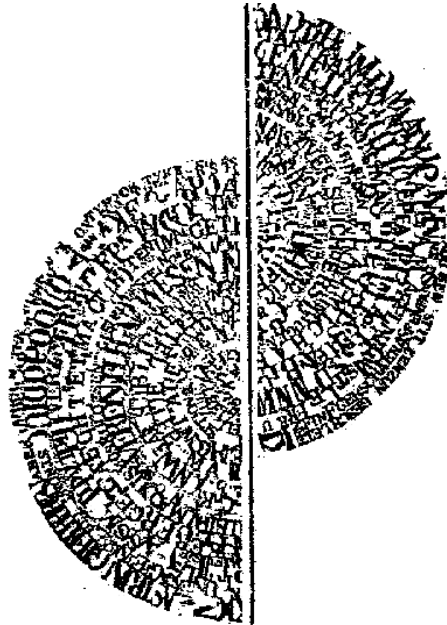


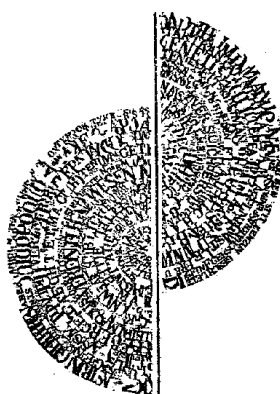
**ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. І. ВЕРНАДСЬКОГО**



**П'ЯТА МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
ВІДКРИТІ ЕВОЛЮЦІОНУЮЧІ
СИСТЕМИ
(19-21 травня 2020 року)**

Київ – 2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. І. ВЕРНАДСЬКОГО
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ІНСТИТУТ НАЦІОНАЛЬНОГО
ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ М. П. ДРАГОМАНОВА
НАУКОВО-УЧБОВИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЇ ІНФОРМАТИКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
SOFTWARE AND CONVERGENCE COLLEGE, DONGSEO
UNIVERSITY (Republic of Korea)
INSTITUTE FOR ADVANCED STUDIES IN ARAD (Israel)**



**П'ЯТА МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
"ВІДКРИТІ ЕВОЛЮЦІОНУЮЧІ СИСТЕМИ"
(ІНТЕРНЕТ- КОНФЕРЕНЦІЯ)
19-21 травня 2020**

**ПЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
"ОТКРЫТЫЕ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ"
(ИНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦИЯ)
19-21 мая 2020**

**THE V– th INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
“OPEN EVOLVING SYSTEMS”
(THE INTERNET-CONFERENCE).
19 - 21 May 2020**

Київ – 2020

УДК 001.895 (477): 378 (082)

Рекомендовано до друку
Вченою Радою Таврійського національного університету
імені В. І. Вернадського
(Протокол засідання № 9 від 05.06.2020)

П'ята міжнародна науково-практична конференція "Відкриті еволюційні системи" (19 - 21 травня 2020 р.). Збірник праць. За. ред. В. О. Дубка, В. Б. Кисельова - Київ: ТНУ імені В.І. Вернадського - 2020. - 424 с.

ISBN

Збірник містить тексти доповідей учасників п'ятої міжнародної науково-практичної конференції "Відкриті еволюційні системи". Доповіді присвячені теоретичним, методологічним і практичним питанням керування з випередженням, еволюції, стабілізації та самоорганізації відкритих систем довільної природи.

Розраховано на викладачів, наукових працівників, аспірантів, студентів та всіх, хто цікавиться вивченням відкритих систем.

Proceedings summarize the reports presented at the V-th International Scientific-Practical Conference "Open Evolving Systems". Reports are devoted to theoretical, methodological and practical problems optimal control, evolution, stabilization and self-organization of open systems of arbitrary nature.

These Proceedings may be useful for lectures, researchers, students as well as anybody whose interests are connected with the study of open systems.

Сборник содержит тексты докладов участников пятой международной научно-практической конференции "Открытые эволюционирующие системы". Доклады посвящены теоретическим, методологическим и практическим вопросам управления по опережению, эволюции, стабилизации и самоорганизации открытых систем произвольной природы.

Рассчитан на преподавателей, научных сотрудников, аспирантов, студентов и всех, кто интересуется изучением открытых систем.

За точність викладення матеріалу та достовірність використаних фактів відповідальність несуть автори

За точность изложения материала и достоверность использованных фактов ответственность несут авторы

The authors are responsible for the accuracy of the material and the accuracy of the facts used

©Казарін В.П., Кисельов В.Б., Дубко В.О. та ін., 2020
© ТНУ імені В. І. Вернадського, 2020

Організаційний комітет:

Голова конференції:

Казарін Володимир Павлович, доктор філологічних наук, професор, заслужений працівник освіти України, ректор Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського

Співголови конференції:

Кисельов Володимир Борисович, доктор технічних наук, професор, академік Транспортної Академії України, заслужений працівник освіти України, директор навчально-наукового інституту муніципального управління та міського господарства Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського;

Працьовитий Микола Вікторович, доктор фізико-математичних наук, професор, академік АН вищої освіти, академік АН вищої школи України, заслужений діяч науки і техніки України. директор фізико-математичного інституту НПУ імені М. П. Драгоманова;
NoonJae LEE, Professor, Chair of Dept. of Information Security, Software and Convergence College, Dongseo University;

Распопов Віктор Борисович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, директор науково-учбового центру прикладної інформатики Національної академії наук України.

Голова програмно-організаційного комітету

Дубко Валерій Олексійович, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедра вищої математики Київського національного університету технологій та дизайну.

Співголова програмно-організаційного комітету. Науковий секретар конференції

Распопов Віктор Борисович, кандидат фізико-математичних наук, директор науково-учбового центру прикладної інформатики Національної академії наук України.

Члени програмно-організаційного комітету:

Vereshchagina G.V.;

Tsomko Elena;

Барна Н. М.;

Іванова Т. В.;

Кисельов В. Б.;

Фадєєва К. В.;

Коркин С. Є.;

Карачанська О. В.;

Працьовитий М. В.;

Рянська Е. М.;

Семяновський В. М.

Науково-супроводжуюча група:

Дубко Валерій Олексійович.

Карачанська Олена Вікторівна.

ЗМІСТ

Вступне слово	13
----------------------------	----

СЕКЦІЯ 1. ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОСВІТИ. ДУАЛЬНА СИСТЕМА ОСВІТИ. ЕКОЛОГІЧНА ПРОСВІТА

Распопов В. Б. Особенности обучения и подготовки к исследовательской деятельности академически одаренных учащихся и студентов	15
Вилор М. А., Гладков А. А. Научно-образовательный эколого-просветительский проект «Уникальная лаборатория: Пещера «Охотничья»	19
Дромашко С. Е. Природные и компьютерные вирусы с точки зрения бионики	21
Дромашко С. Е., Балащенко Н. А. Изучение и инвентаризация генетического разнообразия в Беларуси	23
Ищенко Н. А. Специфика дуального образования в высшей школе Великобритании	26
Кисельов В. Б., Романова М. І. Підготовка сучасного спеціаліста на основі структурування контенту Коледж-Університет-Підприємство	27
Кузнецова Э. А., Прасина Ю. А. Изучение территории ХМАО-Югры на интегрированных уроках географии и экологии	31
Кузнецова Э. А., Миргалимова А.Н. Применение информационно-коммуникационных технологий на интегрированных уроках ОБЖ и экологии при изучении экологической безопасности	34
Марусенко Р. І. Формування м'яких навичок в рамках навчального процесу у закладі вищої освіти	36
Мінаєва Ю. Ю., Мінаєв А.А. Питання щодо дистанційної роботи студентів під час вивчення навчальної дисципліни	39
Омецинська Н. В. Формування компетентностей математичного характеру у студентів-екологів	40
Романенко В. М. Моделі дуальної освіти для підготовки фахівців харчової промисловості	41
Сарнавська Л. В. Якісна підготовка фахівця в умовах не стабільної економічної ситуації	43
Сергієнко О. М. Смарт-технології у викладанні комп'ютерних дисциплін у київському професійно-педагогічному коледжі ім. А. Макаренка	45
Середовских Б. А., Кузнецова Э. А., Котович И. М. Использование возможностей особо охраняемых природных территорий в формировании географической культуры школьников (из опыта природного парка «Сибирские увалы»	47
Тимощук Н. М. Дуальна форма освіти як запорука її ефективної модернізації	49
Chepok A., Yevtushenko N. Pupils' research activities while formation of modern environmental education of schoolchildren	50

СЕКЦІЯ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ ТА МІСЦЕВЕ САМОВРЯДУВАННЯ

Семяновський В. М. Солідаризм як системний інваріант щодо забезпечення еволюційного реформування соціально-економічних систем	53
Белоусова Н. В., Бойко О.Л. Правові засади децентралізації влади для розвитку місцевого самоврядування в Україні	58

Василик О. І., Вишемірська Я. С., Шарудило І. М. Вдосконалення діяльності органів державної влади і місцевого самоврядування впровадженням психологічних методів управління.....	60
Демещенко В. П., Огородник С. С. Наскрізна демократія і народний контроль – запорука справжнього народовладдя.....	62
Киш Л. М. Самоорганізація соціально-економічних систем та місцевого самоврядування.....	64
Мельничук Л. І. Інформаційні технології на службі управління великим містом.....	65
Смітюх Ю.П. Інноваційний розвиток територіальних громад в умовах економічного кластеру.....	66

СЕКЦІЯ 3. ЕКОНОМІКА ПЕРЕХІДНИХ ПЕРІОДІВ

Vereshchagina G. V. The adverse effects of uncertainty on firm innovative investment and aggregate output.....	69
Бойченко Е. Б., Шевченко Є. В. Інноваційні технології як засіб підвищення якості туристичних послуг.....	71
Горлач А. С. Особливості реалізації на ринку страхових послуг.....	73
Захарова О. В. Оцінка впливу інноваційної складової на економічний розвиток країн.....	75
Ляшенко В. І., Осадча Н. В., Дзюба С. В. Механізми диверсифікації експортного потенціалу Дніпропетровської області: пріоритети розвитку.....	77
Македон Г. М. Факторний аналіз споживання регіональних домогосподарств України.....	80
Македон В. В. Інтеграційна реструктуризація промислових компаній в форматі злиттів та поглинань.....	82
Матвієнко Г. А. Інструменти державної підтримки економіки в період пандемії COVID-19: досвід розвинених країн.....	85
Митрофанова А. С. Сучасні тенденції приватизації в Україні.....	87
Овсюк Н. В. Основні етапи облікового відображення фінансових інвестицій.....	89
Редзюк Є. В. Перспективи перехідної економіки України під впливом світової фінансово-економічної кризи.....	91

СЕКЦІЯ 4. ІНВАРІАНТИ ДЕРЖАВОТВОРЕННЯ

Іванова Т. В. Механізми державного управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.....	94
Кадлубович Т. І. Інваріанти державотворення: політична комунікація сучасної держави.....	96
Ладонько Л. С., Михайловська О. В. Моделі взаємодії органів влади та інститутів громадянського суспільства.....	97
Музика Ю. Д., Гуйда Ю. В. Вплив децентралізації владних повноважень на соціально-економічний розвиток України.....	100
Шмагун А. В. Розробка та реалізація державної політики розвитку вищих навчальних закладів на основі бенчмаркінгу.....	104

СЕКЦІЯ 5. МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

Фадєєва К. В. Музикознавець та композитор Ігор Пяковський: системність музичного мислення.....	107
Вакуленко Н.В., Безносок О. І. Розбудова українського туристичного продукту в рамках виконання програми зі збереження національної нематеріальної культурної спадщини.....	110
Базіна Н. Ю. Системне оновлення музичної мови сонат для скрипки та фортепіано в ХХ столітті.....	115
Волосатих О. Ю. Доба модерн і творчість Віктора Косенка.....	117
Красносельська К. М. Мистецтво українського авангарду в контексті розвитку художньої культури 20-21 століть.....	119
Лис О. В. Характеристика жанрової моделі струнного квартету як еволюційної системи.....	120
Лисенко О. В. Музично-виконавська еволюційна система.....	123
Тюріна О. В. Гучнісна динаміка в системі виражальних засобів музичного виконавства.....	125
Фадєєва К. В., Дудко М. І. Музичні навчальні комп'ютерні програми: структура, функції, напрямки використання.....	127
Фадєєва К. В., Єрмаков В. В. Засоби виконавської виразності в музичних евристичних комп'ютерних програмах.....	129
Шмаєва К. І. Чекає вивчення: музичний архів Анжея Яновича.....	131
Шелупахіна Т. В. Питання трагічного у філософській спадщині мислителів ХХ століття.....	132
Шестеренко І. В. Оперна творчість Віталія Кирейка в контексті еволюційних систем.....	134

СЕКЦІЯ 6. КУЛЬТУРОЛОГІЯ. ІМІДЖЕЛОГІЯ

Барна Н. В., Смирна Л. В., Легенький Ю. Г. Парадигма гуманітарної й мистецької освіти в сучасній Україні.....	137
Бондарчук І. М., Горащенко І. І. Роль культурно-мистецької складової відкритого суспільства у підготовці фахівців Київського фахового коледжу міського господарства.....	141
Комарніцька Л. М. Особливості іміджу психолога-консультанта.....	143
Кудлай В. О. Розвиток культурних практик в умовах інформатизації суспільства.....	145
Терещенко А. В. Метамодернізм – нове поняття в сучасній інтернет-культурі.....	146

СЕКЦІЯ 7. РЕГІОНИ ЯК ВІДКРИТІ СИСТЕМИ

Коркин С. Е., Коркина Е. А. Открытые эрозионные системы Среднего Приобья.....	149
Budiakova O. Investment policy of the region as an open economic system.....	151
Исыпов В. А. Применение ГИС методов для изучения открытых эрозионных систем для широтного отрезка реки Обь.....	153
Климчук О. В. Регіональні аспекти управління енергетичними системами у контексті сталого розвитку.....	154
Коркина Е. А., Сафин А. Р., Кузнецова В. П. Региональные особенности динамических процессов в почвообразовании таежной зоны западной Сибири.....	157

Погонышева И. А., Колле Д. А. Биоритмологические особенности и уровень адаптации жителей разных регионов России.....	158
Соколов С. Н. Сравнительные размеры регионов ХМАО - ЮГРЫ.....	160

СЕКЦИЯ 8. МОВА ЯК ЕВОЛЮЦІОНУЮЧА СИСТЕМА

Рянская Э. М., Федорова Р. В. Инвариантная модель в системе анализа разноуровневых языковых единиц	163
Рянская Э. М., Новиков Т. В. Репрезентативные модели культурно значимых единиц в сфере туризма.....	165
Санун К. В. Modern tourist vocabulary as an open system.....	167
Сога Л. В. Особливості формування семантичної структури багатозначних слів.....	169
Толочко С. В., Колесник Т. П. Модернізація мовно-комунікативної компетентності викладачів в умовах післядипломної педагогічної освіти та дистанційного навчання.....	170
Христич Н. С. FEMALE BEAUTY concept of Victoriaian era and nowadays.....	173
Юрійчук Н. Д. Основні причини лексичних іншомовних запозичень.....	174

СЕКЦИЯ 9. МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ

Дубко В. А. Модели стохастических процессов ограниченной вариации и систем со случайной структурой	176
Карачанская Е. В. Стохастические аналоги классических процессов с инвариантом.....	179
Базилевич І. Б., Якимшин Х. М. Розподіл кількості частинок, що емігрують	183
Вигіська Л. В. Задача про екстремальне розбиття комплексної площини.....	185
Волошина Т. В. Примітивні підстановочні зображення напівгрупи усіх часткових лінійних перетворень скінченновимірному векторного простору.....	187
Жук П. Ф., Карахим С. А. Нарушение детального баланса в циклических реакциях.....	188
Зубарев С. В. Применение дробного дифференцирования в радиоизотопном датировании.....	190
Канівська І. Ю., Альперт С. І. Застосування метрики Махаланобіса для класифікування багатоспектральних космічних зображень.....	193
Карташова С. С. Стійка оцінка стану громадського здоров'я: стандартизовані ризики смертності.....	195
Мулява О. М., Медведєв М. Г. Застосування близьких до псевдоопуклих рядів Діріхле для дослідження розв'язків диференціальних рівнянь.....	198
Рыбаков К. А. Модификация численных методов решения стохастических дифференциальных уравнений с первым интегралом.....	200
Руренко О.Г. Підхід до побудови ігрової моделі в задачі з двома антогоністичними об'єктами.....	201
Ткачев И. И. О модели конструктивного порождения множеств сложных объектов на основе реляционных схем.....	203
Chepok Andrii On simulation of soil plots colonization process by annual plants.....	205
Юсинів Т. В. Проблеми математичного моделювання відкритих систем, що описуються диференціальними рівняннями.....	207
Ярова О. А. Рівняння відновлення в схемі нелінійної апроксимації.....	209

СЕКЦІЯ 10. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗАХИСТ ЕКОНОМЕТРИЧНИХ ДАНИХ. АРИФМЕТИЧНІ ФРАКТАЛИ. ВИПАДКОВІ ПРОЦЕСИ І ПОЛЯ

<i>Працьовитий М. В., Ратушняк С. П.</i> Фрактальні властивості однієї неперервної ніде не монотонної функції, визначеної в термінах Q_2 -зображення.....	211
<i>Розенберг Г. С.</i> Мультифрактальний аналіз видової структури.....	213
<i>Барановський О. М.</i> Аналітичне задання одного класу фрактальних функцій.....	216
<i>Василенко Н. А.</i> Про розподіл значень одного класу фрактальних функцій типу Серпінського.....	217
<i>Василенко Н. М.</i> Фрактальні функції, пов'язані з фібоначчівим зображенням чисел.....	219
<i>Калашнікова Є. І.</i> Деякі властивості функції, породженої розподілом випадкової величини заданої знакододатнім рядом Люрота.....	221
<i>Карвацький Д. М.</i> Геометрія числових рядів та нескінченні згортки Бернуллі, що пов'язані з узагальненими послідовностями Фібоначчі.....	222
<i>Лисенко І. М., Маслова Ю. П.</i> Нова двосимвольна система кодування дійсних чисел, її особливості і застосування.....	223
<i>Skuratovskii Ruslan, Osadchyy Volodymyr, Williams Aled</i> Some approach to key exchange protocol protocol based on non-commutative group.....	228
<i>Skuratovskii Ruslan, Williams Aled</i> Minimal generating set and structure of a wreath product of groups and the fundamental group of an orbit of Morse function.....	229

СЕКЦІЯ 11. СИСТЕМИ ЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ. ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА УПРАВЛІННЯ

<i>Дубко В. А., Киселев В. Б.</i> О теории инвариантов и ее применения.....	231
<i>Верхман О. А., Жук І. Т., Кисельов В. Б., Огородник С. С.</i> Концепція розбудови енергетики України на базі енергії оточуючого середовища.....	232
<i>Єремєєв І. С., Дичко А. О.</i> Інтелектуальні технології для відкритих еволюційних екосистем.....	234
<i>Єремєєв І. С., Єщенко О. І.</i> Розбудова автономних блоків опалювання - відкрита система, що розвивається.....	236
<i>Зачосова Н. В.</i> Проблемні аспекти управління системою кадрової безпеки ЗВО.....	239
<i>Зубарев С. В.</i> Исторические инварианты в новой хронологии Фоменко- Носовского и золотое сечение в методологии датирования средневековых хронологов.....	241
<i>Кабаков Ю. Б.</i> Навчання та акредитована сертифікація персоналу у сфері систем менеджменту.....	244
<i>Коваленко А. О.</i> Оцінювання кадрової політики у системі управління кадровою безпекою підприємства.....	246
<i>Коваль О. В.</i> Метрики оцінювання стратегічного управління системою економічної безпеки суб'єктів господарювання.....	247
<i>Красников И. И., Киселев В. Б., Огородник С. С., Радько Е.Ф.</i> Информационные взаимодействия как основа для экологически безопасных технологий.....	249
<i>Куценко Д. М.</i> Вади системи забезпечення механізму управління економічною безпекою промислових підприємств.....	252
<i>Лисенко О. І., Явіся В. С.</i> Технічні засоби забезпечення стійкого управління дронами.....	254
<i>Лисенко О. І., Ковбаса А. О., Фуртат О. В.</i> Підхід до потокової обробки даних.....	257
<i>Петрова В. М., Гуйда О. Г., Бондарець Я. Б.</i> Підходи до енергозбереження в мобільних сенсорних мережах.....	258

Петрова В. Н., Осинский А. А., Фуртат С. А. Анализ энергетических характеристик сенсоров в мобильных сенсорных сетях.....	260
Огородник С.С. О возможности построения в Украине разумного общества	262
Огородник С. С., Красников И. И. О программе развития экологического и духовного мировосприятия.....	264
Огородник С. С., Федоров В. Г. Застосування теореми остроградського-гауса в калориметрії.....	266
Скрипка К. І. Формування предметних компетентностей на основі циклу лабораторних робіт з використанням мікроконтролера arduino.....	268
Явіся В. С. Організація високошвидкісного абонентського доступу на основі впровадження технології LTE.....	270
Якорнов Є. А., Цуканов О. Ф. Алгоритм оцінювання параметрів руху квадрокоптерів мобільних сенсорних мереж.....	272

СЕКЦІЯ 12. КОНВЕРГЕНЦІЯ, РОЗУМНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕРЕЖІ

Elena Tsomko Optimized elevator utilization based on image processing.....	275
Mohammed Abdulhakim Al-Absi, Hoon Jae Lee, Autonomous vehicles as safety and security agents in real-life environments.....	279
Mohammed Abdulhakim Al-Absi, Hoon Jae Lee, Comparison between IEEE 802.11a and IEEE 802.11p.....	283
Коркина Е. А., Новожилов Ю. И., Кушанова А. У. Создание сценария для автоматизированной модели базы данных Росреестра.....	286
Нікітенко Є. В. Комп'ютерна система управління мережею кінотеатрів.....	289
Новак Д. С., Мошенський А. О. Розподілена система збору даних рухомих об'єктів.....	292
Бондарчук І. М., Олійник І. М. Використання «хмарних технологій» на тягових підстанціях.....	294
Шматок В. А. Исследование методик проведения анализа защищенности данных в интеллектуальных сетях.....	296

СЕКЦІЯ 13. ФІЛОСОФСЬКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Множинська Р. В. З історії штучного інтелекту.....	299
Бабенко В. И., Киселев В. Б., Красников И. И. Корректировка гомеостаза человеческого организма с помощью информационных взаимодействий.....	300
Семенець О. О. Штучний інтелект у журналістиці: досвід, механізми адаптації, перспективи.....	303
Руденко Л. В., Перепадя Ф. Л. Філософсько-методологічні аспекти сучасних інтелектуальних технологій.....	304

СЕКЦІЯ 14. СУМІЖНІ НАПРЯМКИ

Данькевич Ю. В. Система документаційного забезпечення сучасної установи на місцевому рівні	306
Бортняк В. А. Досвід та практика функціонування фінансового контролю в Україні.....	307
Бортняк К. В. Взаємодія та координація державних органів щодо ефективної протидії легалізації доходів отриманих злочинним шляхом.....	309

Бородай С.П. Еволюція творчого потенціалу зодчого у процесі генерації архітектурної ідеї.....	311
Бондарчук І. М., Корнієнко Н. П. Суміжні напрямки роботи циклової комісії електротехнічного обладнання будівель і споруд.....	313
Булат Є. А., Дзюба С. В., Пічко Р. С. До питання правового регулювання електронної торгівлі аптечних закладів.....	314
Заїкіна О. О. Термінологічні аспекти керування документацією в контексті сучасного управління.....	317
Космина В. Г. Розвиток теорії відкритих еволюційних соціальних систем і методологія історії.....	319
Колотигіна І. А., Кобиліна Ю.М., Головченко М. М. Документна комунікація як складова управлінської діяльності у закладах вищої освіти.....	321
Красников И. И., Огородник С. С. Изучение динамики радиоактивного излучения и способов управления процессом радиоактивного распада.....	323
Лисенко О. І., Валуйський С. В. Підхід до застосування технології SDN для керування мережею БПЛА.....	325
Лысенко А. И., Нидченко И. А., Гуйда А.Г. Информатизация процесса управления мини-теплицей.....	328
Петрова В. Н., Сергійчук І. М., Штойко А. А. Алгоритмы маршрутизации для сенсорных сетей с мобильными элементами.....	331
Скрипка А. К. Механізм управління через лідерський потенціал в контексті інноваційного розвитку підприємства.....	333
Хусид Рафаил, Leonid Cheban Электронная научно-издательская деятельность Института прогрессивных исследований.....	334
Хуторний Б. В. Окремі аспекти оптимізації оборонних витрат.....	340
Volodymyr Shypovskiy Artificial intellectual as an effective tool for providing the network protection.....	342
Якорнов Є. А., Цуканов О. Ф. Підхід до визначення взаємного розташування квадрокоптерів.....	343
Явіся В. С., Явіся Д. В. Інформаційне забезпечення систем керування положенням наносупутника.....	345
Orel Olena. The Contribution of London School of Linguistics to the Science of Linguistics.....	348

СЕКЦІЯ 15. СТУДЕНТСЬКІ РОБОТИ

Блохин А. Л., Годз В. Р. Коррелограммы разностей случайного процесса.....	350
Бадіца А. В., Приймак Н.С. Сучасні теорії мотивації праці та адміністративний менеджмент.....	352
Байбара И., Лопатин А.К. Обобщение модели Солоу роста экономики на основе S-функции Вейбула.....	354
Бойко Ю. В., Приймак Н. С. Причини поширення корупційних вчинків та напрямки їх подолання.....	357
Гнідіна В. С., Захарова О. В. Порівняльний аналіз особливостей розвитку національних інноваційних систем країн світу.....	359
Горбатюк І. П., Шмарко Н.С., Проблеми створення іміджу державних органів.....	361
Гром Т. А., Новосьолова О. С. Зарубіжний досвід використання фінансових ресурсів органами місцевого самоврядування.....	363
Гула Л. С., Кудлай В. О. Інформаційна система в роботі приймальної комісії закладу вищої освіти.....	365
Гулько К. В., Захарова О. В. Розвиток світової економіки в умовах пандемії.....	367
Зубко М. А., Каніовська І. Ю. Макроекономічні моделі для прогнозування обсягів продажів автомобілів на ринку України.....	369

Коройд В. Ю., Дашко О. Г. Студентський проект: дослідження руху парашутиста в повітрі.....	371
Кулешов В. В., Семяновський В. М. Сучасні тенденції інтернет-маркетинга.....	373
Лисиця А. В., Нестеренко О. Б. Особливості фінансових пірамід.....	374
Ложкіна А. М., Нестеренко О. Б. Багатофункціональність тригонометрії.....	376
Майструк Ю. В., Семяновський В.М. Web-орієнтовані систем дистанційного навчання.....	379
Матвеева М. С., Семяновський В. Н. Моделирование динамики работы кабинета диагностики.....	380
Мишакова В. О., Гудзь П. В. Регіональні особливості формування іміджу державної податкової служби.....	384
Нерушко Д. І., Нестеренко О. Б. Визначення типу виробництва на промисловому підприємстві.....	386
Постоєнко М. О., Дубко В.О. Зауваження щодо дослідження на екстремум функції двох змінних.....	388
Серветник О. М., Кадлубович Т. І. Політичний плюралізм як інваріант державотворення.....	389
Смаровайло М.К., Кудлай В. О. Особливості розвитку технологій опрацювання документів у загальному відділі Маріупольського державного університету.....	390
Смірнов С. С., Каніовська І. Ю. Порівняльний аналіз нейронних мереж та їх ансамблів для задачі класифікації міських звуків.....	392
Соловійова Ю. І., Гурський В. Є. Комунікація, як ефективний інформаційний процес в роботі поліції з громадянами.....	394
Тихоненко Д., Лопатин А.К. Обобщение модели Солоу роста экономики на основе S-функции Джонсона.....	395
Холод Д. В., Кудлай В. О. Інформаційно-пошукові системи в бібліотеці.....	398
Bivalkevich Elizaveta, Oksana Lagoda String problems and fibonacci numbers.....	400
Huchkova Victoria, Oksana Lagoda Fibonacci numbers.....	401
Murdza Anna, Oksana Lagoda The simplest properties of the golden ratio.....	404
Prokopchuk Danil, Oksana Lagoda, The golden ratio and fibonacci numbers.....	405
РЕЗОЛЮЦІЯ	408
РЕЗОЛЮЦІЯ	410
RESOLUTION	412
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	414

ВСТУПНЕ СЛОВО

Шановні гості, колеги, учасники конференції!

