехова Наталія Артурівна, 181
Орлова Марія Миколаївна, 249
Осадчук Николай Павлович, 51
Остапчук Ян Михайлович, 182
Павлов Дмитро Геннадійович, 142
Падалко Вадим Геннадійович, 66
Панкратов Владимир Андреевич, 79
Панкратова Наталія Дмитрівна, 81, 83
Пашаева Малахат Мухтар, 250
Пашинська Наталія Миколаївна, 148
Перевертайло Андрій Ігоревич, 222
Перестюк Марія Миколаївна, 10
Петрашенко Андрій Васильович, 220
Петрішенко Сергій Олександрович, 254
Пишнограєв Іван Олександрович, 38
Поворознюк Анатолий Іванович, 144
Погорілий Сергій Дем'янович, 11, 157
Подковаліхіна Олена Олександрівна, 36
Пономаренко Роман Николаевич, 146
Попенко Володимир Дмитрович, 129
Притоманова Ольга Михайлівна, 66
Прогонов Дмитро Олександрович, 256
Продан Анастасія Олегівна, 257
Путренко Віктор Валентинович, 148
Пхovelішвили Мераб Гайозович, 208
Роговий Андрій Владиславович, 150
Роїк Павло Дмитрович, 94
Романкевич Віталій Олексійович, 258
Романкевич Олексій Михайлович, 84
Романов Валерій Володимирович, 260
Савченко Данил Олександрович, 152
Савченко Ілля Олександрович, 61, 98
Сапсай Татяна Григорьевна, 184
Северін Сергій Іванович, 262
Селін Юрій Миколайович, 158
Семендяк Євген Сергійович, 124
Сергеев-Горчинський Олексій
Олександрович, 68
Ситников Валерий Степанович, 217
Слинько Максим Сергійович, 185
Сльота Максим Русланович, 83
Слюсар Андрій Вячеславович, 85
Снігур Ольга Олексіївна, 137
Соколов Дмитро Віталійович, 243
Сопілков Максим Романович, 264
Сперкач Майя Олегівна, 47, 56
Ступень Павел Вячеславович, 217
Терентьев Олександр Миколайович, 209
Терещенко Еліна Валентинівна, 121
Тесленко Олександр Кирилович, 228, 262
Тимиргалеева Рена Ринатовна, 52
Тимофієва Надія Костянтинівна, 87
Тимоцук Оксана Леонідівна, 153
Товажнянский Владимир Ігоревич, 73
Фатенко Владислав Васильович, 89
Филатова Анна Евгеньевна, 144
Фіногенов Олексій Дмитрович, 154
Фомін Олександр Володимирович, 139
Хроленко Ярослав Олексійович, 127
Хурцилава Константин Викторович, 238
Цегелик Григорій Григорович, 91
Цешевський Валерій Валентинович, 233
Циганок Віталій Володимирович, 94
Чапалюк Богдан Володимирович, 155
Чернуха Ольга Юріївна, 96
Черный Юрий Юрьевич, 43
Чертов Олег Романович, 142
Чечельницкая Александра Борисовна, 156
Чечула Микита Володимирович, 157
Чикрий Аркадій Алексеевич, 13
Чучвара Анастасія Євгенівна, 96
Шакун Олександр Васильович, 260
Шеренковський Артем Олегович, 215
Шехна Халед, 144
Шибирин Анастасія Романівна, 98
Широков Владимир Анатолиевич, 14
Шитий Дмитро Вадимович, 249
Шудренко Євгеній Олегович, 99
Шулькевич Тетяна Вікторівна, 158