Сьогодні ми розпочинаємо нашу конференцію в умовах карантину. Ми вступили в період великих змін технічного прогресу. Світ, в якому ми зараз живемо, суттєво змінився. Усі процеси набули глобального характеру. Відповідно набули всесвітнього масштабу і протиріччя. Будь-які навіть незначні зміни можуть суттєво вплинути на розвиток усієї світової спільноти. Ці явища обумовлюються економічними, релігійними, демографічними та іншими причинами і потребують спеціальних досліджень.

Освічена людина це людина, яка вміє орієнтуватись у цьому мінливому світі, раціоналізувати рівень своїх потреб.

Використання нових технологій на виробництві та у суспільстві зараз пов'язують з розумінням того факту, що будь-яка система є елементом більш складної системи, тобто відкритою. Людство може зберегтись в нових умовах лише вивчаючи і використовуючи закони еволюції великих відкритих систем. Стабільність таких систем забезпечується сильною кореляцією між її складовими, що приводить до принципів самоорганізації, які забезпечують збереження визначальних, життєво важливих показників - інваріантів. До цих інваріантів відноситься, і є визначальною для Нації, культурна складова.

На 40-й сесії Генеральної конференції ЮНЕСКО, яка відбулася у листопаді минулого 2019 року, з метою привернення уваги світового суспільства до ключової ролі математики в житті людей для розуміння найвпливовіших соціальних проблем і задач планетарного масштабу, було вирішено щорічно 14 березня святкувати Міжнародний день математики. Таке рішення було підтримано чисельними міжнародними організаціями, в тому числі Міжнародним математичним союзом, Президією Національної академії наук України), а також - керівництвом МОН України.

Президент України Володимир Зеленський в своєму відеозверненні від 2 грудня 2019 року запропонував оголосити 2020 рік роком Математики в Україні (відповідний указ Президента України - **Про оголошення 2020/2021 навчального року Роком математичної освіти в Україні** був підписаний Володимиром Зеленським 30 грудня 2019 року).

Про те, наскільки важливими для **сталого розвитку суспільства** є результати математичного моделювання і комп'ютерно-математичного прогнозу, нині громадяни всіх країн світу мали можливість пересвідчитись під час карантинних заходів, які були запроваджені урядами більшості країн – Китаю, країн Європейського Союзу, Сполучених Штатів Америки, Канади та інших, включаючи і країни, установи яких є співорганізаторами нашої поважної конференції **«Відкриті еволюційні системи»**. Саме на результати комп'ютерно-математичного прогнозу розвитку пандемії мають спиратись урядовці, плануючі специфічні для кожної країни етапи по виходу суспільств з цьогорічної медичної і суспільно-економічної кризи.

Всесвітньо відомий наш співвітчизник вчений Володимир Іванович Вернадський, ім'я якого з честю носить Таврійський Національний університет, розробляючи основи наукового вчення про ноосферу Землі, спирався на глибокі філософські і природничі фундаментальні знання, які він набув в університеті і завдяки наполегливій самоосвіті. Саме таке відношення до знань і до неперервного творчого навчання ми виховуємо у наших студентів. Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського – це виш, який нині все ще перебуває в стані динамічного розвитку. Гуманітарні та суспільно-економічні напрямки в нашому університеті вже відповідають світовим освітнім стандартам, на часі – посилити природничі відділення нашого університету. Тому викладачі і керівництво університету сприймаємо участь у цій поважній **П'ятій Міжнародній науково-практичній конференції «Відкриті еволюційні системи»** як слушну нагоду обмінятися з колегами - науковцями і професорсько-викладацьким персоналом вітчизняних

і закордонних університетів, - досвідом створення і успішної діяльності кафедр і факультетів математичного, комп'ютерного і природничо-біологічного спрямування, аби використати набутий Вами, шановні колеги, досвід і щоб прислухатися до ваших порад, якими ми скористаємося в 2020/2021 навчальному році, при започаткуванні в нашому університеті сучасного фізико-математичного напрямку, спираючись на рішення МОН України і Указ Президента Володимира Зеленського про оголошення 2020 року Роком Математики в Україні.

Ми зібрались тут, люди різних спеціальностей, поглядів, щоб почати відшукувати спільні закони відкритих систем довільної природи, перш за все з метою їх застосування для прогнозу шляхів некатастрофічного розвитку людства.

Бажаю успіхів і отримання вагомих результатів нашої конференції!

Володимир Казарін.

СЕКЦІЯ 1. ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОСВІТИ. ДУАЛЬНА СИСТЕМА ОСВІТИ. ЕКОЛОГІЧНА ПРОСВІТА

КЕРІВНИК СЕКЦІЇ: *Казарін Володимир Павлович*

Распопов Віктор Борисович

УДК 159.928

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ К ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АКАДЕМИЧЕСКИ ОДАРЕННЫХ УЧАЩИХСЯ И СТУДЕНТОВ

Распопов В.Б., к.ф.-м.н., доцент

Научно-учебный центр прикладной информатики НАН Украины

Введение. Цель доклада – познакомить участников конференции с украинским опытом непрерывной подготовки талантливой учащейся и студенческой молодежи к научно-исследовательской деятельности. Изложенное иллюстрируется на примерах подготовки исследователей в сфере программирования, информационных технологий и компьютерно-математического моделирования. Автор надеется, что доклад поспособствует установлению творческих контактов между исследователями, преподавателями, студентами и аспирантами отечественных и зарубежных научно-учебных центров и университетов, поможет коллегам определиться с возможной тематикой международных научных проектов, к совместному выполнению которых мы сможем привлекать академически одаренную студенческую молодежь вузов и научно-учебных центров, в которых работаем.

О ставших хроническими современных проблемах подготовки научной смены. В доперестроечные времена академическая наука была частью целостного научно-производственного комплекса СССР. Новые естественнонаучные знания и технологии генерировались исследователями в академических НИИ, оттачивались на практике в ОКБ научно-производственных предприятий и отраслевых НИИ, а затем планомерно внедрялись «в серию» на фабриках и заводах единого народно-хозяйственного и оборонного комплекса нашей большой страны. В доперестроечной Украине, при планомерном ведении экономики, пополнение отраслевых и академических НИИ способной к научно-техническому творчеству талантливой молодежью было заботой государства; для продолжения учебы в аспирантуре или на исследовательскую работу в НИИ рекомендовались лучшие выпускники вузов, обладатели так называемых «красных» дипломов. Распределиться после вуза на исследовательскую работу в академическое НИИ считалось для молодого специалиста большой удачей, - в те годы профессия ученого была уважаемой.

Чтобы укрепить престижности науки в обществе и стимулировать труд ученых, в независимой Украине в 1991 году был принят Закон “О научной и научно-технической деятельности». Статья 48 этого Закона гарантирует, что “Государство обеспечивает бюджетное финансирование научной и научно-технической деятельности в размере не менее 1,7 процента ВВП Украины” [1]. Заметим, кстати, что в технологически развитых странах ЕС, которые ныне служат примером для Украины, этот показатель даже выше, - составляет не менее 2-3-х процентов ВВП. В ст. 36 Закона сказано: «Государство гарантирует установление ставок (окладов) научным сотрудникам государственных научных учреждений (высших учебных заведений), исходя из расчета должностного оклада младшего научного сотрудника на уровне не ниже удвоенной средней зарплаты в промышленности в целом по Украине». Однако уже по прошествии всего нескольких лет оказалось, что власти Украины хронически экономят на науке, финансируя НИИ и НИСы вузов «по остаточному принципу», причем тенденция недофинансирования науки с

каждым годом только усугублялась. Ныне ученые в Украине, как и в иных постсоветских странах СНГ, по сути, бедствуют: труд ученого оплачивается из бюджета государства по остаточному принципу. Олигархи, прибавившие к своим рукам общенародную собственность, по факту, также не проявляют заинтересованности в финансировании отечественной науки. За последние 5 лет расходы украинского государства на научные цели сократились до критического минимума. Например, в 2019 году доля финансирования академической науки в Украине составила всего лишь 0,17% ВВП, что в 10 раз меньше (!!!), чем это гарантирует Ст. 48 базового закона о науке. Согласно статистическим данным за июль 2019 года, удвоенная заработная плата в промышленности Украины составила 24586 грн. (это примерно \$1000), а средний должностной оклад м.н.с. – 5898 грн. То есть разрыв между декларацией Ст. 36 Закона Украины [1] и реальным положением дел в оплате труда украинской научной молодежи, трудоустроенной в НИИ НАН Украины, ныне в 4 раза хуже, чем должно бы быть по законодательству! Многолетнее недофинансирование не могло не сказаться на техническом оснащении научных лабораторий. За истекшие 30 лет независимости Украины экспериментальное оборудование НИИ уже изнашивается и морально устарело, в сравнение с зарубежным. Из-за отсутствия в НИИ должных финансов на научные командировки затруднен доступ ученых - в особенности, научной молодежи, - на отечественные и международные конференции. На нищенском уровне оказались зарплаты молодых ученых, скромнее жить стали семьи профессиональных исследователей старшего поколения, и как итог, в обществе снизилась престижность научно-исследовательской труда. Такое состояние дел с хроническим недофинансированием академической науки в итоге породило проблему «омоложения» научных кадров отечественных НИИ и вузов. Академически одаренная молодежь, призеры олимпиад и научно-технических конкурсов, в честолюбивых мечтах связывают свое будущее с успешной научной карьерой в зарубежных научных центрах и университетах. Нынешняя «зеленая команда» госреформаторов решительно взяла курс на построение в стране так называемой «либеральной» модели рыночной экономики. Как предстоящая волна массовой приватизации госсобственности скажется на состоянии академической науки, а также - на системе подготовки молодых научно-педагогических кадров для вузов и для отраслевых НИИ, полагаю, спрогнозировать совсем не сложно, проводя аналогию с очевидными ныне последствиями массовой – девяностых годов XX ст., - приватизации госсобственности [2]. Будем считать, что тему «Кто виноват?» мы обсудили; озадачимся вопросом «Что же делать?». Вспомним популярный слоган: «Спасение утопающих – дело рук самих утопающих!» (О.Бендер, ☺).

Сложившаяся в Украине в 1960-2020 г.г. непрерывная система профориентации и предпрофессионального обучения старшеклассников и академически одаренных студентов, увлеченных научно-техническим творчеством ранее обсуждалась автором - на предыдущей IV Международной научно-практической конференции «Открытые эволюционирующие системы» (2016 г.), - см. стр. 9-20 [3]. Однако утверждать о создании в стране целостной, самовоспроизводящейся системы подготовки молодых научных кадров пока преждевременно: особое беспокойство вызывает то, что при переходе общества к модели «либеральной экономики», за которую ратует нынешняя команда Президента Украины В. Зеленского, остается не ясной роль государства в поддержке науки. Надеемся, что в рамках текущей конференции коллеги поделятся с нами известным им зарубежным опытом государственной поддержки научных учреждений.

На примере функционирования МАН (<http://www.man.gov.ua>) - *Малой академии наук Украины*, - получим представление о том, как на практике в Украине реализуются ранняя профориентация увлеченных компьютерным творчеством старшеклассников, будущих программистов-кибернетиков, как осуществляется их предпрофессиональное обучение, как организован конкурсный отбор призеров МАН, лидеров школьных предметных олимпиад, с целью их дальнейшего обучения в специализированных бакалавратурах профильных вузов, а затем - и в научной магистратуре *Киевского*

академического университета (<https://kau.org.ua/>). В помощь тем академически одаренным студентам, которые помимо успешной учебы в бакалавратуре находят время и для продолжения исследований, начатых ими в МАН, а также помогают преподавателям в их исследовательской работе, коллектив Научно-учебного центра прикладной информатики НАН Украины, - с 2011 года и по настоящее время, - оказывает экспертную поддержку организаторам Всеукраинских и Международных студенческих научно-практических конференций. Такие интернет-конференции, под эгидой ВГО «Нова освіта» и на партнерской основе с нами, регулярно организует и проводит «Институт инновационного образования» (см. сайт: <https://novaosvita.com/>). Научные и научно-методические публикации в тематических сборниках конференций «Нова освіта», наряду с сертификатами призеров всеукраинских и международных студенческих олимпиад, подкрепленные высокими оценками в зачетной книжке бакалавра и достойными результатами вступительных экзаменов, засчитываются при конкурсном зачислении в магистратуру КАУ выпускников из бакалавратур партнерских вузов. В обучении студентов КАУ по общеакадемическим дисциплинам задействованы уже действующие в НАН Украины учебные центры, в которых обучаются и сдают кандидатские экзамены аспиранты, планомерно повышают ИКТ-квалификацию научные сотрудники НИИ в Научно-учебном центре прикладной информатики НАН Украины (<http://www.nucpi.nas.gov.ua/>).

Плановая учебная деятельность в НУЦ ПИ НАН Украины. В 1987 году в Кибернетическом центре Киева был создан Научно-учебный центр прикладной информатики НАН Украины. В те годы старшее поколение исследователей из различных по профилю НИИ НАН Украины, ранее не изучавшее информатику в вузе, остро нуждалось в повышении ИКТ-квалификации. Вспомним слоганы, популярные в 30-х годы XX ст - в годы первых пятилеток СССР.: «*Техника решает все!*» и «*Люди, овладевшие техникой, решают все!*». Аналогичные слоганы, на этот раз применительно к микропроцессорной технике, стали актуальными в 1987 году. Микропроцессоры и ПК повсеместно встраивались в научное оборудование тех лет, компьютерно-математические методы автоматизированной обработки экспериментальных данных начали применяться и в научных лабораториях НИИ НАН Украины. В те годы в Украине, по инициативе президента НАН Украины академика Бориса Евгеньевича Патона, для соискателей ученых степеней был учрежден кандидатский экзамен по информатике (причем, это требование касалось соискателей всех без исключения специальностей). Помощь исследователям в изучении ОИВТ, квалифицированная подготовка соискателей к сдаче кандидатского экзамена по ОИВТ, прием кандидатских экзаменов по ОИВТ, - все эти функции были возложены на сотрудников нашего Центра.

Само собой разумеется, что содержание учебного курса «ОИВТ для исследователей», который преподавался у нас в Центре, неоднократно модернизировалось. Нужно было поспевать за новинками микропроцессорной техники, используемой в научных лабораториях НИИ, соответствовать все возрастающим интеллектуальным возможностям поколений компьютеров, постоянному обновлению программного обеспечения к ним.

За истекшие годы профессорско-преподавательским коллективом Центра была разработана соответствующая справочная и учебно-методическая литература, нужная исследователям, инженерам, экономистам. Например, доценты И.И. Ткачев и В.Г. Сибирцев – авторы книги «*Бейсик для персональных ЭВМ. Справочное пособие*» (1992). Доцент Минько А.А. - автор учебных пособий: «*Статистический анализ в MS Excel*» (2004), «*Финансовая арифметика*» (2006), «*Прогнозирование в бизнесе с помощью Excel*» (2007), «*Статистика в бизнесе*» (2008), «*Функции в Excel: Справочник пользователя*» (2007), «*Принятие решений с помощью Excel*» (2007), «*Сводные таблицы и диаграммы в Excel*» (2009), «*Сучасний аналіз даних в Excel для науковців*» (2016, 2017, 2018). Последняя из названных книг ориентирована на дистанционную, дуальную форму обучения и на самообучение, пользуется заслуженным успехом у читателей сети. Профессор Дубко В.А.

– автор учебно-методического пособия «*Стохастические дифференциальные уравнения. Избранные разделы*», содержание пособия выверено длительной практикой преподавания в вузах (2012, изд-во К.: Логос,– Режим доступа: URL: <https://ru.calameo.com/books/003168372374fa86544f4>). Доцент Распопов В.Б. и аспирант Манжула А.М. разработали учебные пособия «*Медиа дидактика: методы создания учебной презентации*» (2011) и другие. Инженер-исследователь Зеленица А.М. создал электронное учебное пособие по Wolfram Mathematica (выпущено на русском и на украинском языках, 2016). Доцент Семяновский В.Н. – автор учебного пособия «*Методи соціально-економічного прогнозування*» (2011); пособие используется для обучения аспирантов-экономистов НИИ НАН Украины. Ряд перечисленных выше учебных пособий были изданы центральными издательствами Украины и России, оцифрованы и размещены нами на популярном международном портале электронных публикаций CALAMEO (см.: <https://ru.calameo.com/>).

В последние годы в Центре были разработаны и преподаются спецкурсы, ориентированные на углубленное изучение специализированных инструментальных научных программ. Повышенным спросом у исследователей-«теоретиков» пользуется спецкурс по изучению возможностей программы Wolfram Mathematica; эта инструментальная система позволяет выполнять компьютерно-математическое моделирование изучаемого процесса или явления, природного или социального. Исследователи-«естествоиспытатели» предпочитают на курсах в Центре изучить инструментальные возможности программной системы Origin; эта система ориентирована на визуализацию и на статистическую обработку числовых экспериментальных данных; также ее можно с успехом применить в экономике, - для целей регрессионного анализа и прогнозирования. Многие научные сотрудники НИИ желают изучать на курсах современные технологии WEB-дизайна, сайтостроение, инструментальные системы и языки программирования. Например, инженеры-исследователи, автоматизирующие лабораторное экспериментальное оборудование, изучают языки Java, C++ и иные инструментальные системы программирования. С полным перечнем спецкурсов и учебных программ можно ознакомиться на сайте Центра, - в разделе «Діяльність центру» => «Навчальна діяльність».

Академически одаренные студенты, обучающиеся в магистратуре КАУ, приглашаются к нам в Центр на курсовую и преддипломную практику, их мы зачисляем в штат сотрудников Центра - на работу по совместительству (на инженерные должности). Они участвуют в выполнении научных исследований Центра. Первые творческие задания, которые мы даем нашим молодым сотрудникам из числа академически одаренных студентов-практикантов магистратуры, обычно связаны с разработкой компьютерного учебно-методического обеспечения, которое может найти применение в учебной деятельности нашего Центра или связано с практическими потребностями НУЦПИ, НИИ НАН Украины. В докладе приводятся примеры дипломных работ успешных студентов-практикантов в период их научно-практической стажировки или работы в Центре, которые уже опубликованы в научных изданиях. Авторы этих работ сформировались у нас как перспективные молодые ученые. Они получили первое оплачиваемое место научной работы в НУЦПИ НАН Украины, тем самым утвердились в своем профессиональном выборе. Ныне, по различным причинам, – либо в силу семейных обстоятельств, или из-за низкого уровня заработной платы в НИИ НАН Украины, или же по причине открывшихся им новым карьерным возможностям за рубежом, - они уже покинули Украину... Все удачно трудоустроились в известных зарубежных исследовательских центрах, университетах, инновационных компьютерных фирмах. Однако творческие контакты с нами и с коллегами из Кибернетического центра они сохраняют!

Полный текст данного доклада размещен в сети, - см. URL: <https://ru.calameo.com/read/003168372209136b651b0>

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «О научной и научно-технической деятельности». – Режим доступа: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19>
2. «Самая большая угроза! Тимошенко призвала запретить приватизацию стратегических объектов». – Газ. «Обозреватель», 28 октября 2019 г. – Режим доступа: URL: <https://www.obozrevatel.com/politics/samaya-bolshaya-ugroza-timoshenko-prizvala-zapretit-privatizatsiyu-strategicheskikh-obektov.htm>
3. Распопов В.Б. Тридцать три года служения идее МАН. - IV Міжнародна науково-практична конференція "Відкриті еволюційні системи" (20-21 травня 2016 року): Збірник праць: Частина 1. – Ніжин: ВНЗ ВП НУБіП України НАІ. - 2016. - 290 с. - С.: 9-20. <https://ru.calameo.com/read/00316837226e019643991>

УДК 910.2

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЭКОЛОГО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ «УНИКАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ: ПЕЩЕРА «ОХОТНИЧЬЯ»

Вилор М.А., ведущий инженер;

Гладков А.А., к.г.-м.н., старший методист

*Институт земной коры СО РАН, ГАУ ДО ИО «Центр развития дополнительного
образования детей»*

Данный проект является продолжением проекта «Уникальная лаборатория: Пещера «Охотничья», поддержанного Федеральным агентством по делам молодежи в рамках Всероссийского конкурса среди физических лиц в 2019 году. К отчетному сроку (2 квартал 2020 года) все запланированные результаты реализации этого проекта будут выполнены и контрольные показатели достигнуты.

Пещеры естественного происхождения в настоящее время являются чрезвычайно востребованными в туристическом плане рекреационными объектами. Одним из таких объектов в пределах Байкальской природной территории является пещера «Охотничья им. Сеньковской Н.Б.», расположенная на территории Прибайкальского национального парка в отрогах Приморского хребта.

В пещере обитают представители отряда рукокрылых, включая редкие виды. Пещера частично обводнена, имеет скопления грунтовых карстовых вод, имеющих огромное значение для ее полноценного развития.

Сотни посетителей пещеры «Охотничья им. Сеньковской Н.Б.» оставляют после себя мусор, разлагающиеся пищевые отходы, экскременты; затаптывают напольные минеральные покровы залов и ходов пещер, загрязняют и разрушают минеральное убранство подземных «дворцов». Многие из посетителей не знакомы с элементарными правилами поведения в пещерах и не представляют вреда, который наносят пещерам.

Неконтролируемое посещение туристами приводит к деградации экосистемы, поэтому необходим постоянный мониторинг и защита от негативных антропогенных воздействий. Само вмешательство в экологическую систему пещеры предполагает ее изменение, но вопрос состоит в степени влияния этого антропогенного вмешательства и его последствий для хрупкой системы пещеры.

Организация системных, долговременных наблюдений за физико-географической средой карстовой полости как за сложной, многогранной динамической системой, является необходимым условием при организации экологического мониторинга пещер, что подтверждается мировым опытом исследований в таких всемирно известных пещерах как Мамонтова-Флинт-Ридж, Карлсбадская в США.

Цель проекта - развитие научно-исследовательской площадки для вовлечения активной экологически настроенной молодёжи в научные экспедиции и экологические акции в пещеру «Охотничья им. Сеньковской Н.Б.» с целью её сохранения и присвоения статуса уникального природного рекреационного объекта на особо охраняемой природной территории.

Задачи проекта:

- Привлечение активной патристически настроенной молодёжи для участия в научных и экологических экспедициях и безопасного спелеотуризма;
- Формирование экологического мышления у молодёжи и экологическое просвещение;
- Создание рабочей группы для организации экспедиций и проведения исследований;
- Организация и проведение научно-исследовательских работ с целью оценки и мониторинга антропогенного воздействия на экосистемы пещеры по различным компонентам окружающей среды;
- Организация и проведение экологических акций по санитарной очистке пещеры «Охотничья им. Сеньковской Н.Б.», отмывке минералов, ограждению уникальных и уязвимых мест, установке природоохранных табличек и аншлагов;
- Изготовление буклета – путеводителя с указанием информации о пещере, правил поведения и техники безопасности по разделам: пещера и ее обитатели, ценность и уязвимость подземного мира, техника безопасности и правила поведения. Буклет будет раздаваться в клубах спелеологов группам, планирующим посещение пещер, использоваться как учебное пособие при подготовке волонтеров;
- Доработка открытого геопортала и виртуального тура по пещере (доступных любому пользователю в сети Интернет, включающих разнородную информацию – интерактивные цифровые карты, текстовое описание, графические и иллюстрационные материалы, комментарии специалистов, публикации, связанные с исследуемым объектом и т.д.).

Основными целевыми группами проекта являются представители молодёжи с активной жизненной позицией, волонтеры, любители экологического и научного туризма и научные сотрудники.

Проект направлен на организацию и проведение комплексных научных и научно-популярных мероприятий в пещере «Охотничья им. Сеньковской Н.Б.» с привлечением активной молодёжи, которые позволят в полной мере оценить текущее экологическое состояние пещеры и получить новые сведения о пещере как одном из крупнейших природных подземных карстовых объектов Байкальской Природной Территории.

В 2019 году на форуме «Байкал» от министерства по молодёжной политике Иркутской области получены грантовые средства на реализацию проекта «Уникальная лаборатория: Пещера Охотничья». Полученные средства были направлены на закупку лазерного дальномера Leica DistoX 310, предназначенного для цифровой топосъёмки пещеры.

13-14 апреля была организована экспедиция в пещеру «Охотничья им. Сеньковской Н.Б.» с привлечением студентов ИГУ и ИРНИТУ. Цель экспедиции – цифровая топосъёмка основного хода центральной системы пещеры. Полученные данные топосъёмки интерпретированы в 3D-модель, которая стала основой для виртуального тура по пещере.

С июня 2019 по апрель 2020 гг. командой проекта были организованы научно-исследовательские экспедиции по оценке антропогенного воздействия и экологическому мониторингу пещеры «Охотничья им. Сеньковской Н.Б.» с участием волонтеров, школьников, студентов ИГУ и ИРНИТУ, молодых ученых академических организаций.

В экспедициях была собрана информация, которая легла в основу разработки тематического геопортала с размещением виртуального тура по пещере. В разработке

виртуального тура активно участвовали обучающиеся Детского технопарка «Кванториум Байкал» ГАУ ДО ИО «Центр развития дополнительного образования детей».

Информационную и медиаподдержку проекту оказывают и будут оказывать Молодёжный клуб Русского Географического Общества, Комиссия по экологии и охране пещер Российского Союза Спелеологов, Объединённый совет научной молодёжи Иркутского Научного Центра, Библиотека им. И.И. Молчанова-Сибирского, Научно-туристическая секция «СпелеоМИР», детский технопарк «Кванториум Байкал» ГАУ ДО ИО «Центр развития дополнительного образования детей».

Информационные промежуточные и итоговые отчеты будут размещены на различных площадках и веб-ресурсах, включая социальные сети (ВКонтакте, Facebook, Instagram, YouTube).

Результаты реализации проекта станут основой для обоснования рациональной рекреационной политики ФГБУ «Заповедное Прибайкалье» по отношению к данному объекту, что позволит регулировать туристический поток и сохранить этот уникальный во всех смыслах природный объект в долгосрочной перспективе.

УДК 575.8:004

ПРИРОДНЫЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ВИРУСЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БИОНИКИ

Дромашко С.Е., д.б.н., профессор

*Институт подготовки научных кадров Национальной академии наук Беларуси,
заведующий кафедрой*

Бионика – прикладная наука, которая изучает формы живого в природе и их промышленные аналоги с целью научного и практического применения. Так, человекоподобные роботы взяли на себя ряд производственных и бытовых функций человека, а последние китайские и японские модели и внешне трудно отличить от людей. Исследование искусственного интеллекта дало новые знания о механизмах человеческого мышления. В этом ряду находятся и компьютерные вирусы – их разработчики фактически создали цифровых нанороботов. В магистратуре для биологов Института подготовки научных кадров НАН Беларуси сходство и различие природных и компьютерных вирусов рассматриваются в курсе «Структурно-функциональная организация геномов».

Природные вирусы. Вирусы – это неклеточные инфекционные агенты, которые могут воспроизводиться только внутри живых клеток. Открыты в 1892 г. русским ботаником Д.И.Ивановским как агенты, проходящие через керамический фильтр, задерживающий самые мелкие бактерии [1]. Вирусы являются облигатными генетическими паразитами, не способными размножаться вне клетки и без использования ее генетической системы. В настоящее время известны вирусы растений, животных, грибов и бактерий. Вирусы являются бесклеточными образованиями – это молекулы нуклеиновых кислот (ДНК или РНК), заключенные в защитную белковую оболочку (капсид). Вирусы содержат только один тип нуклеиновой кислоты: либо ДНК, либо РНК.

Вирусные пандемии. Только в XIX–XXI вв. вирусы вызвали ряд пандемий [2]. Так, 1871–1874 гг. ознаменовались «черной» оспой, охватившей Северную Америку, Европу, Россию, – только в европейских странах умерло свыше 26,5 тыс. человек на 1 млн. жителей. 1918–1920 гг. памятли «испанкой», число жертв которой во всем мире по разным оценкам составило 50–100 млн. человек, примерно 0,9–5,3% населения Земли. В 1968–1969 гг. от «гонконгского» гриппа погибло около 1 млн. человек, из них 100 тыс. в США. Ну и COVID-19: на утро 4 мая 2020 г. количество зараженных в мире превысило 3,5 млн. человек, скончалось около 247,5 тыс. больных.

Компьютерные вирусы. Компьютерные вирусы – это разновидность вредоносных программ, способных к размножению (саморепликации) [3]. Они могут также повреждать или полностью уничтожать данные, подконтрольные пользователю, от имени которого была запущена зараженная программа. Иногда к компьютерным вирусам причисляют все вредоносные программы, такие как троянские кони, программы-шпионы. До недавнего времени считалось, что, будучи программой, вирус может заразить только программу – любое изменение НЕпрограммы является не заражением, а просто повреждением данных. Однако появились вирусы, использующие уязвимости в популярном программном обеспечении (например, Adobe Photoshop, Internet Explorer, Outlook), обрабатывающем такие данные как картинки, тексты и т.д.

Компьютерные эпидемии [4]. В 1981 г. был создан вирус Elk Cloner, который впервые вызвал неконтролируемую «эпидемию». Он заражал магнитные дискеты и в отдельных случаях мог их также повредить. В 1989 г. широкую известность получили вирусы DATACRIME, которые начиная с 12 октября разрушали файловую систему, а до того просто размножались. Эта серия вирусов начала распространяться в Нидерландах, США и Японии и к сентябрю 1989 г. поразила около 100 тысяч ПЭВМ только в Нидерландах (около 10 % от их общего количества в стране). В июне 1997 г. началась эпидемия вируса Win95.CIH, ставшая самой разрушительной за все предшествующие годы. Вирус заражал компьютеры с ОС Windows 95 и 98, срабатывая каждый год 26 апреля, в годовщину катастрофы на Чернобыльской АЭС. Вирус уничтожал информацию на дисках и перезаписывал Flash BIOS, что в некоторых случаях заставляло пользователей заменять микросхему памяти или даже материнскую плату. Заражению подверглись более 60 млн. компьютеров по всему миру, ущерб превысил \$1 млрд. В сентябре 2010 г. вирус Stuxnet поразил компьютеры сотрудников АЭС в Бушере (Иран) и создал проблемы в функционировании центрифуг комплекса по обогащению урана в Натанзе. По мнению экспертов, это был первый вирус-кибероружие. 12 мая 2017 г. значительное число компьютеров с ОС Windows подверглось атаке вируса-вымогателя WannaCry, который шифровал файлы пользователя так, чтобы их нельзя было использовать без оплаты \$600 в криптовалюте биткойн. Всего было заражено до 300 тыс. компьютеров по меньшей мере в 150 странах мира. Ущерб превысил \$1 млрд.

Можно ли сравнить природные и компьютерные вирусы? Компьютерные вирусы схожи с природными и по названию, и по образу действия, хотя имеются существенные отличия, прежде всего по материальному субстрату, ареалу обитания и характеру кодирования информации [5].

Компьютерные вирусы подобны вирусам природным, среди которых существуют и патогенные, смертельные для клетки-хозяина, и латентные, не сразу убивающие ее. Такие «умеренные» компьютерные вирусы могут не только уничтожить содержимое жестких дисков зараженного компьютера, но способны, перехватывая управление, посылать информацию о содержимом жестких дисков «жертвы», либо рассылают свои копии с помощью почтовых систем. В этом они также похожи на природные вирусы, часть которых использует подчиненные им клетки как «фабрики» по производству новых вирусных частиц. Говоря биологическим языком, и те и другие используют обе стратегии паразитизма – или тотальное уничтожение своей жертвы, вплоть до собственной гибели, или умеренное долговременное использование своей «кормовой базы». Можно сказать, что программисты скопировали у вирусов принципы информационного порабощения клетки-жертвы и перенесли их на компьютерные информационные системы. Правда, природные вирусы эволюционировали самопроизвольно совместно со своими хозяевами, а эволюция компьютерных вирусов – это результат целенаправленной работы их создателей-программистов.

Если говорить о методах и средствах борьбы с вирусами, то они весьма схожи. Это и профилактика (соблюдение личной и санитарной гигиены, вакцинация), и лечение с помощью противовирусных препаратов (антивирусных программ). Различие в одном:

борьба с природными вирусами – это противостояние человека и природы, тогда как борьба с компьютерными вирусами – это пока еще, к счастью, только состязание человеческих разумов.

Таким образом, можно сделать вывод, что у компьютерных вирусов есть много общего с вирусами природными. Фактически компьютерные вирусы – это первая вполне удачная попытка создать искусственную жизнь. Именно жизнь, поскольку компьютерным вирусам присущи все атрибуты живого: способность к размножению, приспособляемости к среде, движению и т.д. (естественно, только в пределах компьютеров, точно так же как все природные вирусы способны существовать в пределах клеток организма). Более того, «эволюция» компьютерных вирусов может привести к еще большим аналогиям с жизнью. Так, уже существуют «двуполые» вирусы (в частности вирус *RMNS*), а примером «многоклеточности» могут служить *макро-вирусы*, состоящие из нескольких независимых макросов. Так что, дав волю фантазии, можно предположить, что и искусственный интеллект появится не по воле человека, под его управлением, а в результате эволюции, начатой компьютерными вирусами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гапон, Д. (2015). «Фильтрующиеся вирусы» открытие в гранях времени. *Наука и жизнь*, 6, 38–50; 7, 31–41.
2. Википедия. (2020). *Пандемия*. Получено 4 мая 2020, из <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пандемия>
3. Cohen, F. (1987). Computer Viruses – Theory and Experiments. *Computers & Security*, 6, 22–35.
4. ТАСС. (2017). *Самые масштабные и значимые атаки компьютерных вирусов в мире. Досье*. Получено 5 мая 2020, из <https://tass.ru/info/4248876>
5. Дромашко, С.Е. (2013). Вирусы природные и компьютерные: сходство и различия. *Біологія і хімія*, 6, 45–51.

УДК 575.113:504.06

ИЗУЧЕНИЕ И ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ В БЕЛАРУСИ

Дромашко С.Е., д.б.н., профессор

*Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси,
главный научный сотрудник*

Балашенко Н.А., магистр

*Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси,
младший научный сотрудник*

Согласно оценкам ЮНЕП биологическое разнообразие на Земле – это около 2 млн. известных и порядка 8 млн. реально существующих, но пока еще не описанных наукой видов. Теоретическая скорость исчезновения видов должна составлять 4 вида в год, тогда как сегодня скорость исчезновения видов превышает естественный ход эволюции в среднем в 5000 раз! Это может привести к тому, что половина описанных видов наземных организмов может исчезнуть в ближайшие 50 лет, а половина всех видов – за 200 лет.

Международные соглашения по биоразнообразию. Важность сохранения и рационального использования разнообразия биологических ресурсов отражается в ряде международных соглашений, в том числе в Конвенции о биологическом разнообразии – международном соглашении, принятом на Всемирном саммите в Рио-де-Жанейро 5 июня 1992 г. и вступившем в силу 29 декабря 1993 г. [1]. В русле одной из целей этой конвенции

29 октября 2010 г. был принят и 12 октября 2014 г. вступил в силу Нагойский протокол регулирования доступа к генетическим ресурсам и совместного использования на справедливой и равной основе выгод от их применения [2]. В Республике Беларусь в соответствии со статьей 13 этого протокола на базе Института генетики и цитологии НАН Беларуси создан Национальный координационный центр по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод (НКЦГР) (<http://abs.igc.by/>) с возложением функции Контрольного пункта мониторинга использования генетических ресурсов.

Сохранение генетического разнообразия. Еще в 2006 г. под эгидой ООН на острове Шпицберген (Норвегия) было организовано так называемое «Хранилище судного дня» – всемирное семеновохранилище 4,5 млн. образцов семян, в которое помещаются для безопасного хранения образцы семян основных сельскохозяйственных растений, существующих в мире. Его задача – не допустить их уничтожения в результате возможных глобальных катастроф, таких как падение астероида, ядерная война или глобальное потепление.

В нашей стране еще в 2000 г. стартовала государственная программа «Генофонд», в рамках которой создан Белорусский генетический банк растений. Основной депозитарий находится в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию, его отделения представлены в учреждениях НАН Беларуси и ВУЗах, специализирующихся на изучении тех или иных культур.

Вопросами сохранения аборигенных пород сельскохозяйственных животных, хорошо адаптированных к местным экологическим условиям, занимается Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству. В центре внимания находится красный белорусский скот, черно-пестрая порода свиней, полесская лошадь, диким предком которой был лесной тарпан. Молекулярно-генетические исследования перечисленных выше пород ведутся в тесном сотрудничестве с Институтом генетики и цитологии НАН Беларуси.

ДНК-штрихкодирование. В последние годы у биологов все большую популярность приобретает метод ДНК-штрихкодирования [3]. Это система быстрой и точной идентификации видов, которая позволяет использовать генетические маркеры – короткую последовательность нуклеотидов вместо всего генома. Эти маркеры отличаются для различных видов: цитохром с-оксидаза I (COI) для животных; хлоропластная матураза K + рибулоза-1,5-бисфосфаткарбоксилат (matK + rbcL) для растений; внутренний транскрибированный спейсер (ITS) для грибов.

Для накопления и использования огромных массивов данных по ДНК-штрихкодированию в Центре геномного биоразнообразия (Канада) разработан облачный информационный ресурс BOLDSystems – Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). По состоянию на конец апреля 2020 г. в нем содержалось 10,9 млн. записей, в том числе о 8,1 млн. разновидностей с ДНК-штрихкодом и 310 тыс. проштрихкодированных видов.

В нашей лаборатории мы сосредоточились на изучении насекомых, входящих в Красную книгу Республики Беларусь – жуков (Coleoptera), бабочек (Lepidoptera) и ручейников (Trichoptera). Выбор объектов исследования обусловлен распространенностью насекомых, а также тем, что в силу антропогенных изменений в экосистемах они страдают одними из первых. Эти исследования проводятся в содружестве с НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам.

Проведено исследование ДНК жуков-бронзовок из подсемейства Cetoniinae [4]. Это подсемейство является таксоном, проведение охранных мероприятий в отношении которого позволяет сохранять комплекс видов, приуроченных к старым широколиственным лесам. На территории нашей страны обитает 13 видов подсемейства Cetoniinae, 6 из которых внесены в Красную книгу Республики Беларусь. Образцы ДНК выделили у представителей 11 видов, секвенирование участка гена COI (цитохром-с-

оксидаза I) провели для двох видів *Oxythyrea funesta* (Poda, 1761) (4 послідовності) і *Protaetia aeruginosa* (Linnaeus, 1767) (3 послідовності). *O.funesta*, не підлягає охороні, тоді як *P.aeruginosa* занесена в Красну книгу Білорусі (IV категорія національного природоохоронного значення), Європейський список охороняємих сапроксильних видів (NT), Красну книгу Росії (II категорія зникаючий вид). В результаті виявлені гаплотипи *O.funesta* і *P.aeruginosa*, які не зустрічаються в популяціях комах європейської частини ареалу.

Для ряду червонокнижних видів ряду Lepidoptera виявлено низьке різноманітність гаплотипів. Так, у бабочки голубоватої бабочки *Lycaena helle* ([Denis et Schiffermuller], 1775), виявлені тільки три гаплотипи, один з них зустрічається приблизно в 95% випадків [5]. Це свідчить про загрозливе становище генетичного різноманітності виду і його залежності від умов навколишнього середовища. Між тим вид включений в Червоні книги Європейських денних бабочок (SPEC 3, категорія – VU), Московської області Росії, Литви, Східної Фінляндії для Карелії, Норвегії, Фінляндії, Швеції і Німеччини. В Білорусі відомі тільки 2 місця проживання: в біологічному заказнику «Оструп» на заході і в Березинському заповіднику на півночі.

Особливий інтерес представляють послідовності ДНК ряду Trichoptera, так як підрахунок видів саме цієї групи активно використовується при біомониторингу. Для ряду видів ручейників ми показали, що ген COI має високу варіабельність для диференціації видів. Виявилось також, що деякі види ручейників, які білоруські дослідники вважають синонімічними, мають нуклеотидні послідовності з серйозними відмінностями згідно з базою даних BOLDSystems [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Конвенція о біологічному різноманітті. (1992). *Конвенція о біологічному різноманітті Текст*. Отримано 6 травня 2020, з <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-ru.pdf>
2. Конвенція о біологічному різноманітті. (2011). *Нагойський протокол регулювання доступу до генетичних ресурсів і спільного використання на справедливій і рівній основі вигод від їх застосування до Конвенції о біологічному різноманітті. Текст*. Отримано 6 травня 2020, з <https://www.cbd.int/abs/nagoya-protocol-ru.pdf>
3. Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L., & de Waard, J.R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. R. Soc. B*, 270(1512), 313–321.
4. Балащенко, Н.А., Семеняк, А.А., Корнілова, А.С., Сенькевич, І.А., Прищепчик, О.В. і Дромашко, С.Е. (2018). Генотипування частини мтДНК представників підсемейства Cetoniinae. *Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. пр.* Київ: Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова, 22, 102–107.
5. Dromashko, S.E., Semianiak, A.A., & Balashenko, N.A. (2019). DNA barcoding in some Belarusian insects. *Biologija*, 65(4), 262–272.

ДОДАТОК

**РОЗШИРЕНІ ТА ДОПОВНЕНІ ТЕКСТИ ДОПОВІДЕЙ
УЧАСНИКІВ П'ЯТОЇ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНО КОНФЕРЕНЦІЇ
«ВІДКРИТІ ЕВОЛЮЦІОНУЮЧІ СИСТЕМИ»
(19-21 травня 2020 року)**

Київ – 2020

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ НАДКЛЕТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЯ¹

Веселовский М.В., к.б.н .

Дубко В.А., д.ф.-м.н.

Введение

Анализируя опыт развития таких базовых дисциплин, как эволюционная биология и биология развития (ее эпигенетический аспект), можно утверждать, что одной из главных теоретических проблем современной биологии является проблема целостности (биологической интеграции) организмов в их индивидуальном и историческом развитии. Сформулированная И.И. Шмальгаузенем, более 50 лет назад, эта проблема, ввиду своей общебиологической значимости и перспектив практического использования результатов, привлекает внимание специалистов различных областей науки. Тем не менее, в силу многогранности названной проблемы и сложности явлений, лежащих в ее основе, имеются весьма значительные пробелы в накопленных экспериментальных и теоретических сведениях [5], [11], [13].

В этом контексте несомненный интерес для исследователей представляет собой теоретико- экспериментальная разработка начальных этапов возникновения надклеточной организации (первичного упорядочения) и, в конечном итоге, многоклеточных. Но использование концептуальной базы существующей синтетической теории эволюции (СТЭ) для описания возникновения новых форм организации живой материи: от возникновения первичного макроскопического порядка до морфогенезов различной степени сложности и типичных Metazoa - наталкивается на существенные трудности [3], [5]. Так, реконструируя гипотетические начальные этапы эволюции многоклеточных (полагая, что их появление является закономерным результатом селектогенеза), трудно представить физическую природу и движущие факторы отбора, приведшего к появлению новых форм организации живого в виде нескольких филогенетических континуумов. Трудно объяснить и сохраняющийся в течении 2-3 млрд. лет весьма значительный разрыв в уровнях сложности между Protozoa и Metazoa.

В качестве иллюстрации подтверждения этого приведем некоторые рассуждения, опираясь на выводы, отображенные в частности в работах [2], [3], [5], [11], [13].

§1. Эмпирические посылки и выводы теории организации многоклеточных образований.

Попытаемся в тезисной форме изложить имеющиеся экспериментальные данные и теоретические выводы, по организации многоклеточных образований, так или иначе интерпретирующие указанные выше феномены.

1.1. Появление многоклеточности, как новой формы организации живого, не является случайным событием, а результат многочисленных и

многообразных "попыток" одноклеточных предков поиска и нахождения некоторого устойчивого фенотипического состояния. Примитивные эукариоты, судя по современным геохронологическим оценкам, существовали уже, по крайней мере, 3,2 млрд. лет тому назад. Примерный возраст многоклеточных эукариот (если понимать под многоклеточностью не просто скопления клеток, а их объединения в функциональные единицы, например, отдельное подцарство примитивных многоклеточных Prometazoa, включающие в себя 4 типа организмов, большая часть которых соответствует паренхимоморфному типу организации (исчисляется 2 млрд. лет) [5], [10].

1.2. Представляется вероятным, что одноклеточная и многоклеточная формы организации обладали сходными генетическими аппаратами и темпами мутагенеза и находились под действием жесткого отбора.

1.3. Сравнение репродуктивных возможностей одно-и многоклеточных при равном исходном количестве биомассы, показывает, что интенсивность мутаций для первых в тысячу миллиардов раз выше, чем у многоклеточных (изменение приведенной цифры на несколько порядков не меняет сути дела). Это, в свою очередь, означает возможность для одноклеточных прохождения того же пути эволюции, которым прошли многоклеточные (за 2 млрд. лет), менее чем за сутки, т.е. достижения колоссальных скоростей филогенетической трансформации и достижения "уровня" сложности, значительно превышающей таковой у многоклеточных.

1.4. Исследования таких общебиологических явлений, как эмбриональные межклеточные взаимодействия, реконструкции или свойства эмбриональных и взрослых тканей Metazoa реконструировать исходные структуры после их полной дезорганизации (диссоциации), регенерационных возможностей тканей и органов; исследования онтогенеза колониальных и примитивных многоклеточных организмов позволило представить в общих чертах ход эволюции многоклеточных в виде следующих этапов: первичный макроскопический порядок (агрегация), образование колониальных форм (вплоть до крупных шарообразных колоний), появление паренхимоморфных форм организации (ткани еще отсутствуют), типичные Metazoa [2], [3], [13].

1.5. Несмотря на впечатляющие успехи экспериментальной биологии и многочисленные теоретические модели, описывающие, как правило, поздние этапы морфогенезов различной степени сложности, механизмы большинства морфогенетических движений не выяснены. При этом вполне понятно, что для их осуществления важны определенные механические и физико-химические свойства клеток и окружающей среды [2], [11]. В большинстве теоретических моделей, описывающих морфогенетические движения, в том числе и элементарные акты надклеточной организации, как правило, используется исходная идея А.Тьюринга о химической основе морфогенеза (так называемые модели диффундирующих морфогенов), а также некоторые положения концепций морфогенетического поля и позиционной информации [6].

Далее нами предпринята попытка, учитывая приведенные данные, дать объяснение элементарным механизмам, лежащим в основе самоорганизации клеточных систем (в основном на феноменологическом уровне описания).

Остановимся, для этого на некоторых моментах теории самоорганизации и устойчивости многоэлементных систем, с целью

выяснения возможности этих теорий для описания наблюдаемых фактов в биоорганизации.

§2. Возможности применения, для объяснения биоорганизации, элементов теории самоорганизации и устойчивости сложных систем.

В основу современных моделей самоорганизации и устойчивости заложены представления теории катастроф, об иерархичности, адаптации, дихотомии и сильной коррелятивности в поведении подсистем сложных систем. Остановимся на каждом из приведенных понятий и представлений.

§2.1. Теория катастроф.

В теории самоорганизующихся систем полагается, что более низкие по иерархическому уровню организации элементы сложной системы выступают как более быстро функционирующие компоненты, т.е. практически мгновенно релаксирующие в область устойчивых состояний при изменении медленных переменных более высокого уровня иерархии, выступающих по отношению к ним, в роли управляющих параметров. Это предположение приводит к тому, что обычно при моделировании явлений смены устойчивых состояний используют положения теории катастроф [17].

В биологических же системах любые изменения (трансформации) не являются катастрофичными, и смена одного состояния (фазы развития) фактически происходит за период, сравнимый со временем существования системы в фило или онтогенезе (адаптациогенез). Причем исходные структуры служат субстратом, постепенно преобразуемым в структуры новой фазы ("морфологические новшества"). Считается, что и большинство структурных генов являются архаичными, а появление кодирующих последовательностей из некодирующих - невозможно: новые белки возникают исключительно путем рекомбинации исходных кодирующих последовательностей или дупликаций. Так что универсальность принципа катастрофичности иллюзорно и следствие некритической канонизации выводов теории Тихоновских систем к реализуемым на практике ситуациям, в связи с ее успешным применением для решения многих задач техники естествознания.[17].

Для сложноорганизованных систем, утверждение о том, что более быстрые компоненты следуют безынерционно за областью устойчивости (нормой реакции) - постулируемое как одно из основных отличительных свойств таких систем не всегда верно. Именно нарушение этого принципа позволяет многоклеточным при смене состояний устойчивости (изменениях параметров внешней среды) плавно преодолевать области неустойчивости (катастрофичности), филетически трансформируясь в новые фазы, либо разрушаясь с существенным временем задержки (этим, по-видимому, можно объяснить геологически длительное существование высших типов организации многоклеточных). Отметим, что данное явление наблюдается и для систем с конечным числом переменных. Суть эффекта заключается в том, что фазовые точки в пространстве быстрых компонент остаются вблизи неустойчивого равновесия цикла конечное время, а затем происходит "срыв" [15], [18]. Приведенные рассуждения и факты теории доказывают, что к

реально эволюционирующим сложноорганизованным системам применим скорее принцип инерционности, а не катастрофичности [5],[11].

§2.2. Адаптация. Множественность устойчивых состояний.

Теперь рассмотрим явления в открытых системах безотносительно к самоорганизации - просто как явления адаптации к изменениям (релаксации после воздействия). Возврат или переход к новому стационарному состоянию системы, при сильном отклонении от равновесия для открытых систем обычно связан с нелинейными эффектами [17], [14]. Но наличие нелинейности приводит к тому, что при одних и тех же параметрах внешней среды (фона, на котором реализуются функции открытых систем) возможно одновременно сосуществование несколько устойчивых состояний. Это хорошо иллюстрируется существованием различных типов одноклеточной и многоклеточной форм организации: Ptozoa, Placozoa, Dicyemida. При этом принципы стабилизации одноклеточных и многоклеточных существенно различны. Для одноклеточных поддержание равновесия с окружающей средой (следования за средой) достигается за счет высокой скорости репродукции и мутагенеза. Этот филогенетический континуум практически безинерционен и мгновенно следует за изменениями параметров внешней среды. Это и позволяет при описании динамики таких биологических систем использовать методы теории катастроф, при резком изменении параметров Среды во временных масштабах, сравнимых с крупными геологическими эпохами. В их же индивидуальном времени, более адекватным будет необходимость учета непрерывности этих процессов. По отношению же к многоклеточным, наиболее адекватным, как указывалось, будет применение представления об инерционности, а не представлений теории катастроф.

§2.3. Иерархичность.

Теперь разберем вопрос о роли представления об иерархичности в теории самоорганизации.

Полагается, что для сложных систем иерархичность характеризуется следующими особенностями:

а) Элиминация (выбрасывание) конечного числа элементов предыдущего уровня, слабо влияет на эволюцию агрегированных переменных, описывающих более высокие уровни;

б) Каждая из подсистем более низкого уровня процессы протекают значительно быстрее (менее инерционны), чем на последующих. То есть их динамика более хаотична;

г) Случайность играет большую роль в динамике подсистем, чем в эволюции макропеременных, характеризующих состояние всей системы.

Пример (см. §3) является моделью сильно взаимодействующих подсистем и его можно рассматривать как контрпример утверждениям пунктов б) и г).

Действительно, $X(t)$ в (5) играет роль макропараметра для любой из подсистем, но случайного. Случайность эта вызвана на макроуровне суммированием пренебрежимо малых, в смысле влияния на каждую конкретную из подсистем, случайных воздействий. Этот же макропараметр

вносит случайность в динамику любой из подсистем. Говорить же о различных скоростях изменения $X(t)$ и $x_i(t)$ в предельных уравнениях нет оснований, в силу схожести уравнения динамики макро- микросистем.

Такие эффекты известны для многочастичных физических систем в точках фазового перехода второго рода [12] (например, аномальное замедление диффузии).

§2.4. Дихотомия.

Дихотомический характер (дивергентный) развития не следует обязательно понимать как явление бифуркации в какой-то момент исторического развития. Важнее то, что в системах, описываемых на основе нелинейных взаимодействий, возможно существование множества устойчивых состояний, и при определенных условиях, (внешних воздействиях) не исключает переходов между этими состояниями - сопряженные сосуществования (см. §2.2).

. §2.5. Коррелятивность

Как следует из теории открытых систем (ОС), т.е. систем, у которых обмен потоками с окружающей средой соизмерим с потоками пластических веществ, энергии, информации внутри этих систем, устойчивость упорядочения (агрегации) достигается за счет существования сильной коррелятивности, в динамике подсистем [4], [17]. Такая корреляция должна устанавливаться за временные интервалы, значительно меньших временных интервалов протекания конкретных биохимических процессов в этих системах. Решение этой проблемы (т.е. объяснение того, как скорость интеграции может быть выше скоростей биохимических реакций) может быть достигнуто за счет предположения о том, что мы имеем дело с эффектами информационной природы, т.е., по сути, с эффектами установившихся отношений между элементами системы в процессе их эволюции. Однако в силу мощности метаболических обменных процессов и создаваемого ими "шума", использование только этого предположения явно недостаточно. Должен существовать организующий агент физической природы, синхронизирующий морфогенетические движения клеточных коллективов и практически "мгновенно" определяющий поведение всех подсистем в системе. Возможная физическая сущность этого агента объясняется нами исходя из экспериментов по не тепловому воздействию на организмы определенными частотами (СВЧ) [8].

§3. Модели сложных систем с сильным взаимодействием приводящих к появлению когерентного случайного воздействия.

В данный момент, в рамках обсуждаемой проблемы, более эффективными и многообещающими, на наш взгляд, являются модели, иллюстрирующие проблемы, возникающие в теории многоэлементных открытых систем. Поэтому упор делается на описание основных принципов

этой теории. Далее мы покажем, что в привлекаемых моделях проявляются некоторые свойства, характерные для биологических систем.

Сконцентрируем, прежде всего, внимание на модели взаимодействующих N однотипных элементов:

$$dx_i(t) = \mu_{ij}(x(t); b)x_j(t)dt + d\eta_i(t) \quad (1)$$

где под $x_i \in \mathbb{R}^1$ понимается вектор состояния конкретной i -ой подсистемы, либо отклонения от среднего, характеризующего нормальное состояние системы; b -вектор постоянных параметров, $\eta(t) \in \mathbb{R}^n$ вектор случайных воздействий с независимыми компонентами, $\mu_{ij}(x; b)$ характеризует взаимодействие подсистем; по индексам, встречающимся дважды, ведется суммирование.

Модели такого вида довольно часто используют при моделировании взаимодействия биологических видов, например с $\mu_{ij}(x; b)$ вида:

$$\mu_{ij}(x; b) = \alpha_{ij} + \gamma_{ijk}x_k \quad i, j, k = \overline{1, n}$$

где $\alpha_{ij}, \gamma_{ijk}$ постоянные.

Реальные биологические системы более сложны для описания. И, как принято в редукционизме, вместо них рассматриваются более простые ситуации, сохраняющие основные черты исследуемых процессов, позволяющие при этом осуществить строгие теоретические исследования и дать, по крайней мере, качественное описание рассматриваемых явлений.

Исходя из основных положений теории многоэлементных систем, цель использования микродинамического описания состоит в объяснении макроскопических свойств всей совокупности системы. В простейшем случае многоэлементные системы рассматриваются, как ансамбль однотипных подсистем (клеток). В более общем случае имеют дело со смесями, но конечного разнообразия, однотипных подсистем. Но при этом всегда полагается, что число всех подсистем N велико и можно пренебречь эффектами элиминации. Это позволяет осуществлять предельный переход по N и использовать предельные теоремы теории вероятностей (законы больших чисел). Важным является и тот факт, что при таком переходе ($N \rightarrow \infty$) возможно динамику выделенной подсистемы отобразить при помощи стохастических дифференциальных уравнений с коэффициентами, зависящими от конечного числа, так называемых, макропеременных (которые подчиняются своим уравнениям) и переменных состояния выделенной подсистемы.

Продемонстрируем это на примере модели (1) с $\mu_{ij}(x; b)$ вида:

$$\mu_{ij}(x; b) = \mu(z)a_{ij} \quad (2)$$

где $z_l(t) = (b_l; x(t))$, $z(t) \in \mathbb{R}^s$, $b_l \in \mathbb{R}^n$, $l = \overline{1, s}$, и b_l являются собственными векторами для транспонированной матрицы A с компонентами a_{ij} , т.е.

$$A^T b_l = \lambda_l b_l, \quad l = \overline{1, s}, \quad s < N$$

Особенность ее состоит в том, что эта модель допускает построение уравнения для $z_l(t)$, которые выступают в роли коллективных переменных.

Действительно, суммируя все слагаемые справа и слева в (1), при условии (2), приходим к следующей системе:

$$\begin{aligned} dz_l(t) &= \mu(z(t))\lambda_l z_l(t)dt + (b_l, d\eta(t)) \\ dx_i(t) &= \mu(z(t))x_i(t)dt + d\eta_i(t) \end{aligned} \quad (3)$$

Когда $N \rightarrow \infty$ можно подобрать условия (типа Линденберга [7]), такие что составной процесс $\{z(t), x_i(t)\}$ будет сходиться, в каком то смысле, к диффузионному.

В уравнении (4) z_l - играют роль управляющих (организующих) когерентных случайных воздействий для любой из подсистем

Например, для:

$$\begin{aligned} b = 1, (z, b) = X = \sum_{i=1}^N x_i; X \in \mathbb{R}^1 \quad \mu_{ij}(x; b) = \lambda(X)\delta_{ij} \\ \left| \sum_{i=1}^N x_i(0) \right| < C, C < \infty \end{aligned} \quad (4)$$

$$\eta_i(t) = N^{-\alpha} w_i(t) \sigma, \alpha = \text{const}, \sigma = \text{const}$$

где $\lambda(X)$ непрерывная, ограниченная вместе со своими производными вплоть до второй, функция; $w_i(t)$ - независимые винеровские процессы, то при этих условиях можно строго доказать что составной процесс $\{X(t), x_i(t)\}$ при $\alpha = 1/2, \forall i, N \rightarrow \infty$, слабо сходятся к решениям системы стохастических уравнений [10] вида:

$$\begin{cases} dx_i(t) = \lambda(X(t))x_i(t)dt \end{cases} \quad (5a)$$

$$\begin{cases} dX(t) = \lambda(X(t))X(t)dt + \sigma dw(t) \end{cases} \quad (5b)$$

где $w(t)$ - венеровский процесс.

В данной $X(t)$ модели играет роль управляющего когерентного случайного воздействия [9], и множественность областей “устойчивых” состояний (§§ 2.2, 2.5) можно представить, как области положения максимумов для плотности процесса представимого (5b). Как видим, формальный предельный переход по $N \rightarrow \infty$ весьма полезен двум причинам: во-первых, достигается значительное упрощение в описании динамики выделенной подсистемы; во-вторых, появление когерентной случайной составляющей, значительно в том смысле, что появляется формальная аналогия с понятием эффективного случайного поля, в котором происходит эволюция наблюдаемых подсистем (биосистем).

Появление таких предельных уравнений может служить хорошей иллюстрацией роли предельных теорем теории вероятностей при анализе реальных биологических процессов онто- и филогенеза; важно и то, что на уровне макропеременных практически одинаковыми оказываются уравнения для них. От уровня микродинамики, в модели (3 - 4) достаточно требовать только то, чтобы случайные воздействия $\eta_i(t)$ были независимыми случайными процессами, удовлетворяющие определенным ограничениям (типа Линденберга). Тогда на уровне уравнений для макропеременных такие уравнения будут неразличимы.

В общей ситуации, существуют классы многоэлементных систем с разными модельными представлениями о микродинамике подсистем, которые оказываются схожими, эквивалентными по макросвойствам [16]. Аналогом этого явления в физике может служить температура: как среднее от кинетической энергии молекул. Приведенный факт позволяет на практике,

использовать при нахождении предельных уравнений для макропеременных упрощенные модели микродинамики. При этом параметры, входящие в уравнения для макропеременных, уточняются в реальном эксперименте, а уравнения для микродинамики с использованием принципа согласованности: совпадением средних характеристик, от макропеременных характеристиками, являющимися их аналогами на макроуровне. Данный формализм в подходе к моделируемым явлениям довольно эффективен для случая, когда имеет место ослабление корреляций как функций "расстояния" между подсистемами. Тогда возможно совокупную функцию распределения, описывающую весь ансамбль подсистем, представить через произведение распределений более низкого порядка. Однако ситуация становится далеко не столь простой при анализе поведения подсистем с большим радиусом корреляции (радиусом взаимодействия). Это приводит к тому, что каждая из подсистем оказывается под воздействием суммарного эффекта многих систем, а при неограниченном росте радиуса взаимодействия - всех систем, расположенных в некотором объеме (например, хаотогенная среда первичного океана). Эта ситуация наблюдается в точках фазового перехода второго рода [12], а также в представленной нами модели (1). Подобный алгоритм согласования требует более осторожного подхода: так, в рассматриваемых уравнениях (3-4) формальное отбрасывание малых случайных воздействий на микроуровне, в предельном уравнении (5) приведет к неверному уравнению для "макропеременной" $X(t)$ (в (5в) будет отсутствовать случайное возмущение) (сравните с [14]).

В данном случае становится более существенным характер стремления к "0" случайных воздействий на микроуровне, когда число подсистем N увеличивается, то возрастает роль и микродинамики. Совпадение будет при отождествлении $X(t)$ с суммой если $\alpha > 1/2$.

Выводы

Выводы, полученные на основе простых моделей рассмотренных в §3, имеют вполне конкретные эмпирические аналоги: такие сильно взаимодействующие (с большим "радиусом" взаимодействия) системы лежат в основе появления диссипативных структур, являющихся прообразом первичных биологических систем [4]. С этой точки зрения жизнедеятельность клеточных коллективов и влияние внешних воздействий должны создать когерентное шумовое поле, создающее постоянный фон для живых систем. Агентом, создающим это поле, как уже подчеркивалось, может служить высокочастотное поле СВЧ, сопутствующее переносу различных типов ионов через мембранные структуры. То есть в этой области частот внутренняя среда "организма" становится прозрачной для этих частот. Это поле можно интерпретировать как биополевую структуру, определяющую топографию специализации клеток внутри организма (снижением или увеличением влияния определенных генов под действием соответствующего стохастического поля). Если это так, то открываются многообещающие возможности экспериментального и теоретического исследования некоторых биологических процессов: формирования морфологической поляризации,

появления регулярных пространственных структур, восстановительных процессов, в основе которых лежат принципы полевого структурообразования, отличающиеся от концепций А.Г.Гурвича и Л.Вольперта [6]. Кроме этого появляются возможности иных подходов к пониманию процессов запечатления (см. работу авторов в ж. Бионика [1]) информации.

Изменяется и отношение к роли нервной системы: ее задача сводится к замедлению скорости (на перехватах Ранвье) передачи сигналов до уровня скорости биохимических процессов в организме и до уровня недопускающего механического разрушения тканей.

¹ Работа была опубликована в ж-ле: «Ученые записки БГПИ». Том.1. Изво: Биробиджан, БГПИ- 1995.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агарков Г.В., Веселовский М.В., Дубко В.А. О механизме запоминания // Бионика. 1991. Вып.24.С.102-105.
2. Белинцев Б.Н. Физические основы биологического формообразования /М.:Наука. 1991.252 с.
3. Белоусов Л.В. Биологический морфогенез //Из-во Московск. Университета. 1987. 240 с.
4. Волькинштейн М.В. Биофизика. М: Наука 1981. 600 с.
5. Воронцов Н.Н. Синтетическая теория эволюции: ее источники, основные постулаты и нерешенные проблемы //Всесоюзн.хим. общество им.Д.И.Менделеева. Т.25вып.3.1980. С.295-314.
6. Гурвич А.Г. Избранные труды/М.:Медицина. 1975. 375 с.
7. Гихман И.И., Скороход А.В. Теория случайных процессов. В 3 т../М.:Наука, 1971. Т.1. 664 с.
8. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Таргер А.С. Роль временных воздействий электромагнитных волн в миллиметровом диапазоне на живые системы//Биофизика. Т.28, N5, 1983. С.1163-1165.
9. Дубко В.А.Вопросы теории и применения стохастических дифференциальных уравнений./Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 185 с.
- 10.²Дубко В.А., Веселовский М.В., Духовная Т.В. Применение теории многоэлементных систем при построении и исследовании моделей биосистем. //Тезисы докл. междунар.науч.конф."Математические проблемы экологии",-Чита,-1994. С. 30 – 31.
11. Курдюм В.А. Эволюция и биосфера. К. Наук. думка. 1982. 231 с.
12. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М: Наука,1964. 567 с.
13. Малахов В.В. Проблемы построения общей системы многоклеточных. С.195-213. В кн. «Современная эволюционная морфология.» К."Наук.думка. 1991. 310 с.
14. Молчанов А.М. Билинейные системы // Вероятностные методы в биологии. Киев. Ин-т математики АН УССР. 1995. С.81-92..

15. Найдштадт А.И. О затягивании устойчивости при динамических бифуркациях // Дифференциальные уравнения. 1987. Т. 23, N 12. С.2060-2067.
16. Скороход А.В. Стохастические уравнения системы многих частиц // Математические методы в биологии. Киев: Наук.думка, 1977. С.48-53.
17. Хакен К. Синергетика - М."Мир".1980. 404 с.
18. Шишкова М.А. Рассмотрение одной системы дифференциальных уравнений с малым параметром при высших производных // ДАН СССР.1973.Т.209, N 3 С. 576-579.

²ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Дубко В.А., Духовная Т.В. Появление когерентного случайного воздействия в возмущенных системах с нелинейным взаимодействием. - Тез. докл. междунар. науч. конф., посвящ. памяти академика Кравчука М.Н.-Киев,-1995
2. Дубко В.А., Нестеренко Т.В. Исследование одного класса уравнений Ито билинейного типа и их решений // Препринт № 10-96, Хабаровск: Ин-т прикладной матем., 1996, - 9 с.

УДК 536.7 + 519.8

СОЛНЕЧНО-ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА ДЛЯ УКРАИНСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ»

*Распопов Виктор Борисович, Семяновский Вадим Николаевич,
кандидаты физико-математических наук, доценты,
Научно-учебный центр прикладной информатики НАН Украины
(г. Киев, Украина, Viktor.Raspopov@gmail.com, vadimc@i.ua)*

Аннотация: Обсуждаются научно-практические аспекты солнечно-водородной энергетики, в частности, «экологические плюсы» аккумуляирования солнечной энергии, вырабатываемой семейством «безлюдных» автоматических солнечных электростанций, которые можно разместить, например, в Антарктиде, Арктике и в иных пустынях или мало населенных регионах планеты, где они смогут функционировать автономно, или почти автономно, без постоянного обслуживания персоналом. Предложены оптимизационные компьютерно-математические модели и алгоритмы для автоматического управления ориентацией полупроводниковых солнечных панелей, используемых для выработки водорода и кислорода на солнечно-водородной станции.

Ключевые слова: энергия, водородная энергетика, водород, солнечная электростанция, компьютерно-математическое моделирование и управление.

Abstract: this paper analyzes the perspectives of hydrogen-solar energy and its ecological advantage over other forms of energy.

Keywords: energy, hydrogen energy, hydrogen, solar energy.

Введение. Заснеженный шестой континент Антарктида – это один из самых экологически чистых регионов планеты, он еще не загрязнен продуктами жизнедеятельности человека, и по убеждению экологов должен таким оставаться в будущем. Однако научно-практическая и хозяйственная деятельность полярников нуждается в значительных объемах традиционного топлива – бензина, солярки, сжиженного газа и т.д. Необходимые для полярников запасы топлива ныне доставляются в Антарктиду на теплоходах. Сжигание этого топлива, увы, нарушает экологическую стерильность Антарктиды.

В то же время современные инновационные технологии солнечно-водородной энергетики, думается, смогли бы решить означенную экологическую проблему. Полупроводниковые панели солнечных электростанций, если их разместить на безкрайних просторах заснеженного континента Антарктида, могли бы поглощать солнечное излучение, регулируя скорость таяния ледников Антарктиды, препятствуя тем самым глобальному потеплению планеты.

В Антарктиде имеются огромные запасы пресной воды (вода там хранится в виде снега и льда). С помощью электролиза, от электроэнергии солнечных полупроводниковых электростанций, воду H_2O можно разлагать на составляющие химические элементы – водород H_2 и кислород O_2 . Причем заметим, что КПД полупроводниковых панелей тем выше, чем ниже температура окружающей среды. То есть антарктический холод повышает рентабельность проекта. Выработанное экологически чистое водородное топливо H_2 может длительно храниться в объемных резервуарах, из которых полярники смогут его поставлять по трубопроводу непосредственно в свои жилища. Кислород O_2 также может пригодиться (например, для медицинских целей, на случай коронавирусной пандемии). Или же с пользой для всех

живых организмов планеты излишний кислород можно безопасно «сравливать» в атмосферу.

Подітожимо: науково-практичний проект, изложенный нами в этой статье, представляется перспективным, и по экологическим причинам, и выгодным экономически.

С 11 по 13 мая 2021 года на Южном полюсе Земли запланировано проведение X Международной Антарктической конференции, которая будет посвящена 25-летию поднятия Государственного флага Украины на антарктической научной станции «Академик Вернадский» (<http://uac.gov.ua/x-international-antarctic-conference-ua/>) [1]. Представленный ниже доклад имеет целью апробировать идеи, инновационные аспекты молодежного научно-практического проекта, который (в онлайн-режиме) будет нами обсуждаться со специалистами на предстоящем научном форуме в Антарктиде.

Суть водородной энергетики. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) перестают быть альтернативными после подписания Парижского соглашения (2015 г.) о сокращении выбросов парниковых газов. Они все увереннее становятся мейнстримом. Мировые корпорации – Google, Mitsubishi, Hitachi, General Electric и Siemens переориентируются на «зеленую» энергетику. В 2016 году сумма инвестиций в ВИЭ в мире составляла \$297 трлн, а в теплоэнергетике – \$143 трлн.

В конце 2017 года Всемирный банк заявил об отказе от инвестиций в ископаемое топливо, - из-за его пагубного влияния на климат. Страховые компании и инвестиционные фонды сокращают или вовсе прекращают свою активность в традиционной энергетике.

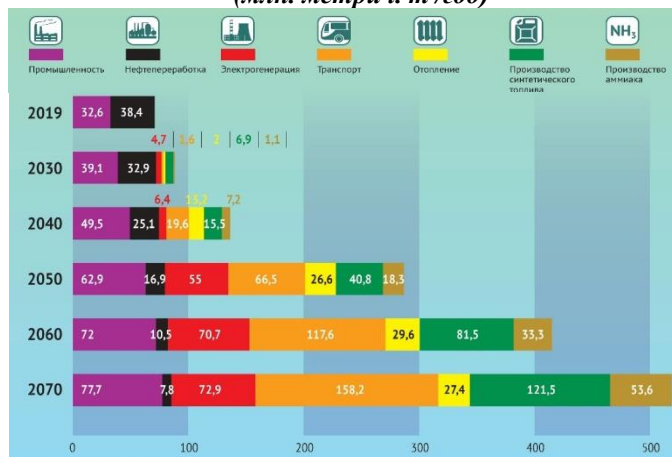
Ныне зеленая энергетика – одна из самых быстро развивающихся отраслей промышленности в мире. В ее структуру входит множество различных возобновляемых источников энергии [2-4]. В настоящее время флагманами развития зеленой энергетики являются солнечная и ветровая энергетика, но бурно развиваются и другие сектора ВИЭ.

Одним из глобальных трендов развития зеленой энергетики и современной энергетики вообще, в последнее время, становится водородная энергетика. Мировое потребление водорода (2020 г.) оценивается в 75 миллион тонн и прогнозируется дальнейшее значительное увеличение его производства и потребления (табл. 1).

Пока, по стоимости производства, водород не может конкурировать с традиционными энергоносителями, но в перспективе - через 15–30 лет, - его стоимость может сравняться с иными видами топлива [5]. К 2050 году, по подсчетам ученых Стэнфордского университета и Университета Калифорнии, мир «будут заряжать» ветер, солнце и вода.

Таблица 1

*Прогноз потребления водорода в мире
(млн. метрич. т /год)*



Источники: IEAS, Sustainable development scenario.
<https://theconversation.com/hydrogen-energy>

Преимущества водородной энергетики. Водород является самым распространенным элементом во Вселенной (90% атомов, 75% массы). Энергетическая плотность водорода в 3 раза выше бензина и в 2 раза выше природного газа.

Водород является мощным и экологически чистым энергоносителем. Высокие эксплуатационные и технологические показатели энергоносителя позволяют преодолевать трудности на пути к получению, хранению, транспортировке и использованию этого источника энергии. Имея низкий показатель вязкости, водород без проблем транспортируется по трубам. Его можно хранить в сжиженном или в газообразном состоянии. Он довольно легок, срок хранения продолжительный [6].

Проблемы. Существуют различные ресурсы, и различные технологии, которые используются для получения водорода, однако ныне нет согласия относительно экономически выгодного механизма получения водорода.

Основные проблемы водородной энергетики заключаются в том, что получение водорода сопряжено с необходимостью траты иных энергоносителей (нефть, электричество, газ) и высоким риском аварийных взрывов (т.н. «гремучая смесь» водорода и кислорода). Получение водорода из воды требует огромных затрат электроэнергии. Существуют в ряде стран законодательные проблемы развития водородной энергетики. Важно также более активное включение вопросов ВЭ в существующие национальные системы энергоменеджмента [7].

Специалисты интенсивно работают над устранением проблемных аспектов ВЭ, удешевление технологий, исключение минеральных ресурсов и уменьшение выбросов парниковых газов.

1. Ресурсное обеспечение водородной энергетики. Вода, как источник для получения водородного топлива, неисчерпаема, учитывая, что мировой океан исчисляется миллионами тонн воды. Минеральные источники (уголь, нефть, газ) – ресурсы исчерпаемые и вызывают образование парниковых газов. Необходимо использование дорогого оборудования и катализаторов.

Существуют новые инновационные технологии производства водорода и, соответственно, новые ресурсы. Однако эти технологии и сами ресурсы пока что достаточно дорогие.

Практически все технологии получения водорода нуждаются в большом количестве электроэнергии. Источники электроэнергии – солнечные и ветровые станции, атомные электростанции, биогаз, биомасса.

2. Производство водорода. На данный момент известны несколько способов получения водорода. Среди них – химический, электролиз, термохимический.

Все они относятся к традиционным методам. Но каждый способ сегодня является экономически и экологически нецелесообразным, по причине необходимости затраты природных ископаемых. Учитывая, что залежи природных материалов стремительно истощаются, нет смысла тратить дорогостоящие энергоносители для получения иного, пусть и дешевого [8].

В настоящее время водородные топливные элементы все еще стоят значительную сумму денег, а чтобы запустить водородное транспортное средство, требуется большое количество энергии для сжижения топлива.

Пока основная доля водорода в мире производится методом парового риформинга метана (SMR). В новой водородной стратегии ЕС такой водород назван "серым", поскольку при его производстве выбрасывается CO_2 . Он противопоставляется "зеленому" водороду, который производится из воды методом электролиза с помощью энергии из возобновляемых источников. Также существует "голубой" водород, получаемый из метана, но с обязательным улавливанием и хранением CO_2 .

Водород из биомассы получается термохимическим или биохимическим способом. При термохимическом методе биомассу (отходы древесины) нагревают без доступа кислорода до температуры 500-800° С, что намного ниже температуры процесса

газифікації вугля. В результаті процесу виділяється H_2 , CO і CH_4 . Себестоимость процесу \$5–7 за кілограмм водороду.

По типам используемых ресурсов и технологии производства различают разные виды водорода.

Зелений водород – при его производстве используются возобновляемые источники энергии (солнечная, ветровая, ...). В данной статье рассматриваются *практические аспекты получения «зеленого водорода» из лучевой энергии, вырабатываемой полупроводниковыми солнечными панелями. Электрическую энергию затем можно использовать для разложения воды H_2O на составляющие газы – водород H_2 и кислород O_2 , запастись для последующего использования в «водородных» и «кислородных» аккумуляторах.*

Серый водород – получают путем парового метанового реформинга из ископаемых видов топлива (уголь, газ, нефть, ...). Это относительно дешево, но неэкологично. При высокой температуре и давлении сырье смешивается с паром. При этом, кроме водорода, выделяются парниковые газы, как от сжигания топлива.

Синий водород – получают путем парового метанового реформинга из ископаемых видов топлива (уголь, газ, нефть, ...), но технология использует повторное использование выбросов CO_2 или их складирование в подземных и подводных резервуарах. Технологию можно рассматривать как промежуточную, так как она не обеспечивает большие объемы получения водорода (чтобы удовлетворить объемы спроса).

Бирюзовый водород (низкоуглеродный водород) – получают путем пиролиза природного газа. Газ проходит через расплавленный металл, образуя твердый углерод, который имеет полезное применение. Технология не имеет широкого распространения.

Недавно S&P Global Platts оценило приведенные затраты на производство "серого" водорода (включая CAPEX и плату за выбросы CO_2) в 1,24 евро за килограмм, "голубого" - в 1,31 евро за килограмм, а "зеленого" (электролиз PEM, включая CAPEX) - в 3,43 евро за килограмм. По прогнозу Aurora Energy Research, затраты на "голубой" и "зеленый" водород сблизятся только к 2045 году

Учеными ведутся активные разработки различных вариантов добычи водородного топлива и удешевления технологий.

3. Хранения водорода. Хранение водорода - одна из главных технологических проблем водородной энергетики. Водород хранят в сжиженном, абсорбированном, либо сжатом газообразном состоянии. Основные проблемы, требующие решения при разработке технологий хранения водорода, имеют отношение к обеспечению их рентабельности и безопасности, что напрямую связано с химическими и физическими свойствами водорода. Опасность при хранении водорода представляет так называемая взрывоопасная «гремучая смесь» газов водород и кислород.

Наиболее перспективным методом считается хранение водорода в абсорбированном состоянии. Большинство материалов позволяют сорбировать не более 7-8 % водорода в массовой доле.

Для хранения сжатого газообразного водорода, требуются специальные цистерны высокого давления, похожие на те, что используются для хранения сжатого природного газа. Эти цистерны должны иметь большой объём, что позволит избежать бесчисленных поездок на заправочную станцию через десятки километров. Многие экономисты полагают, что хотя водородные автомобили в будущем могут стать весьма популярными, пройдет еще не одно десятилетие, прежде чем мы увидим эти транспортные средства в массовых количествах на рынке. Необходимо провести ещё много исследований и разработать целый ряд прорывных технологий, чтобы устранить существующие препятствия для перехода на водород в качестве основного источника энергии.

4. Транспортировка водорода. Транспортировка водорода, в основном, осуществляется баллонами (газ под давлением или сжиженный) и водородными трубопроводными системами. Трубопроводы изготовлены из стальных труб диаметром 25—30 см и действуют при давлении 10-20 бар. После небольших изменений водород может передаваться по существующим газопроводам природного газа

Старейший водородный трубопровод действует в районе германского Рура. 210 километров трубопровода соединяют 18 производителей и потребителей водорода. Трубопровод действует более 50 лет. Самый длинный трубопровод длиной 400 километров проложен между Францией и Бельгией. В США действует 750 километров, а в Европе - 1500 километров водородных трубопроводных систем.

5. Потребление. Современные технологии водородной энергетики позволяют получать качественный топливный материал с высоким коэффициентом теплоотдачи. Этот энергоноситель с легкостью можно использовать как в промышленном производстве, так и для отопления жилых зданий. Он безопасен для окружающей среды, не токсичен. Не несет ни малейшей угрозы человеку и животным. По своей сути, водород является отличным топливным материалом. И есть огромные перспективы его использования. Однако вместе с ними существуют и определенные трудности. Проблемой пока является создание разветвленной инфраструктуры для автомобильного транспорта на водороде (как и самих авто).

Кроме того, водород имеет большой потенциал для применения его в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания, поскольку имеет большую эффективность, чем бензин или дизельное топливо. При нагреве водород сжигается, но при этом не выделяет диоксид углерода (CO_2). Соответственно, водород меньше загрязняет атмосферу. Если сравнить один и тот же объем водорода и бензина, то получится, что автомобиль на водороде сможет проехать вдвое дольше. Сегодня существует несколько компаний, которые работают над созданием водородного двигателя для автомобилей. Многие из них (такие компании как Honda, BMW) уже вложили миллиарды долларов в свои исследования, пытаются создать дешёвые водородные топливные элементы.

Стратегии развития водородной энергетики. Наиболее крупные стратегии и масштабы инвестиций в водородную энергетику имеют США, Китай, Япония, Германия, Южная Корея, Россия. Крупные проекты и инновационные разработки осуществляют крупнейшие корпорации. Создаются Национальные и корпоративные комитеты по водородной энергетике, исследовательские и экспертные центры, лаборатории и т.д.

8 июля 2020 г. ЕС принял стратегию развития водородной энергетики до 2050 г. [9]. С целью уменьшения выбросов углекислого газа, в программе *приоритет отдается выработке водорода методом электролиза воды при помощи электроэнергии, полученной из возобновляемых источников энергии - солнечной и ветряной энергии*. За первые 5 лет, с 2020 по 2024 гг. запланировано ввести в действие электролизеров для получения водорода общей мощностью 6 ГВт для получения 1 миллиона тонн водорода ежегодно. Затем, к 2030 г. мощности электролизеров будут увеличены до 40 ГВт и производство водорода будет увеличено до 10 миллиона тонн в год. При этом к 2050 г. намечено снизить себестоимость производства водорода из возобновляемых источников энергии до 1 долл. за кг.

Хотя водородная энергетика имеет плюсы и минусы в равной степени, ученые все же склоняются к мысли, что смысл выполнять научно-практические и инновационные исследования для ее развития имеется. Изобретение новейшего оборудования для добычи водорода поможет решить проблемные моменты. Уже сегодня есть некоторые наработки и понимание того, как удешевить процесс получения энергоносителя.

Конечно, на пути к достижению этой цели специалистам предстоит решить не одну сложнейшую задачу. Однако обнадеживает то, что ученые имеют представление о процессе получения водорода. Остается только создать специальное оборудование, с

помощью которого удастся экономически выгодным способом воплотить идеи в реальность.

Следует сказать, что ряд ученых пессимистически настроены на перспективы развития водородной энергетики. По их мнению, его производство и использование может представлять огромную угрозу для человечества. Массовые технологии способны стать причиной техногенной катастрофы вселенского масштаба. Правда, их предположения пока не имеют четких аргументов в свою поддержку.

Водород является уникальным энергоносителем, но человечество сегодня не имеет технически совершенных способов его беспрепятственной добычи. Сейчас понятно одно: главные игроки на энергетическом рынке уже выбрали стратегию по развитию водородной энергетики. Украина имеет серьезные перспективы присоединения к глобальному тренду, - научные, технические, инфраструктурных и кадровые. Необходима разработка инновационной стратегии Украины «Водородная энергетика – 2050», ее серьезная научная проработка и интенсивная деятельность по реализации проектов в этой сфере деятельности.

Если же принять во внимание отрицательные «экологические» последствия нынешнего глобального потепления, то можно смело утверждать, что солнечно-водородная энергетика будет иметь огромные перспективы, если солнечно-водородные электростанции разместить в пустынных и в мало населенных регионах Земли - в Арктике, в Антарктиде, в Сахаре. С помощью семейства автоматических солнечных электростанций можно накрыть пустынные снежные и песчаные районы планеты. Тем самым с помощью солнечных панелей, которые будут впитывать излишнюю лучевую энергию Солнца, и аккумулируя эту энергию в водородных аккумуляторах, можно предотвратить излишний разогрев песчаных пустынь, таяние ледников на полюсах Земли. При этом у человечества нет причин опасаться, что водород, накопленный в аккумуляторных хранилищах, станет взрывоопасным и нанесет вред населению, так как эти территории Земли практически не обитаемы.

Современная микропроцессорная компьютерная техника очень надежна, на нее можно возложить безлюдное оптимальное управление ориентацией солнечных полупроводниковых панелей, чтобы солнечно-водородной энергетикой в снежных и песчаных пустынях управляла автоматика. В будущем наработанный водород из подземных хранилищ-аккумуляторов будет надежно и в нужном количестве транспортироваться по трубопроводам в места компактного проживания и хозяйственной деятельности человека.

Суть предлагаемого молодежного научно-практического стартапа по солнечно-водородной энергетике. К программно-технической реализации семейства автоматических устройств, динамически управляющих пространственным расположением солнечных батарей - так, чтобы на протяжении всего светового дня они вырабатывали максимально возможный электрический ток, - *приглашаются аспиранты, студенты-дипломники украинских технических вузов.* Амбициозная задача, которую мы перед собой ставим, является комплексной, междисциплинарной. Для ее решения нужны знания и усилия различных специалистов - физиков, техников, химиков, математиков, программистов, экономистов, экологов. Ныне нами формируется креативная команда из числа академически одаренных, талантливых студентов.

С этой целью в *Научно-учебный центр прикладной информатики НАН Украины* (<http://www.nucpi.nas.gov.ua/>) на преддипломную стажировку по прикладной математике и программированию мы приглашаем увлеченную научно-техническим творчеством молодежь; инициативные молодые исследователи смогут принять участие в инновационном научно-техническом проекте по разработке компьютерно-математических моделей солнечно-водородной энергетики будущего.

Учимся у живой природы. Вот как выглядит поле подсолнечников в летний солнечный день.



Цветочные головки растений дружно поворачиваются за Солнцем, непрерывно отслеживают положение Светила на небосводе. Подмечено, что подсолнечники, ромашки и многие другие цветы всегда «смотрят» на Солнце, максимально впитывая в себя его живительную лучистую энергию.

Математический подход, изложенный в этой статье, по сути, является «бионическим». Максимально возможный электрический ток будет «вырабатываться» полупроводниковой солнечной панелью, когда солнечные лучи падают строго перпендикулярно к ее поверхности (то есть *по нормали к поверхности*). При компьютерно-математическом моделировании силы тока, вырабатываемого полупроводниковой панелью, в зависимости от ее геометрического расположения и температуры окружающей среды, запыленности панели или налипания на нее снега, приходится опираться на *эвристику* и на *предположение*, что ЭС имеет дело с одноэкстремальной и по меньшей мере дважды дифференцируемой математической функцией.

Математическая формализация задачи. Необходимой составляющей любой современной экспертной системы (ЭС) является *модуль математического моделирования*. С помощью ЭС осуществляется прогноз изучаемого процесса. ЭС предоставляет пользователю конкретные рекомендации относительно выбора значений тех или иных технологических параметров, используемых для управления технической системой. Например, ЭС может управлять шаговыми электродвигателями, которые разворачивают солнечную панель, или варьируют ее угол наклона таким образом, чтобы плоскость полупроводниковой панели всегда оказывалась перпендикулярной к лучам света. Особенностью является то, что приходится опираться на весьма ограниченный набор исходных данных. При этом подвижную конструкцию, на которой монтируется солнечная панель, следует сделать достаточно прочной, такой чтобы она смогла противостоять порывам сильного ветра, и по возможности желательнее удешевить.

Изложение математического метода продолжим на конкретном примере. Величина электрического тока, вырабатываемого солнечной панелью, зависит от ряда параметров: ее геометрического расположения по отношению к солнечным лучам, степени загрязнения поверхности панели, температуры окружающей среды и прочих параметров. Моделируем силу тока математической функцией $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где $\{x_i\}$, $1 \leq i \leq n$ - это перечисленные выше физические параметры (они характеризуют расположение панели относительно Солнца, температурный режим, степень налипания снега, льда зимой или пыли, песка, грязи – летом).

Математическая задача оптимального управления состоит в том, чтобы варьируя названные выше параметры, максимизировать значение вырабатываемого панелью электрического тока – функцию $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Примеры. Поясним суть метода адаптивного поиска экстремума $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на примерах однопараметрической функции $y = f(x)$, а затем - двухпараметрической функций $y = f(x_1, x_2)$.

Пример 1. Пусть $n=1$, $x=x_1$, $y=f(x)$; здесь x - угол наклона плоскости панели, $y=f(x)$ - величина электротока, вырабатываемого панелью.

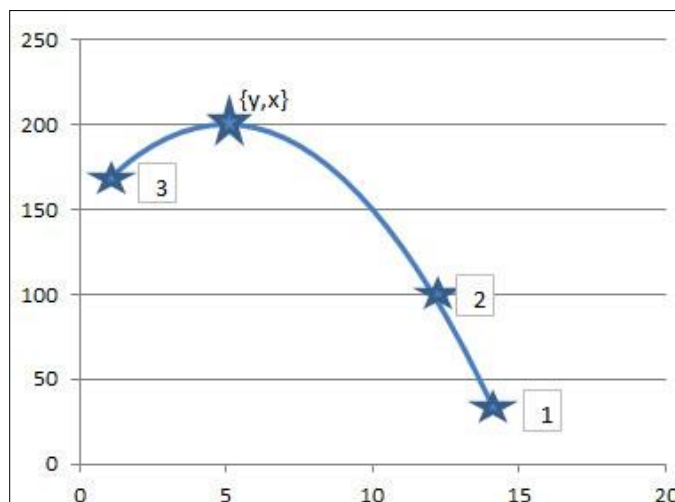


Рис. 1 Модель выпуклой функции в окрестности экстремума - это парабола

$$y = Ax^2 + Bx + C$$

Если $y=f(x)$ является выпуклой, то есть вблизи экстремума функцию $y=f(x)$ можно приблизить (т.е. аппроксимировать, «заменить») некоторой параболой. Параметры этой параболы – коэффициенты A, B, C , - изначально неизвестны, но их можно оценить, вычислить, зафиксировав на графике координаты точек (y_1, x_1) , (y_2, x_2) , (y_3, x_3) , то есть чтобы установить, какие же значения имеют параметры A, B, C , необходимо найти решение следующей системы трех уравнений, линейных относительно коэффициентов:

$$\begin{cases} (x_1)^2 A + (x_1) B + C = y_1 \\ (x_2)^2 A + (x_2) B + C = y_2 \\ (x_3)^2 A + (x_3) B + C = y_3 \end{cases}$$

Используем метод Крамера, чтобы вычислить неизвестные значения коэффициентов A, B, C :

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1^2 & x_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2 & 1 \\ x_3^2 & x_3 & 1 \end{vmatrix}; \quad \Delta_A = \begin{vmatrix} y_1 & x_1 & 1 \\ y_2 & x_2 & 1 \\ y_3 & x_3 & 1 \end{vmatrix}; \quad \Delta_B = \begin{vmatrix} x_1^2 & y_1 & 1 \\ x_2^2 & y_2 & 1 \\ x_3^2 & y_3 & 1 \end{vmatrix}; \quad \Delta_C = \begin{vmatrix} x_1^2 & x_1 & y_1 \\ x_2^2 & x_2 & y_2 \\ x_3^2 & x_3 & y_3 \end{vmatrix}$$

$$A = \frac{\Delta_A}{\Delta}; \quad B = \frac{\Delta_B}{\Delta}; \quad C = \frac{\Delta_C}{\Delta}$$

Найденные коэффициенты A, B, C позволяют оценить (а значит, и «спрогнозировать») значения (y_0, x_0) для координат экстремума параболы:

$$x_0 = \frac{-B}{2A}, \quad y_0 = Ax_0^2 + Bx_0 + C$$

Таким образом, практические рекомендации (для инженера-технолога или для *Экспертной системы*) будут такие: целесообразно установить солнечную панель в новое положение, под углом $x = x_0$, и если окажется, что ожидаемый электрический ток $y_{\text{эксперимент}}$ совпадает (или почти совпадает, в пределах некоторой погрешности d) с прогнозируемым значением y_0 , то «наилучший» на практике результат уже найден.

Мерой достижения результата - то есть погрешностью прогноза d , - может служить формула:

$$d = |y_0 - y_{\text{эксперимент}}|$$

Если же оценка погрешности d , по «мнению» инженера-технолога (или ЭС) остается еще достаточно большой, то есть когда величина d превышает размер допустимой погрешности в достижении максимума, то адаптивный поиск экстремума электрического тока $y = f(x)$ имеет смысл продолжить. А именно, результаты трех последних «экспериментов» - с параметрами (y_2, x_2) , (y_3, x_3) , $(y_{\text{эксперимент}}, x_0)$ нужно будет переобозначить так: $x_1 = x_2, y_1 = y_2$; $x_2 = x_3, y_2 = y_3$; $x_3 = x_0, y_3 = y_{\text{эксперимент}}$, что позволит заново рассчитать коэффициенты A, B, C по математическими формулами, которые нами приведены выше, а затем еще раз нужно будет «спрогнозировать» обновленные экстремальные значения параболы - точку с координатами (y_0, x_0) , - и еще раз, но уже с обновленным значением $x_0 = \frac{-B}{2A}$, осуществить следующий этап коррекции расположения панели, чтобы экспериментально выяснить новое значение величины $y_{\text{эксперимент}}$, и т. д.

Пример 2. Пусть $y = f(x_1, x_2)$, $n = 2$. Здесь x_1 - угол наклона плоскости панели («угол тангажа»), x_2 - угол разворота панели в горизонтальной плоскости («угол рыскания»), $y = f(x_1, x_2)$ - величина электротока, вырабатываемого панелью.

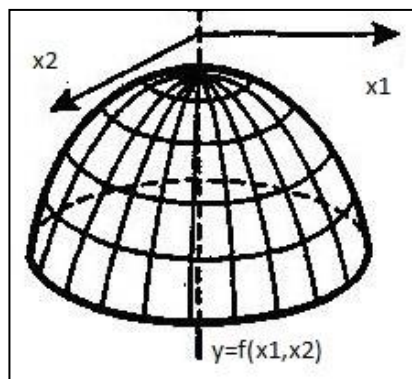


Рис. 2 Приближение функции в окрестности экстремума параболоидом

$$y = Ax_1^2 + Bx_1 + C + Dx_2^2 + Ex_2 + Fx_1x_2$$

Числовые параметры параболоида – коэффициенты A, B, C, D, E, F , – неизвестны, но их значения также могут быть вычислены, оценены, если известны результаты шести «экспериментов» (y_1, x_{11}, x_{21}) , (y_2, x_{12}, x_{22}) , (y_3, x_{13}, x_{23}) , (y_4, x_{14}, x_{24}) , (y_5, x_{15}, x_{25}) , (y_6, x_{16}, x_{26}) , здесь второй индекс j обозначения x_{ij} указывает на номер «эксперимента».

Чтобы установить, каковы же значения параметров A, B, C, D, E, F , следует воспользоваться математическими методами линейной алгебры. Предстоит отыскать решение системы из шести линейных уравнений относительно шести неизвестных коэффициентов A, B, C, D, E, F :

$$\begin{cases} A(x_{11})^2 + B(x_{11}) + C + D(x_{21})^2 + E(x_{21}) + F(x_{11}x_{21}) = y_1 \\ A(x_{12})^2 + B(x_{12}) + C + D(x_{22})^2 + E(x_{22}) + F(x_{12}x_{22}) = y_2 \\ A(x_{13})^2 + B(x_{13}) + C + D(x_{23})^2 + E(x_{23}) + F(x_{13}x_{23}) = y_3 \\ A(x_{14})^2 + B(x_{14}) + C + D(x_{24})^2 + E(x_{24}) + F(x_{14}x_{24}) = y_4 \\ A(x_{15})^2 + B(x_{15}) + C + D(x_{25})^2 + E(x_{25}) + F(x_{15}x_{25}) = y_5 \\ A(x_{16})^2 + B(x_{16}) + C + D(x_{26})^2 + E(x_{26}) + F(x_{16}x_{26}) = y_6 \end{cases}$$

После того, как значения A, B, C, D, E, F найдены, воспользуемся необходимыми условиями экстремума непрерывной функции, чтобы вычислить координаты (y_0, x_{10}, x_{20}) – точки экстремума параболоида $y = Ax_1^2 + Bx_1 + C + Dx_2^2 + Ex_2 + Fx_1x_2$, а именно

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0 \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} 2Ax_1 + Fx_2 = -B \\ 2Dx_2 + Fx_1 = -E \end{cases}$$

Решение этой системы, обозначенное (x_{10}, x_{20}) , позволит нам вычислить значение $y_0 = Ax_{10}^2 + Bx_{10} + C + Dx_{20}^2 + Ex_{20} + Fx_{10}x_{20}$.

Практические рекомендации для инженера-оператора (или для Экспертной системы) такие: нужно провести еще один адаптивный эксперимент с расположением солнечной панели, но уже при $x_1 = x_{10}$, $x_2 = x_{20}$, и если результат эксперимента $y_{\text{эксперимент}}$ совпадает (или «почти совпадает», конечно, в пределах допустимой погрешности) с прогнозируемым значением y_0 , то приходим к заключению, что наилучший результат $\{x_{10}, x_{20}\}$ уже найден, далее настраивать расположение солнечной панели не целесообразно.

Количественной мерой достижения результата – то есть погрешностью d , – может быть следующая формула:

$$d = |y_0 - y_{\text{эксперимент}}|$$

Если же величина погрешности d , по субъективной оценке инженера-оператора (или ЭС), все еще достаточно велика (то есть когда она превышает размер ожидаемых потерь), то адаптивный поиск экстремума имеет смысл продолжить.

Замечания относительно модификации метода. В отличие от рекомендаций по допустимой мере отклонения d и переобозначению точек x_{ij} , которые будут учитываться на следующем шаге алгоритма построения параболоида, иногда можно воспользоваться регрессионным моделированием, суть которого в том, чтобы вычислять новые значения параметров A, B, C, D, E, F параболоида на основании всех без исключения результатов предыдущих «экспериментов», используя для этого метод наименьших квадратов (МНК). Возможны и иные подходы, основанные на применении критерия Чебышева, или же на эвристиках. Например, из множества всех предыдущих «экспериментов» для дальнейших расчетов оставим только те шесть, которые обеспечили лучший прогноз значения y_0 . То есть, при программной реализации математического блока *Экспертной системы*, в условиях дефицита достоверной информации об $y = f(x_1, x_2)$, инженер-программист (или ЭС) может основываться и на эвристике, осознавая при этом, что математическая модель функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ в виде параболоида – это лишь некое математическое допущение (гипотеза) выше формализованной задачи.

Обобщение метода. Экспериментальный поиск экстремума много параметрической функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, для $n \geq 2$, потребует проведения еще более сложных вычислений. Разработчику ЭС также понадобятся определенные теоретические и практические знания по численным методам оптимизации, о которых не упоминалось в данной статье. Этому мы обучаем студентов и аспирантов, которые на преддипломной практике стажировались в Научно-учебном центре прикладной информатики НАН Украины (<http://www.nucpi.nas.gov.ua/>).

Выводы. «В практической науке столько науки, сколько в ней математики», – писал великий философ Иммануил Кант. Приведенные в этой статье математическая модель, примеры и методические рекомендации по их применению определяют суть теоретических исследований, с которыми на практике сталкивается программист, разработчик *Экспертной системы* [10].

Математические *методы планирования эксперимента* позволяют научно обосновать и практически спланировать, в условиях не полной информации, адаптивный поиск экстремума стохастической функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n, \omega)$ для произвольного значения $n \geq 2$, $\omega \in \Omega$ [11].

Модели, приведенные в статье, могут быть использованы при разработке математических разделов современных учебных курсов, учебных пособий и учебников, ориентированных не только на «технарей», но и на «гуманитариев» – экономистов, финансистов, будущих специалистов по экономической кибернетики. Изложенная выше компьютерно-математическая модель применима и в экономике – для оценки коррупционной составляющей хозяйствования монополии; эта компьютерно-математическая модель адаптивной «максимизации дохода» уже прошла апробацию на всеукраинской и международной конференциях экономистов (2018, 2019.) [12, 13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт української антарктичної станції «Академік Вернадський». - URL: <http://uac.gov.ua/vernadsky-station/station-3d/>
2. Русан В.И. Возобновляемая энергетика и энергоэффективность : монография / В.И. Русан. - Минск : Энергопресс, 2015. - 380 с.
3. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика / В. В. Елистратов. - Санкт-Петербург: Издательство политехнического университета, 2016.-421 с.
4. Семяновський В.М. Основи енергоменеджменту: Навч. посіб. - К.: Бізнес Медіа Консалтінг, 2012.- 400 с. ISBN 978-966-2425-29-1

5. Рифкин Дж. Если нефти больше нет... Кто возглавит мировую энергетическую революцию?.- М.: Секрет фирмы, 2006.- 416 с.
6. Основы водородной энергетики / под ред. В.А. Мошникова и Е.И. Терукова. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.- 288 с.
7. Семьяновський В.М. Енергоменеджмент як фактор сталого розвитку економіки України.- К.: ДП „Інформаційно-аналітичне агентство”.- Науковий Вісник НАСОНА.- 2011.- № 1, с.71-75. ISBN 5-12-01573-5
8. Основы современной энергетики / под общей редакцией чл.-корр. РАН. Е.В. Аметистова. Том 1 / под редакцией проф. А.Д. Трухня // В 2-х томах. Москва: Издательский дом МЭИ.- 2008.
9. Brussels, 8.7.2020 A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe // Communication from the Commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions
10. Распопов В.Б. Інженерний підхід до проектування математичного блоку експертної системи технолога // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського: Серія: «Технічні науки». Том 28 (67), № 2, 2017. – С.: 44-48. – URL: <https://en.calameo.com/read/0031683727973b2e54122>
11. Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1983. – 248 с.
12. Распопов В.Б. Адаптивна максимізація прибутку монополії в умовах "корупційного ринку". - Стратегія розвитку України: фінансово-економічний та гуманітарний аспекти: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. - Київ, "Інформаційно-аналітичне агентство", 2018. - 445 с. - С.: 275-280. – URL: <https://en.calameo.com/books/00316837266e49e0e7630>
13. Распопов В.Б. О компьютерно-математическом моделировании взаимовлияния олигархата и коррупции в постперестроечной экономике. - Проблемы і перспективи інноваційного розвитку економіки в контексті інтеграції України в Європейський науково-інноваційний простір: матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції, Одеса, 19–21 червня 2019 р. / НАН України, ДУ «Інститут досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва НАН України», Київ. – «Видавництво «Фенікс», 2019. – 243 с. – С.: 180-185. – URL: <https://ru.calameo.com/read/0031683727c0cc58f36c5>

УДК 658.631

ПРОЕКТНА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК БАЗОВА СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

*Семяновський В. М., кандидат фізико-математичних наук, доцент
Національна академія статистики, обліку та аудиту
vadimc@i.ua*

Вступ. Управління є фундаментальним процесом для складних та надскладних систем. Воно відповідає за збереження їх структури, функцій та способів функціонування (виживання) та досягнення їх цілей і виконання програм (розвиток). Від управління, багато у чому залежить успішне або неуспішне існування складних організацій в оточуючому їх середовищі.

У світі діє дуже багато різних організаційних систем та ще більше можливих ситуацій для їх діяльності. Нажаль не існує універсального методу управління для всіх випадків. Тому людство побудувало багато різних концепцій та технологій управління. Знайдені і розроблені різні засоби і методи, які сприяли б досягненню цілей організації, підвищенню ефективності їх діяльності і рентабельності економічної діяльності виходячи зі сформованих умов у внутрішній і зовнішній середовищі [1].

Це зумовило появу і розвиток різних підходів до теоретичних та практичних питань управління:

1. Наукові підходи до управління: процесний, системний, ситуаційний і кількісний підходи до управління.
2. Концепції управління: стратегічний менеджмент, управління якістю, управління за результатами, управління за цілями, управління за випередженням [2] тощо.
3. Технології управління: управління змінами [1], управління знаннями [3], управління проектами [4], концепція організації, що навчається, бенчмаркінг, маркетинг-менеджмент тощо.

Концепція (лат. conceptio - сприйняття) - основна ідея будь-якої теорії, система поглядів на певне явище, спосіб розуміння та тлумачення певних явищ, процесів.

Науковий підхід - формується на основі концепцій управління, шляхом синтезу певних взаємопов'язаних наукових поглядів, методів досліджень, способів експериментів і тлумачення об'єктивних явищ і процесів.

Процесний підхід визначає управління, як діяльність, спрямовану на досягнення цілей організації, шляхом виконання набору взаємопов'язаних дій - функцій управління, а кожну з функцій як комплекс однорідних (елементарних) дій, операцій, процедур. Проблема процесного підходу в тому, що до цих пір не існує загальновизнаного переліку функцій, а різні автори називають від чотирьох до п'ятнадцяти функцій.

Системний підхід розглядає організацію, як деяку цілісну систему, управління якою орієнтовано на досягнення певної мети в умовах мінливого зовнішнього середовища та з врахуванням децентралізації управління [5].

Це загальний спосіб мислення і підходу щодо організації і управління. Кожна організація є соціотехнічною системою, що складається з соціальних компонент (люди, команди, соціуми), технічних компонент (матеріали, засоби діяльності), економічних компонент (капітал, труд, товари) тощо. У таких системах можна виділити підсистеми - комплекси однорідних елементів.

Підсистеми мають велике значення для управління, оскільки дає можливість створювати всередині системи управління необхідні структурні підрозділи: відділи, сектори, бюро, ділянки тощо. Кожна з підсистем вносить вклад в розвиток цілого. Тому системне управління потребує узгодженого управління підсистемами, інакше система не буде працювати або буде працювати не правильно.

Ситуаційний підхід полягає, що для досягнення цілей організацій, найбільш ефективними є вибір конкретних прийомів і концепцій управління, в залежності від конкретної ситуації.

Сукупність розглянутих підходів є основою сучасної теорії управління (менеджменту), яка інтегрує різноманітні напрямки досліджень. Інформаційні технології і глобалізація зумовлюють інтенсивний обмін інформацією та породжують взаємну дифузію ідей, концепцій і методів різних наукових шкіл.

Відомий фахівець з управлінського консультування, професор Пітер Друкер створив вчення про менеджмент як професійної діяльності та про менеджера як професіонала [6]. На початку 50-х років П. Друкер висунув концепцію самоврядного трудового колективу, яка передбачала створення демократичного, обраного працівниками і службовцями органу, покликаного вирішувати соціальні питання на підприємстві. Цю концепцію він вважав однією з найбільш оригінальних і важливих для забезпечення децентралізації управління, хоча вона і не була відразу прийнята спеціалістами.

Серед різних напрямків прикладного менеджменту особливе місце посідає проектний менеджмент, який досліджує принципи, механізми та технології управління проектами, програмами, портфелями проектів на різних етапах їх життєвого циклу. Саме становлення й розвиток проектного менеджменту, заснованого на базі сучасних інформаційних та інноваційних технологій, є новою фазою еволюції системи управління.

В умовах сучасного середовища, що швидко змінюється, найбільш ефективних засобів сучасного управління цілеспрямованою діяльністю будь-якої соціально-економічної системи є управління проектами. Саме проектний підхід до управління організаціями, як особлива форма управління, дає змогу організації сфокусувати увагу та сконцентрувати зусилля на виконанні визначеного комплексу завдань за умови чітко визначених часових та ресурсних обмежень, що забезпечать постійний та сталий розвиток організаційних структур.

Проект - комплекс взаємно узгоджених завдань і робіт, які виконуються протягом заданого часу, з використанням обмежених ресурсів для досягнення запланованої мети і отримання інноваційного результату *певної якості*.

Управління проектами (Project Management) – це наука та мистецтво керувати й координувати протягом життєвого циклу проекту людські та матеріальні ресурси на досягнення визначених у проекті інноваційних результатів, застосовуючи сучасні методи і техніки управління для оптимізації вартості, обсягу, часу і якості робіт, забезпечення мінімізації ризиків, мотивацію учасників та задоволення клієнтів проекту (PMI, Project Management Institute, USA).

Життєвий цикл проекту - це послідовність фаз, через які проходить проект протягом свого існування (від ініціації до завершення проекту).

Фазами проекту є ініціювання, планування, виконання, контроль і моніторинг, завершення.

Розуміння життєвого циклу проекту відіграє значну роль у процесі ухвалення рішень у ході його реалізації.

В теорії управління проектами проекти класифікуються за багатьма ознаками [7]:

1. Типи – організаційні, економічні, соціальні, технічні, змішані;
2. Класи – монопроект, мультипроект, мегапроект;
3. Види – інвестиційні, інноваційні, дослідницькі, навчально-освітні, комбіновані;
4. Тривалість – короткострокові (оперативні), середньострокові (тактичні), довгострокові (стратегічні);
5. Складність – прості, складні, дуже складні;
6. Масштаб – дрібні, середні, великі, дуже великі.

Управління проектами або проектний менеджмент (ПМ) - дуже широко застосовується в бізнесі, як специфічна технологія мотивування працівників, маніпулювання людською свідомістю, наука і мистецтво одночасно. У сучасному бізнесі

він став основним методом управління. Мова сучасного бізнесу - це мова проектного менеджменту. Це практичний інструмент, який дуже ефективний при вирішенні безлічі проблем і не тільки в бізнесі, але і в інших сферах - в державному і муніципальному управлінні, в громадській діяльності.

У державному та муніципальному управлінні проектний менеджмент, на жаль, поки не дуже розвинений, але частина бюджетних грошей вже зараз розподіляється для фінансування проектів, які природно розробляються і реалізуються за допомогою інструментів проектного менеджменту.

У так званому «третьому секторі» (діяльність громадських об'єднань, благодійних та інших неприбуткових організацій) проектний менеджмент особливо відомий і шанований в зв'язку з залученням грантового фінансування. Не буде перебільшенням сказати, що абсолютно всі гранти залучаються і відповідно видаються саме на реалізацію конкретних проектів.

Слід зазначити, що проектний менеджмент, на рівні методології і наукового підходу до нього, досить суворо регламентований і стандартизований. В управлінні проектами прийняті кілька міжнародних стандартів (ISO 21500: 2012, PMBoK, P2M, IPMA, PRINCE2, MSF та інш.), Вони описують відповідні принципи, підходи і процедури, для чого застосовується спеціальна термінологія.

У зв'язку з тим що проектний менеджмент застосовується для різних систем і різних ситуацій, методологій проектного менеджменту безліч. Для кожного проекту можна підібрати саме те, що потрібно.

Наявні на сьогодні, можна виділити на такі групи ПМ [8]:

- класичний менеджмент (PMBOK);
- традиційний послідовний менеджмент (Waterfall, CPM -Critical Path Method);
- гнучкий менеджмент (Agile, Scrum, Kanban, XP - Extreme Programming, APF - Adaptive Project Framework);
- змінний менеджмент (ECM - Event Chain Methodology, XPM - Extreme Project Management);
- процесний менеджмент (Lean, Lean Six Sigma, Process-Based Project Management);
- структурний менеджмент (PRINCE2, PRiSM, Benefits Realization).

Головна відмінність проектного менеджменту від традиційного підходу - те, що спочатку формуються завдання (мається на меті), а потім вже виконавці створюють чіткий календарно-фінансовий план досягнення цієї мети. Правильно організований проект є не тільки запорукою ефективної роботи організації, але і правильного розподілу всіх доступних ресурсів, помірного використання часу і бюджету.

Як показує практика, організацій, які обрали проектний метод управління, заслужено вважаються:

1. максимально ефективними щодо використання ресурсів (загальний рівень ефективності організації підвищується на 20-30%);
2. маневреними (особливо важливо в умовах нестабільності);
3. сталими (такими що прораховують власні цілі, спираючись на можливості і ризики);
4. привабливими для інвестицій (в тому числі – зарубіжних, швидкість оборотності фінансових коштів близько 50%);
5. клієнтоорієнтованими (високі показники задоволеності клієнтів);
6. надійними (висока мотивація і лояльність співробітників компанії і їх задоволеність своєю діяльністю).

Необхідність впровадження сучасного менеджменту вже усвідомили представники багатьох вітчизняних корпорацій, особливо ті, які постійно контактують із зарубіжними партнерами. Переваги проектного менеджменту вже усвідомлюють державні інституції та організації громадянського суспільства.

Висновки. Сучасна ситуація обумовлює забезпечення різноманітності моделей поведінки їх у зовнішньому середовищі та, відповідно, різноманітності систем управління соціально-економічними суб'єктами - від адміністративного управління до сучасного менеджменту. Впровадження сучасного менеджменту в Україні вимагає структурної реорганізації органів державного та недержавного управління соціальними, економічними та природними процесами, вдосконалення їх методів і форм управління з використанням методів проектного менеджменту.

Таким чином, широке застосування проектного підходу до організаційного розвитку зумовили ефективність та універсальність проектних інструментів, які дають змогу адаптуватися організації до умов середовища, знизити рівень невизначеності та забезпечити стійкий розвиток у сучасних умовах. Це зумовлює також термінову необхідність підготовки відповідних управлінських кадрів та системи їх підбору на основі ділових і моральних якостей, необхідних сучасному менеджеру.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Харрінгтон Дж. Досконалість управління змінами* / Під наук. ред. В.В. Брагіна. – М.: РІА Стандарти та якість, 2008. – 192 с.
2. *Семяновский В.Н. Целеполагание – основа прогнозирования и управления по опережению.* – Третя міжнародна науково-практична конференція “Відкриті еволюційні системи”. – Київ, ВНЗ ВМУРоЛ, 2007.- с.217-219.
3. *Руководство к своду знаний по управлению проектами.* 5-е издание / Project Management Institute (PMI). – Project Management Institute, Inc., 2012. – 614 с.
4. *Ноздріна Л.В. Управління проектами: підручник* / Ноздріна Л.В., Яшук В.І., Полотай О.І./ За заг.ред.Л.В.Ноздріної. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 432с.
5. *Семяновский В.Н. Основы системогрaфии.* – „Вісник МНТУ” - Збірник наукових праць. № 2, Київ, МНТУ, 2008.- с. 107-110.
6. *Друкер Ф. Питер Эффективное управление предприятием.* М.: Вильямс, 2008. - 224 с.
7. *Мазур І. І., Шапіро В. Д., Ольдерогге Н. Г. Управління проектами:* Навчальний посібник \ За заг. ред. І. І. Мазура – 2-е вид. М.: Омега-Л, 2004.– 664 с.
8. *Старченко Г. В. Управління проектами: теорія та практика:* навч. посіб. / Г. В. Старченко. – Чернігів: видавець Брагінець О. В., 2018. – 306 с.

УДК 330.1

КАК ОЦЕНИТЬ РАЗМЕР КОРРУПЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОЛИГАРХА

*Распопов В. Б., кандидат физико-математических наук, доцент,
Научно-учебный центр прикладной информатики НАН Украины,
Viktor.Raspopov@gmail.com*

HOW TO ASSESS THE SIZE OF THE CORRUPTION COMPONENT OF THE OLIGARCH'S ECONOMIC ACTIVITY

*Viktor Raspopov, Ph.D. in Math&Computer Sc., Associate Professor
Applied Informatics Research & Training Centre for the National Academy of Sciences of
Ukraine (Kyiv, Ukraine)
Viktor.Raspopov@gmail.com*

Abstract: The practical aspects of computer-mathematical modeling, useful for understanding and scientific substantiation of optimal planning strategies used to maximize the profits of monopolies in a corrupt market is considered in this paper.

Key words: *oligarch, corruption, model, postperestroika economy.*

Аннотация. В этой статье рассматриваются практические аспекты компьютерно-математического моделирования, полезные для понимания и научного обоснования оптимальных стратегий планирования, применяемые для максимизации прибыли олигархических монополий в условиях коррупционного рынка. Изложенное в статье применимо для субъектов хозяйствования с монопольно высоким уровнем концентрации капитала, финансовых ресурсов.

По оценкам, которые в последнее десятилетие не раз озвучивались экспертами на украинских телеканалах, во времена правления Президента Виктора Януковича «справедливые откаты» чиновникам составляли до 50% от ожидаемой прибыли, в годы правления Президента Петра Порошенко «справедливая норма прибыли» коррупционеров возросла до 70% : например, в результате повышения тарифов на энергоносители - природный газ и уголь, - по схемам типа «Роттердам+», «Дюссельдорф+», «Амстердам+», - более половины дохода оседает в карманах коррупционеров [1, 2]. Едва ли мы узнаем достоверно об истинном положении дел с размерами коррупции в Постперестроечной и Постмайданной Украине. Потому-то научные исследования заявленных уродливых явлений в сфере экономики *не утрачивают актуальности*, причем, не только для Украины, но и для иных стран СНГ, в которых большинство законопослушных граждан до сих пор столь болезненно переживают процесс разгосударствления олигархами некогда коллективной госсобственности населения СССР.

Ключевые слова: *олигархат, коррупция, модель, постперестроечная экономика.*

Введение. В условиях коррупционного рынка олигарх, имея целью максимизировать свою прибыль, обычно «неформально» взаимодействует с властными структурами, осуществляет подкуп чиновников. К примеру, олигарх, предоставляющий населению коммунальные услуги - энергоносители, электроэнергию, горячую и холодную воду, услуги по вывозу бытовых отходов и прочее, - в условиях коррупционного рынка, в очередной раз повышая цены, обычно идет на определенный коррупционный сговор, издержки, связанные с подкупом чиновников государственных или местных органов власти. При этом он вынужден сопоставлять расходы на коррупцию с ожидаемой

прибылью от предоставления услуг потребителям по завышенным расценкам. Также ему приходится учитывать возможные потери: а именно, рост монопольной цены может неожиданно привести к уменьшению объема потребления услуг, например, из-за обнищания населения, и как следствие, к сокращению размера его прибыли.

Научно обоснованный подход к решению сформулированной выше «соломоновой» задачи в определенном смысле аналогичен тому, как это происходит на этапе пуско-наладки в промышленном производстве: там специалисты экспериментально осуществляют предпусковой тюнинг производства, настройку некоторых технологических параметров оборудования с целью оптимизировать производственный процесс, применяя для этого математические методы планирования технологического эксперимента и соответствующие компьютерные программы. Причем, чем продолжительнее по времени или чем дороже по стоимости будет выпуск штучной продукции, тем большее внимание на производстве уделяется научному обоснованию того, какими именно должны быть те или иные значения технологических параметров производственного процесса [3, с. 44-48].

Математический подход, изложенный ниже, научно обосновывает стратегию адаптивного топ-менеджмента, которую призвана автоматизировать *Экспертная система*. К ее реализации приглашаются аспиранты, студенты-дипломники, стажирующиеся по прикладной математике и программированию в Научно-учебном центре прикладной информатики НАН Украины.

Математическая формализация задачи. Необходимой составляющей любой современной экспертной системы (ЭС) является модуль математического моделирования, с помощью которого ЭС осуществляет прогноз изучаемого процесса и предоставляет пользователю ЭС конкретные рекомендации относительно выбора значений тех или иных технологических параметров, подвластных влиянию топ-менеджмента.

Продолжим на примере рассмотрение заявленной в статье темы. Пусть ожидаемая прибыль олигарха, который предоставляет коммунальные услуги населению, характеризуется определенной математической функцией $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где $\{x_i\}$, $1 \leq i \leq n$ - это расценки на коммунальные услуги. Значениями $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ могут быть либо объективные числовые величины, например, месячный доход от продажи коммунальных услуг, либо некая субъективная экспертная оценка качества бизнеса, например, «эффективность деятельности монополии», оцениваемая в балах ее владельцем-олигархом. Математическая задача состоит в том, чтобы постепенно изменяя расценки на услуги (то есть периодически «согласовывая» с коррумпированными чиновниками в регулирующих органах цены на энергоносители, воду и т.д.), максимизировать значение прибыли – функцию $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Примеры. Поясним суть метода адаптивного поиска экстремума для однопараметрической и для двухпараметрической функций прибыли $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Пример 1. Пусть $n=1$, $x = x_1$, $y = f(x)$.

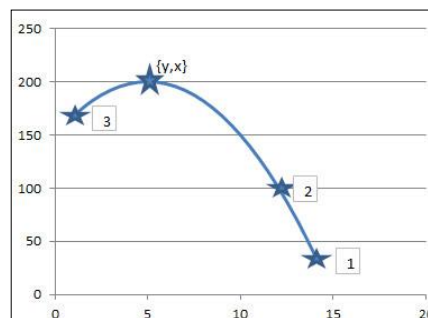


Рис. 1 Модель выпуклой функции в окрестности экстремума - это парабола
 $y = Ax^2 + Bx + C$

Обычно $y = f(x)$ является выпуклой, то есть вблизи экстремума функцию $y = f(x)$ можно приблизить (т.е. аппроксимировать, «заменить») некоторой параболой. Параметры этой параболы – коэффициенты A, B, C , – неизвестны, но их можно вычислить, зафиксировав на графике координаты точек (y_1, x_1) , (y_2, x_2) , (y_3, x_3) , то есть чтобы установить, какие же значения имеют параметры A, B, C , необходимо найти решение следующей системы трех уравнений, линейных относительно коэффициентов:

$$\begin{cases} (x_1^2)A + (x_1)B + C = y_1 \\ (x_2^2)A + (x_2)B + C = y_2 \\ (x_3^2)A + (x_3)B + C = y_3 \end{cases}$$

Используем метод Крамера, чтобы найти неизвестные значения коэффициентов A, B, C :

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1^2 & x_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2 & 1 \\ x_3^2 & x_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad \Delta_A = \begin{vmatrix} y_1 & x_1 & 1 \\ y_2 & x_2 & 1 \\ y_3 & x_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad \Delta_B = \begin{vmatrix} x_1^2 & y_1 & 1 \\ x_2^2 & y_2 & 1 \\ x_3^2 & y_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad \Delta_C = \begin{vmatrix} x_1^2 & x_1 & y_1 \\ x_2^2 & x_2 & y_2 \\ x_3^2 & x_3 & y_3 \end{vmatrix}$$

$$A = \frac{\Delta_A}{\Delta}; \quad B = \frac{\Delta_B}{\Delta}; \quad C = \frac{\Delta_C}{\Delta}$$

Найденные коэффициенты A, B, C позволяют вычислить (а значит, и «спрогнозировать») значения (y_0, x_0) для координат экстремума параболы:

$$x_0 = \frac{-B}{2A}, \quad y_0 = Ax_0^2 + Bx_0 + C$$

Таким образом, практические рекомендации для топ-менеджера (или для олигарха, владельца монополии, который склонен доверять советам *Экспертной системы*) будут такие: целесообразно установить новый тариф на услуги $x = x_0$, и если окажется, что ожидаемая прибыль $y_{\text{эксперимент}}$ совпадает (или почти совпадает, в пределах некоторой погрешности d) с прогнозируемым значением y_0 , то наилучший результат уже найдено.

Мерой достижения результата – то есть погрешностью прогноза d , – может служить формула:

$$d = |y_0 - y_{\text{эксперимент}}|$$

Если же оценка погрешности d , по мнению топ-менеджера (или олигарха) остается еще достаточно большой, то есть когда величина d превышает размер коррупционных издержек монополии на процедуру согласования в государственных или в местных органах власти завышенных тарифов, то адаптивный поиск экстремума прибыли $y = f(x)$ имеет смысл продолжить. А именно, результаты трех последних «экспериментов» с тарифами (y_2, x_2) , (y_3, x_3) , $(y_{\text{эксперимент}}, x_0)$ нужно будет переобозначить так: $x_1 = x_2, y_1 = y_2$; $x_2 = x_3, y_2 = y_3$; $x_3 = x_0, y_3 = y_{\text{эксперимент}}$, что позволит заново рассчитать

коэффициенты A, B, C по математическими формулами, которые приведенны выше, а затем еще раз нужно будет «спрогнозировать» обновленные экстремальные значения параболы - точку с координатами (y_0, x_0) , - и еще раз, но уже с обновленным значением $x_0 = \frac{-B}{2A}$, осуществить следующий этап повышения тарифов, чтобы экспериментально выяснить значение величины $y_{\text{эксперимент}}$, и т.д.

Пример 2. Пусть $y = f(x_1, x_2)$, $n = 2$.

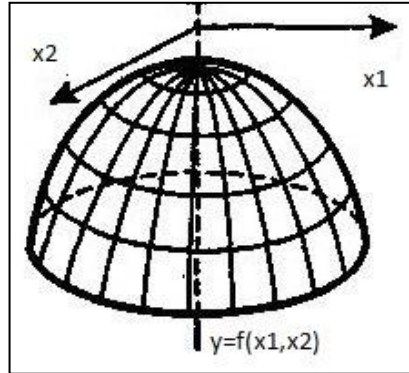


Рис. 2 Приближение функции в окрестности экстремума параболоидом

$$y = Ax_1^2 + Bx_1 + C + Dx_2^2 + Ex_2 + Fx_1x_2$$

Числовые параметры параболоида – коэффициенты A, B, C, D, E, F , - неизвестны, но их значения также могут быть вычислены, если известны результаты шести «тарифных экспериментов» (y_1, x_{11}, x_{21}) , (y_2, x_{12}, x_{22}) , (y_3, x_{13}, x_{23}) , (y_4, x_{14}, x_{24}) , (y_5, x_{15}, x_{25}) , (y_6, x_{16}, x_{26}) , здесь второй индекс j обозначения x_{ij} указывает на номер «тарифного эксперимента».

Чтобы установить, каковы же значения параметров A, B, C, D, E, F , следует воспользоваться методами линейной алгебры. Предстоит отыскать решение системы из шести линейных уравнений относительно шести неизвестных коэффициентов A, B, C, D, E, F :

$$\begin{aligned} A(x_{11}^2) + B(x_{11}) + C + D(x_{21}^2) + E(x_{21}) + F(x_{11}x_{21}) &= y_1 \\ A(x_{12}^2) + B(x_{12}) + C + D(x_{22}^2) + E(x_{22}) + F(x_{12}x_{22}) &= y_2 \\ A(x_{13}^2) + B(x_{13}) + C + D(x_{23}^2) + E(x_{23}) + F(x_{13}x_{23}) &= y_3 \\ A(x_{14}^2) + B(x_{14}) + C + D(x_{24}^2) + E(x_{24}) + F(x_{14}x_{24}) &= y_4 \\ A(x_{15}^2) + B(x_{15}) + C + D(x_{25}^2) + E(x_{25}) + F(x_{15}x_{25}) &= y_5 \\ A(x_{16}^2) + B(x_{16}) + C + D(x_{26}^2) + E(x_{26}) + F(x_{16}x_{26}) &= y_6 \end{aligned}$$

После того, как значения A, B, C, D, E, F найдены, воспользуемся *необходимыми условиями экстремума* непрерывной функции, чтобы вычислить координаты (y_0, x_{10}, x_{20}) точки экстремума параболоида $y = Ax_1^2 + Bx_1 + C + Dx_2^2 + Ex_2 + Fx_1x_2$, а именно

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial x_1} &= 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} &= 0 \end{aligned} \quad \text{або} \quad \begin{cases} 2Ax_1 + Fx_2 = -B \\ 2Dx_2 + Fx_1 = -E \end{cases}$$

Решение этой системы, обозначенное (x_{10}, x_{20}) , позволит нам вычислить значение $y_0 = Ax_{10}^2 + Bx_{10} + C + Dx_{20}^2 + Ex_{20} + Fx_{10}x_{20}$.

Практические рекомендации для топ-менеджера (или для владельца монополии, который доверяет советам этой *Экспертной системы*) такие: нужно провести еще один адаптивный эксперимент с тарифами, но уже при $x_1 = x_{10}$, $x_2 = x_{20}$, и если результат эксперимента $y_{\text{эксперимент}}$ совпадает (или «почти совпадает», конечно, в пределах допустимой погрешности) с прогнозируемым значением y_0 , то приходим к заключению, что наилучший результат $\{x_{10}, x_{20}\}$ уже найден, тарифы далее повышать не целесообразно.

Мерой достижения результата - то есть погрешностью d , - может быть следующая формула:

$$d = |y_0 - y_{\text{эксперимент}}|$$

Если же величина погрешности d , по субъективной оценке топ-менеджера или олигарха, владельца монополии, все еще достаточно велика (то есть когда она превышает размер ожидаемых коррупционных издержек монополии на подкуп чиновников, которые в государственных или в местных органах власти «дают добро» на повышение тарифов на энергоносители и на расценки коммунальных услуг), то адаптивный поиск экстремума в ЭС имеет смысл продолжить.

Замечания относительно модификации метода. В отличие от рекомендаций по допустимой мере отклонения d и переобозначению точек x_{ij} , которые будут учитываться на следующем шаге алгоритма построения параболоида, иногда можно воспользоваться регрессионным моделированием, суть которого в том, чтобы вычислять новые значения параметров A, B, C, D, E, F параболоида на основании всех без исключения результатов предыдущих «тарифных экспериментов», используя для этого *метод наименьших квадратов (МНК)*. Возможны и иные подходы, основанные на применении критерия Чебышева, или же на эвристиках. Например, из числа всех предыдущих «тарифных экспериментов» для дальнейших расчетов оставим только те шесть, которые обеспечили лучший прогноз значения y_0 . То есть, при программной реализации математического блока *Экспертной системы*, в условиях дефицита достоверной информации об $y = f(x_1, x_2)$, программист может основываться и на *эвристике*, осознавая при этом, что математическая модель функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ в виде параболоида – это лишь некое математическое допущение (гипотеза) выше формализованной задачи.

Обобщение метода. Экспериментальный поиск экстремума много параметрической функции прибыли $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, для $n \geq 2$, потребует проведения еще более сложных вычислений. Разработчику ЭС также понадобятся определенные теоретические и практические знания по численным методам оптимизации, о которых не идет речь в данной статье. *Математические методы планирования эксперимента* позволяют научно обосновать и практически спланировать, в условиях не полной информации, адаптивный поиск экстремума стохастической функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n, \omega)$ для произвольного значения $n \geq 2, \omega \in \Omega$.

Выводы. В практической науке столько науки, сколько в ней математики, - писал Иммануил Кант. Приведенные в этой статье математическая модель, примеры и методические рекомендации по их применению определяют суть теоретических исследований, с которыми на практике сталкивается программист, разработчик *Экспертной системы*. Модели, приведенные в статье, могут быть использованы при разработке математических разделов современных учебных курсов, учебных пособий и

учебников, ориентированных на финансистов, экономистов, будущих специалистов по экономической кибернетики. Изложенное в статье прошло апробацию на всеукраинской 2018 г. и международной 2019 г. конференциях экономистов [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Роттердам плюс** / Вікіпедія. Вільна енциклопедія. – [Електронний ресурс]. - Режим доступа: https://uk.wikipedia.org/wiki/Роттердам_плюс
2. **Азаров Н.Я. Об олигархах и экономике Украины** / YouTube. - [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/JRhHZfnhB50>
3. **Распопов В.Б. Інженерний підхід до проектування математичного блоку експертної системи технолога** // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського: Серія: «Технічні науки». Том 28 (67), № 2, 2017. – С.: 44-48. – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://en.calameo.com/read/0031683727973b2e54122>
4. **Распопов В.Б. Адаптивна максимізація прибутку монополії в умовах "корупційного ринку".** - Стратегія розвитку України: фінансово-економічний та гуманітарний аспекти: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. - Київ, "Інформаційно-аналітичне агенство", 2018. - 445 с. - С.: 275-280.- [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <https://en.calameo.com/books/00316837266e49e0e7630>
5. **Распопов В.Б. О компьютерно-математическом моделировании взаимовлияния олигархата и коррупции в постперестроечной экономике.** - Проблеми і перспективи інноваційного розвитку економіки в контексті інтеграції України в Європейський науково-інноваційний простір: матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції, Одеса, 19–21 червня 2019 р. / НАНУ, ДУ «Інститут досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України», Київ. – «Видавництво «Фенікс», 2019. – 243 с. – С.: 180-185. - [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <https://ru.calameo.com/read/0031683727c0cc58f36c5>

UDC 519+681

THE PIONEERS OF IMPLEMENTING SOFTWARE TOOLS IN THE SCIENTIFIC ACTIVITIES OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

Viktor Raspopov, Ph.D. in Math&Computer Sc., Associate Professor

Igor Tkachev, Ph.D. in Math&Computer Sc., Associate Professor

The Applied Informatics Research & Training Center of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kiev, Ukraine)

Viktor.Raspovov@gmail.com,

tk_i@ukr.net

Abstract: The purpose of this report is to acquaint the conference participants with the main aspects of the activities of the Scientific and Educational Center for Applied Informatics of the National Academy of Sciences of Ukraine (hereinafter - the Center). Additional information, as well as news of the Center's work, can be obtained by referring to the site, which, from 2010 to the present, displays all relevant information about the scientific, educational, career guidance and educational activities of the Center's scientific and pedagogical team [1]. Illustrative material for this report is posted on the popular international portal for electronic publications CALAMEO.

Key words: Information, scientific, educational, career guidance, scientific and pedagogical team

ПІОНЕРИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ДІЯЛЬНІСТЬ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ УСТАНОВ НАН УКРАЇНИ

Расповов В.Б., Ткачев И.И.

Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України (Київ, Україна)

Viktor.Raspovov@gmail.com, tk_i@ukr.net

Вступ. Доповідь знайомить закордонних учасників конференції з основними аспектами діяльності Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України (далі - Центр). Мета повідомлення – встановлення творчих контактів з науковцями і викладачами країн ЄС, що працюють в функціонально споріднених нашому Центру закордонних науково-навчальних установах, спеціалізуються на *підвищенні ІКТ-кваліфікації* науковців і викладачів вишів, університетів. Інформація про наукову, навчальну, профорієнтаційну та просвітницьку діяльність є на сайті Центру [1]. Ілюстративний матеріал до цієї публікації є на популярному міжнародному порталі CALAMEO: <https://ru.calameo.com/read/003168372716d7b154283> [2].

Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» (1991 р., оновлено 2015 р.) гарантує, що наукова установа, в якій працює вчений, надає йому можливість безоплатно, раз на п'ять років, підвищувати професійну кваліфікацію [3]. Цю освітню послугу - з ефективного використання *інформаційно-комп'ютерних технологій* у наукових дослідженнях, - надає співробітникам НДІ НАН України наш Центр. У 1987 р в Києві при Кібернетичному центрі за ініціативи Президента НАН України Б. Є. Патона була створена спеціалізована науково-навчальна кафедра, на якій здобувачі наукових ступенів в обов'язковому порядку мали складати додатковий кандидатський іспит (з основ інформатики і обчислювальної техніки). Згодом, коли персональний комп'ютер і ноутбук для кожного науковця стали повсякденно звичними знаряддями інтелектуальної праці,

викладачі Центру розробили спецкурси, орієнтовані на поглиблене вивчення дослідниками сучасних інструментальних наукових програм.

Нині особливо затребуване науковцями НДІ НАН України навчання з підвищення ІКТ-кваліфікації за такими напрямками: (1) ефективне використання ІКТ-технологій для *автоматизації теоретичних досліджень* засобами комп'ютерно-математичного моделювання, (2) *автоматизації експериментальних досліджень* (з комп'ютеризації лабораторного експерименту, статистичної обробки даних, узагальнення і візуалізації результатів експерименту, які готуються до оприлюднення на наукових форумах тощо). Зокрема, підвищеним попитом вчених-теоретиків користується спецкурс по вивченню можливостей системи комп'ютерної математики *Wolfram Mathematica*. Ця система дозволяє виконувати комп'ютерно-математичне моделювання досліджуваного процесу або явища, - природного або соціального. Вчені-експериментатори на курсах в Центрі вивчають можливості програмної системи *Origin*. Ця система орієнтована на візуалізацію і на статистичну обробку числових експериментальних даних; її також можна з успіхом використовувати для автоматизації прогнозування в економіці *методами регресійного аналізу*. Наукові співробітники бажають також вивчати в Центрі сучасні *технології WEB-дизайну*, сайтобудування. Інженери-дослідники, що автоматизують експериментальне лабораторне обладнання, вивчають в Центрі інструментальні *системи програмування Java, C++* і інші мови програмування. З повним переліком навчальних спецкурсів і програм можна ознайомитися на сайті Центру [1], в розділі «Діяльність центру» => «Навчальна діяльність».

Результати начально-методичної діяльності. Професорсько-викладацьким колективом Центру в 1987-2019 рр. були напрацьовані навчально-методичні посібники з ІКТ. Наприклад, доценти к.ф.-м.н. **Ткачов І.І.** і к.ф.-м.н. **Сибірцев В.Г.** - автори книги «Бейсік для персональних ЕОМ. Довідковий посібник» (1992). Доцент к.ф.-м.н. **Мінько А.А.** - автор навчальних посібників: «Статистичний аналіз в MS Excel» (2004), «Фінансова арифметика» (2006), «Прогнозування в бізнесі за допомогою Excel» (2007), «Статистика в бізнесі» (2008), «Функції в Excel: довідник користувача» (2007), «Прийняття рішень за допомогою Excel» (2007), «Зведені таблиці і діаграми в Excel» (2009), «Сучасний аналіз даних в Excel для науковців» (2016 2017, 2018). Остання з названих електронних книг орієнтована на дистанційну, дуальну форму навчання і самонавчання, користується заслуженим успіхом у читачів мережі. Доцент к.ф.-м.н. **Распопов В.Б.** і аспірант **Манжула А.М.** - автори навчального посібника «Медіа дидактика: методи створення навчальної презентації» (2011) та інші. Інженер-дослідник **Зелениця А.М.** розробив електронний посібник з *Wolfram Mathematica* (російською та українською мовами, 2016). Доцент к.ф.-м.н. **В.М. Семяновский** - автор навчального посібника «Методи соціально-економічного прогнозування» (2011) для навчання аспірантів-економістів НДІ НАН України. Зазначені навчальні посібники були видані центральними видавництвами в Україні, Росії, такої розміщені на популярному міжнародному порталі електронних публікацій CALAMEO [2].

Результати наукової діяльності. У 1987-2019 рр. в Центрі сформувалася наукова школа член-кореспондента НАН України професора д.ф.-м.н. **Гупала Анатолія Михайловича**. У 1987-2002 рр. пріоритетним напрямком досліджень професорсько-викладацького колективу були: *теорія складності* задач розпізнавання і навчання, *комп'ютерно-математичні методи логіко-статистичного аналізу*, що знайшло практичне застосування в *базах даних та експертних систем* для автоматизації пошуку причинно-наслідкових залежностей (наприклад, в матеріалознавстві, в медицині) [4, 5].

У 2001 році, як відомо, успішно завершився перший етап міжнародної наукової програми GENOM («Геном людини»). Завдяки можливостям інтернет, код ДНК і коди окремих білків, які були накопичені в ході виконання проекту GENOM у мережевих банках даних, стали доступні міжнародній спільноті дослідників. Актуальною постала така наукова задача: *картографування генів*. Суть цієї логіко-математичної задачі:

навчитися комп'ютерно-математичними методами автоматично аналізувати генетичну інформацію, приховану в коді ДНК, щоб передбачати ті найбільш ймовірні ділянки коду ДНК, які кодують той чи інший з білків. Планова наукова тематика, яку нині виконує Центр, тісно пов'язана з розробкою нових комп'ютерно-математичних методів і програм, призначених для вирішення цих актуальних завдань біоінформатики [5]. Одним з практичних результатів виконання в 2016-2018 рр. планової НДР «Розробка методів аналізу і розпізнавання структур складних об'єктів на основі марковських моделей» став навчальний спецкурс з біоінформатики, розроблений в Центрі для навчання молодих дослідників. Нині цей спецкурс проходить апробацію на факультеті інформаційних технологій Київського державного університету імені Тараса Шевченка [6].

Ще один напрямок наукових досліджень Центру - це *розробка теорії реляційних систем* (провідний розробник - доцент к.ф.-м.н. **Ткачов І.І.**). Ця теорія широко використовується в світовій практиці при розробці систем структурного розпізнавання образів, опису систем подання знань засобами штучного інтелекту (ШІ). Нейронні мережі, що стали нині практично синонімом штучного інтелекту, також є прикладом *реляційних систем*. Центральною темою досліджень є розробка методу *автоматичної побудови оптимальної за складністю реляційної системи*, що породжує задану множину структурних об'єктів [7]. До теперішнього часу такі породжуючі конструкції (тобто, формальні мови опису структур), або конструювалися «штучно» самими розробниками, або мали надмірну складність. Очікуваним результатом означених досліджень стане поява якісно нових методів аналізу ефективності нейронних мереж і методів побудови систем ШІ.

Результати профорієнтаційної та просвітницької діяльності. Науково-педагогічний колектив Центру з 1987 р і до тепер постійно приділяє увагу питанням ранньої профорієнтації юних програмістів з числа старшокласників, які готують себе до кар'єри науковця. Центр співпрацює з педагогами у навчанні юних програмістів Малої академії наук України (це - участь співробітників Центру у роботі журі олімпіад з програмування, проведення конкурсів юних програмістів, наукове керівництво стажуванням в Центрі академічно обдарованих студентів київських вишів) [8, 9, 10]. Наприклад, співробітники Центру - запрошені співорганізатори і члени журі Всеукраїнських та Міжнародних чемпіонатів «EcoSoft», які регулярно проводяться серед старшокласників, юних програмістів Національним еколого-натуралістичним центром учнівської молоді МОН України (<https://nenc.gov.ua/>). На випадок, якщо з *причини коронавірусної пандемії чемпіонат «EcoSoft-2021» буде проходити тільки в онлайн-режимі*, наш Центр розробив творче завдання для заочного туру конкурсу. Завданням для юних програмістів розміщене за URL-адресою: <https://ru.calameo.com/read/003168372432aee184e4d>.

Студенти відомчого КАУ НАН України, втім як і творчі академічно обдаровані студенти бакалавратів київських технічних вузів, запрошуються в Центр на переддипломну практику, - з метою подальшого працевлаштування в Центрі (див. Сайт [1]).

При експертній підтримці науковців і викладачів Центру - з 2011 р. і до тепер, - в Україні регулярно проводяться науково-практичні студентські тематичні конференції (у співпраці з Інститутом іноваційн освіти «Нова освіта», викладачами вишів, науковцями НДІ). Центр є співорганізатором міжнародних науково-практичних конференцій «Open Evolving Systems», праці конференцій «Open Evolving Systems» розміщуються у відкритому доступі - на сайті Центру, на порталі CALAMEO тощо [11, 12].

Висновки. Маємо надію, наукові здобутки і науково-педагогічні напрацювання Центру, зацікавлять учасників цієї конференції, колег, які в країнах ЄС спеціалізуються на ІКТ-освіті професійних науковців-дослідників і викладачів вишів. В свою чергу колектив Центру зацікавлений в отриманні від закордонних колег зворотньої достовірної інформації про таке: *стандартизація комп'ютерної професійної освіти в країнах ЄС, джерела*

фінансування і організація освітнього процесу в країнах ЄС тощо. Зокрема, нас зацікавить інформації щодо комп'ютерної освіти за стандартами ECDL, джерел фінансування академічної мобільності науковців і студентів за болонською системою, дієвих методик та комп'ютерного інструментарію для дистанційної освіти дорослих, особливо в нинішніх умовах коронавірусної пандемії. Відповіді на означенні вище питання маємо надію отримати від закордонних колег з країн ЄС, які братимуть участь у цій поважній міжнародній конференції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сайт Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України. - URL: <http://www.nucpi.nas.gov.ua/>
2. Міжнародний портал електронних публікацій CALAMEO. - URL: <https://en.calameo.com/>
3. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність». - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19>
4. Гупал А.М., Сергієнко І.В. Оптимальні процедури розпізнавання. - Київ: Наукова думка, 2008. - 232 с. - URL: <https://en.calameo.com/read/00316837269a118248dd9>
5. Гупал А.М., Сергієнко І.В. Симетрія в ДНК. Методи розпізнавання дискретних послідовностей. - Київ: Наукова думка, 2016. - 227 с. URL: <https://en.calameo.com/read/003168372e97d8bddb220>
6. Гупал А.М., Островський О.В., Распопов В.Б. Навчальний курс для магістрів, аспірантів і науковців "Біоінформатика". - Зб. "Розробка моделей та методів аналізу складних систем, засоби комп'ютерної математики" / Під ред. доцента В. Б. Распопова // Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. - Київ: НУЦПІ НАНУ, 2016. - 122 с. - С. : 15-21. - URL: <https://ru.calameo.com/read/003168372fc8fe652df02>
7. Ткачов І.І. Генеративні можливості реляційних схем / В кн. Міжнародний науковий симпозиум «Інтелектуальні рішення»: Обчислювальний інтелект (Результати, проблеми, перспективи): Матеріали V-ої Міжнародної науково-практичної конференції, Україна, 15-20 квітня 2019 р., Ужгород // Міністерство освіти і науки України, ДВНЗ "Ужгородський національний університет" та [ін.]; наук. ред. В.Є. Снитюк. - С.: 131-132. - URL: <https://en.calameo.com/read/003168372f07dda801899>
8. Теорія і практика допрофесійної підготовки юних програмістів МАН: Аналітико-бібліографічний огляд. / Відп. ред. В.Б. Распопов. - Київ: ННЦ ПІ НАНУ, 2007. - 64 с. - URL: http://nucpi.nas.gov.ua/images/staff/Raspopov/vbraspopov-site/Works/2007_TeoriyaPraktikaMAN2007.pdf
9. Манжула А.М., Распопов В.Б. Огляд мультимедійних проєктів членів МАН. - Ж-л "Комп'ютер у школі та сім'ї", №2 (90), 2011. - с. 50-53. - URL: http://nucpi.nas.gov.ua/images/staff/Raspopov/vbraspopov-site/Works/2011_ManzhulaRaspopovCSF2.pdf
10. Распопов В.Б. Щоб вивчитись на науковця: Вісник Національної Академії наук України, №12, 2012. - С. 44-54. - URL: http://nucpi.nas.gov.ua/images/staff/Raspopov/vbraspopov-site/Works/2012_12%20RaspopovVisnikNANULearnToBeAScientist.pdf
11. Сайт міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференцій «Нова освіта». - URL: <http://novaosvita.com/>
12. Праці Міжнародних конференцій «Open Evolving Systems» на порталі CALAMEO. - URL: <http://ru.calameo.com/books/00316837267f8c19dcfe3>, <http://ru.calameo.com/books/00316837226e019643991>)

ВИКОРИСТАННЯ БАЙЄСІВСЬКИХ ФОРМУЛ В МЕТОДІ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАЗМОВОГО РЕЗОНАНСУ АГРЕГОВАНИХ КЛІТИН КРОВІ

Гридіна Н.Я., Гупал А.М., Тарасов А.Л., Ушенін Ю.В.

Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України (Київ, Україна)

gupalanatol@gmail.com

Вступ. Гліоми - це злоякісні пухлини головного мозку, які під час зростання піддаються прогресії, переходячи з менш злоякісних форм у високо злоякісні. Як правило, доброякісні пухлини ростуть поволі, вони менш руйнівні для здорової тканини мозку, тоді як злоякісні пухлини стрімко розростаються і вражають здорові тканини. Згідно класифікації, гліоми розрізняють по ступенях злоякісності: I, II, III і IV (гліоми I і II ступені умовно вважаються доброякісними, а III і IV – злоякісними). Відзначимо, що гліоми I ступеня бувають тільки у дітей. Метастази в головний мозок є клітинними утвореннями з первинного позамозгового пухлинного вогнища, які мігрують в головний мозок і формують в ньому у множинні вогнища злоякісного зростання.

Менінгіоми – позамозгові пухлини, що ростуть з клітин тканин мозкових оболонок, що оточують головний мозок. В більшості випадків радикальне видалення менінгіоми гарантує лікування, або знижує ризик рецидиву (повторне утворення пухлини) практично до нуля, хоча бувають випадки прогресії менінгіом до злоякісних форм. Прогноз при злоякісних гліомах є несприятливим. За даними статистичних досліджень, середня тривалість життя після операцій складає близько 9 місяців у пацієнтів з гліомами IV ступеня злоякісності (гліобластомами). При комплексному лікуванні (хірургічне втручання, потім променева і хіміотерапія) в середньому за різними джерелами 68% хворих доживають до 1 року, 23,7% – до 2-х років, до трьох років – 4-5% [1-4].

Раніше припускали, що гемато-енцефалічний бар'єр (ГЕБ) захищає тканини мозку від запальних процесів. Проте зв'язок між черепно-мозковими травмами (ЧМТ) і пухлинами головного мозку спростовує це припущення. У 24% хворих з гліомами головного мозку в анамнезі (відомості про розвиток хвороби) відмічено наявність черепно-мозкових травм. В середньому пухлини головного мозку виникали через 3 місяці – 12 років після ЧМТ, а в деяких випадках пухлини виникали і через 15-20 років після травми [5-6]. Яких-небудь серйозних концепцій, які пояснюють ці спостереження, не існує.

Візуалізуючими методами досліджень, такими як магнітно-резонансна томографія (МРТ) або комп'ютерна томографія (КТ), не завжди можна вирішити питання про діагностику пухлини. Цьому може сприяти кровотеча з пухлини або локальна травма з масою некротичних тканин, властивих злоякісним пухлинам головного мозку. Часто набряклість тканини мозку при черепно-мозковій травмі (ЧМТ) також не дозволяє поставити достовірний діагноз. Складно також провести градацію злоякісності гліом, що іноді буває необхідним для проведення передопераційних заходів. У зв'язку з цим розробляються додаткові методики диференціальної діагностики осередкових патологій головного мозку, які засновані як на біохімічних, так і на фізичних характеристиках тканин пухлин.

Нині велику актуальність набувають задачі, які пов'язані з вдосконаленням методів діагностики стану функціональних систем організму. Оскільки кров є внутрішнім середовищем організму, то навіть невеликі зміни її гомеостатичних характеристик мають істотне діагностичне і прогностичне значення. Це повною мірою відноситься до комплексу показників текучості крові і до параметрів мікрореологій еритроцитів. До показників мікрореології еритроцитів відносяться їх деформованість і агрегація. Остання

характеристика, а саме агрегація кліток крові, є тонким індикатором стану організму в цілому [7-8].

Останнім часом було показано, що будь-який злоякісний процес в організмі супроводжується пухлинно-асоційованим запаленням (ПАЗ) [9-12]. Нашими попередніми дослідженнями було встановлено, що ПАЗ практично відсутній при доброякісних новоутвореннях, які з'являються і починають посилюватися при злоякісних пухлинах [13-15]. Це чітко простежується при прогресії гліом головного мозку з умовно доброякісної гліоми II ступеня злоякісності до гліоми IV ступеня злоякісності, яка характеризується швидким розвитком, що приводить до смерті хворих протягом 1-2-х років. При цьому злоякісні характеристики пухлин багато в чому співвідносяться з наявністю ПАЗ.

Агрегація клітин крові є кардинальною характеристикою механізму запального процесу, яка обумовлює II стадію патогенезу будь-якого запалення, у тому числі і ПАЗ. Рівень агрегації клітин крові багато в чому визначається активністю іонотропних NMDA-рецепторів на мембранах кліток пухлин і кліток периферичної крові [15]. У структурі NMDA-рецепторів знаходяться кальцієві канали, які також модифікують мембранний заряд клітин крові. Визначення рівня агрегації кліток крові з метою диференціальної передопераційної діагностики пухлинних і запальних процесів стає актуальною проблемою, рішення якої може сприяти точнішому їх розпізнаванню.

Суть запропонованої методики. У основі методики, за якою були одержані експериментальні дані, лежить поверхнево плазмовий резонанс (ППР) [16]. Плазмовий резонанс – це збудження поверхневого плазмона (квазічастинки, що відповідають квантуванню плазмових коливань, які є колективними коливаннями вільного електронного газу) на його резонансній частоті зовнішньою електромагнітною хвилею. Для зняття плазмового резонансу був розроблений спектрометр плазмового резонансу «Плазмон – 6», розроблений в Інституті фізики напівпровідників імені В.Е. Лашкарьова НАН України, який в режимі реального часу відображає процеси агрегації клітин крові і не вимагає для своєї роботи радіоактивної або флюоресцентної мітки. При конструюванні приладу використовувалися принципи нанотехнологій, що дозволяє реєструвати міжклітинну взаємодію на нанорозмірних відстанях (близько 200-300 нм).

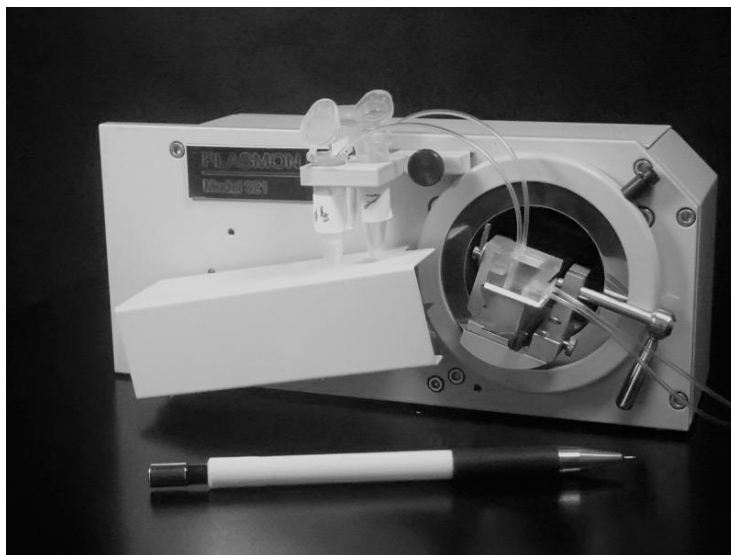


Рис.1 Спектрометр плазмового резонансу «Плазмон – 6»

Принцип дії приладу (дивись Рис. 1) полягає в тому, що колімірований поляризований промінь джерела оптичного збудження, потрапляючи з боку скла на напилений через проміжний адгезійний шар хрому (1-1,5 нм) і на нанорозмірний шар золота (45-50 нм) може при певних кутах падіння порушувати в шарі золота плазмонні коливання. Факт і параметри збудження плазмонних коливань можна фіксувати,

визначаючи параметрисвітла, відбитого від золотої плівки. Умови збудження плазмонних коливань істотно залежать від середовища, що контактує з плівкою золота. Будь-які зміни цього середовища призводять до зміни кута падіння світла, при якому відбувається збудження плазмонних коливань. У дослідженнях, про які доповідається, з поверхнею золотої плівки контактували, зокрема, клітини крові.

Метод плазмового резонансу має істотну перевагу перед рештою інших методів з визначення ступеню агрегації клітин крові. Перевага методу плазмового резонансу полягає в реальній можливості проводити дослідження на нативних (тобто, на не пошкоджених при дослідженні) клітинах крові, без додавання до крові розчинів хлориду натрію або різних буферних систем, як того вимагають умови визначення клітинної агрегації при інших методах. Відкриття іонних каналів і іонотропних рецепторів на клітинах крові було зроблено в останнє десятиліття. Багато методів визначення агрегації або дзета-потенціалу мембран клітин крові на той час вже були розроблені і широко використовувалися. Дослідники навіть не підозрювали, що буферні розчини, які містять різні солі-електроліти, впливають на показники трансмембранного потенціалу і на агрегацію клітин крові, блокують різноманітні канали і змінюють активність іонотропних рецепторів. Тому результати досліджень за визначенням ступеня агрегації клітин крові з використанням сольових розчинів або буферних систем можуть не відповідати дійсності.

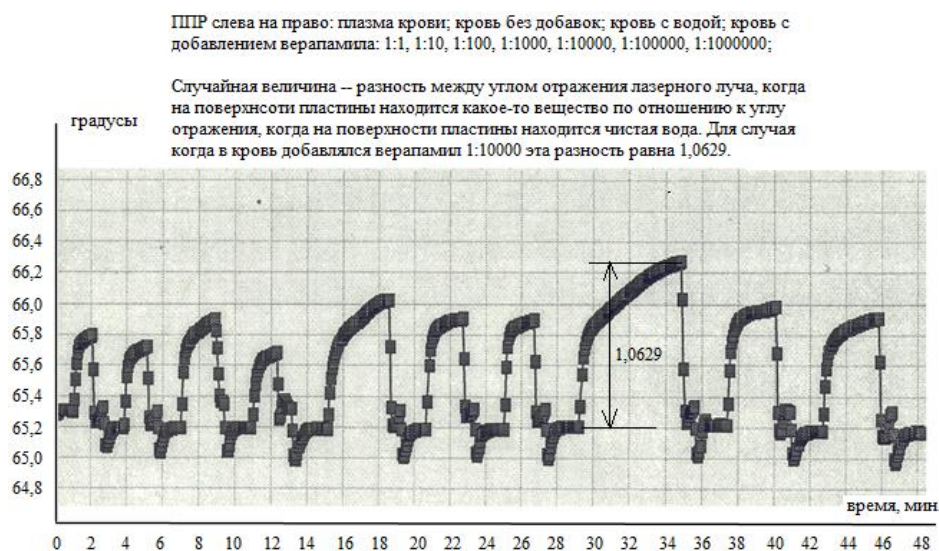


Рис 2. Показники рівня агрегації клітин крові

У 344 хворих, що поступили на обстеження і лікування до ДУ Інститут нейрохірургії імені академіка А.П. Ромоданова НАМН України з нейрохірургічною патологією запального і пухлинного генеза, досліджували показники рівня агрегації кліток крові двома методами: методом поверхневого плазмонного резонансу на біосенсорі «Плазмон» і методом модифікованої швидкості осідання еритроцитів [17]. Гепаринізовану венозну кров, узятую у хворих до початку лікування, розділяли шляхом центрифугування на клітинні елементи крові і плазму. Клітинну фракцію використовували для визначення зрушення мінімуму кривої поверхневого плазмового резонансу (ППР) в градусах (дивись Рис.2), що відображає ступінь агрегації клітин крові. З рис. 2 наочно видно, що собою являє випадкова величина, яка аналізується в даній роботі.

Перед початком досліджень в зразки крові додавали препарати верапаміла і кетаміна. Відомо, що у фізіологічних умовах NMDA-рецептори активуються мілімолярними концентраціями глутамата, який присутній в синаптичній щілині протягом декількох мілісекунд. При патологічній імпульсації рецептори активуються мікромолярними концентраціями, але протягом значного більшого часу [11, 12]. Цю закономірність узяли за основу при дії мілі- і мікромолярними концентраціями верапаміл-

гідрохлоріда на рівень агрегації клітин крові. Аналогічну процедуру проводили при дослідженні рівня агрегації клітин крові методом модифікованого ШОЕ (МШОЕ).

Отже, як метод імовірнісного моделювання, за основу була узят розробка алгоритму аналізу показників ППР із застосуванням байєсівської процедури розпізнавання (БПР). БПР була проведена за показниками рівня агрегації клітин крові методом ППР і МШОЕ [16] між наступними патологіями: метастази (Mt); черепно-мозкова травма (ЧМТ); гліоми II, III і IV ступені злоякісності; менінгіоми I ступеня. Також як контрольна група аналізувалися дані за показниками ППР і МШОЕ для здорових людей.

Як згадувалося вище, випадковою величиною для показників ППР, що знімаються, є зрушення мінімуму кривої поверхневого плазмового резонансу в градусах (дивись Рис.2). Як і для показників МШОЕ, які аналізувалися раніше [17] показники ППР приводяться до дискретного вигляду, тобто оцифровуються. Відзначимо, що показник ППР для окремої речовини-добавки і при її різному розведенні з водою має значення випадкової величини (на даний момент діапазон значень показників ППР, що знімаються, складає від 0,0132 до 4,2714 градусів). Алгоритм застосування БПР для ППР майже аналогічний застосуванню БПР для показників МШОЕ [17].

Також вводиться поняття КП (комплексний параметр), що включає діагнози, які розпізнаються між собою, речовину-добавку, концентрацію розбавлення з водою (звичайно ці концентрації бувають: 1:1, 1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000, 1:1000000) і довжину інтервалу розбиття діапазону можливих значень ППР. У даній роботі розпізнаються тільки пари діагнозів, наприклад, гліоми III і IV ступенів злоякісності. Серед речовин-добавок аналізувалися верапаміл, кетамін, а також знімалися показники ППР для крові без добавок, для плазми крові, а також показники ППР з додаванням води.

Даний КП значно скорочує обчислення і відповідає ситуації, коли кількість змінних, що описують об'єкт, дорівнює одиниці. Як показано далі в цій доповіді, аналогічно [17], необхідно обчислити і порівняти тільки два числа, а потім підібрати таку довжину інтервалу розбиття діапазону можливих значень показників ППР, при якому БПР видає якнайкращий результат розпізнавання на даній навчальній вибірці.

Розглянемо алгоритм отримання КП (дивись Рис. 3). На рис.3 показаний КП відповідає показникам ППР для крові без речовин-добавок, парі станів «здорові» і «гліоми IV ступеню злоякісності», інтервал розбиття діапазону можливих значень - 0,7269 градуса. Цей КП одержаний системою, що навчалася на реальних показниках ППР

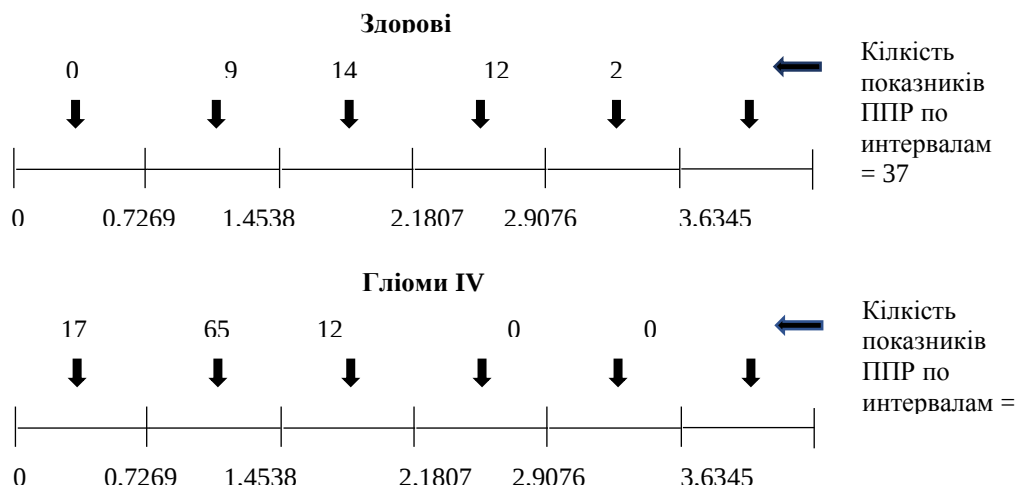


Рис.3 Розподіл показників ППР крові без додаток

Ефективність розпізнавання КП для рис. 3 класу «здорові» складає близько 75,7%, а для «гліоми IV ступеню злоякісності» – 87,2%. Приводимо опис отримання цих результатів.

Інтервал розбиття діапазону можливих значень ППР змінюється від 0,0001 до 1 градуса, з кроком приросту 0,0001 градус. Тобто, аналізуються 1000 розподілів таких, як показано на рис.3. Процедура розпізнавання будується за формулою Байєса:

$$P(f=i|x_1) = \frac{P(x_1|f=i)P(f=i)}{P(x_1)}, i = \{3, Гл.IV\} \quad (1)$$

Під час потрапляння на вхід БПР нового показника ППР кожний з двох класів «здорові» і «гліоми IV ступеню злоякісності» дають відповідь згідно формули (1). Після цього набуті значення порівнюється і аналізований об'єкт відповідає тому класу, у якого це значення вище. Відзначимо, що всі імовірності в формулі (1) замінюються частотами, одержаними на основі навчаючої вибірки показників ППР.

У формулі (1) $P(x_1 | f=i)$ – частота появи події (у нашому випадку, відповідає одному показнику ППР одного дослідження і є інтервалом, в який потрапляє цей показник згідно рис.3) для класу i , $P(x_1 | f=i)$ – частота появи класу i в навчаючій вибірці і $P(x_1)$ – частота появи події у всій навчаючій вибірці. Тобто потрібно вибрати максимальне значення із значень $P(f=3|x_1)$ та $P(f=Гл.IV|x_1)$. При порівнянні цих двох значень $P(x_1)$ скорочується, таким чином, маємо порівняти

$$P(x_1|f=3)P(f=3) \text{ та } P(x_1|f=Гл.IV)P(f=Гл.IV).$$

Нехай на вхід навчаючої вибірки поступає показник ППР, який потрапляє в інтервал j . Частота $P(x_1|f=3)$ оцінюється як $\frac{m_{j3}}{m_3}$, m_{j3} – кількість показників ППР, що потрапили в j інтервал для класу «Здорові», m_3 – кількість здорових в навчаючій вибірці), частота $P(x_1|f=Гл.IV) = \frac{m_{jIV}}{m_{IV}}$, m_{jIV} – кількість показників ППР, що потрапили в j інтервал для класу «Гліоми IV ступеню злоякісності», m_{IV} – кількість пацієнтів з гліомами IV ступеню злоякісності у навчаючій вибірці), частота $P(f=3) = \frac{m_3}{(m_3+m_{IV})}$, $P(f=Гл.IV) = \frac{m_{IV}}{(m_3+m_{IV})}$. В результаті, при порівнянні після всіх підстановок

і скорочень, приходимо до висновку, що для розпізнавання досить порівняти лише m_{j3} та m_{jIV} значення. Тобто, маємо

$$A(x_1 = j) = \begin{cases} \text{Здорові, якщо } m_{j3} > m_{jIV} \\ \text{Гліоми IV ст.зл., якщо } m_{j3} < m_{jIV} \\ \text{Невідомо, якщо } m_{j3} = m_{jIV} \end{cases}, \quad (2)$$

де $A(x_1 = j)$ – стан об'єкту для показника ППР, що потрапив в j інтервал, який визначається навчаючою системою.

Проаналізуємо роботу БПР для рис. 3. Маємо = 37 показників ППР $m_{IV} = 94$ показників ППР. Всього маємо 131 показник ППР. Навчаюча система після отримання дискретного розподілу для рис. 3 послідовно перевіряє стан кожного з 131 показників. При цьому, якщо показник, що перевіряється, відповідає класу «гліоми IV ступеню злоякісності» (нагадаємо, що приналежність показника ППР до розпізнаного класу відома нам з навчаючої вибірки) і рівний, наприклад 1,4 градуса, то щоб перевірити його на приналежність до свого класу, для другого інтервалу класу «гліоми IV ступеню злоякісності» (1,4 знаходиться між 0,7269 і 1,4538 – другий інтервал на Рис. 3) кількість показників ППР цього інтервалу зменшується на одиницю і другий інтервал, на даний момент, має 64 показники. За рахунок цього, стан об'єкту дослідження, що перевіряється, вважається невизначеним.

Далі, стан об'єкту визначається згідно (2), тобто порівнюємо кількість показників ППР для другого інтервалу «гліоми IV ст.зл.» – 64 і кількість показників ППР для другого інтервалу «здорові» – 9. Таким чином, об'єкт належить до класу «гліоми IV ст. зл.», стан об'єкту визначений вірно. Для того, щоб перейти до наступного показника ППР, дискретний розподіл класу «гліоми IV ст. зл.» повертається в початковий стан, тобто кількість показників ППР для другого інтервалу знов дорівнює 65 (дивись Рис.3). Для класів «здорові» і «гліоми IV ст.зл.» проводиться статистика позитивного розпізнавання і КП для рис. 3 має ефективність розпізнавання не нижче 75,7% (ефективність розпізнавання класу «здорові»).

Результати розпізнавання для рис. 3 легко одержати швидким порівнянням розподілів ППР по інтервалах з урахуванням того, що кожен показник ППР виключається з навчаючої вибірки, тобто у відповідних інтервалах розподіл по інтервалах зменшується на одиницю.

Приведемо його для рис. 3 тільки для класу «здорові» (для «гліом IV ст. зл.» порівняння аналогічно). Клас «здорові»: перший інтервал не має показників ППР. Другий інтервал має 9 показників ППР, але оскільки для другого інтервалу класу «гліоми IV ст. зл.» маємо 65 показників ППР, ці 9 показників розпізнаються не вірно і визначаються само навчаючою системою як гліоми IV ст.зл.. Третій інтервал має 14 показників і порівняно з 12 показниками для «гліом IV ст. зл.» дає 14 вірно розпізнаних показників. Четвертий інтервал має 12 показників. П'ятий інтервал має 2 показники. Для «гліом IV ст. зл.» показники ППР, починаючи з четвертого інтервалу і вище відсутні (на рис. 3 маємо для гліом IV ст. зл. нулі). Тобто, маємо вірно розпізнаних 14 показників. В результаті вірно розпізнано 28 показників ППР з 37 (рис. 3), що дає 75,7% ефективності розпізнавання. Для класу «гліоми IV ст. зл.» по аналогічних міркуваннях маємо ефективність розпізнавання 87,2%.

Шляхом перебору довжини інтервалу розбиття діапазону можливих значень показників ППР, підбирається такий інтервал, при якому КП має максимальну ефективність розпізнавання. КП враховує наступні характеристики:

1. Діагнози, які брали участь у розпізнаванні.

2. Якщо при знятті ППР в кров додавали речовини-додатки, то КП характеризується речовиною-додаткою, яка розбавлена у воді в одній з концентрацій: 1:1, 1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000 і 1:1000000. КП може бути також у випадку розбавлення крові у воді, просто для крові без додаток і для чистої плазми крові.

3. Інтервал розбиття діапазону можливих значень показників ППР в градусах.

4. Дискретні розподіли ППР, аналогічні розподілам на рис.3, для кожного з діагнозів.

5. Ефективності розпізнавання діагнозів. З цих ефективностей вибирається найменша, яка і характеризує розпізнавання КП.

Обговорення отриманих результатів розпізнавання за показниками ППР розділимо на дві частини: диференціальна діагностика (діагностика патологій між собою без включення групи здорових людей); розпізнавання між патологіями і групою здорових людей. Також проведемо порівняльний аналіз методик ППР і МШОЕ.

Диференціальна діагностика. При розробці нової методики диференціальної діагностики вийшло розпізнати пари класів, в які в основному входять ЧМТ, гліоми, Мт і менінгіоми І ст. У таблиці 1 наведені результати розпізнавання за даними з додаванням в зразки крові верапаміл-гідрохлоріда з різним його розведенням у воді. А в таблиці 2 відображені результати розпізнавання, коли в зразки крові додавався кетамін, також з різним розведенням у воді (концентрації розведення з водою, вказаних речовин, обговорювалися вище при визначенні КП). У цих перших двох таблицях також є дані по розпізнаванню, коли аналізувалися показники ППР для зразків чистої крові, а також наведені результати розпізнавання методики МШОЕ. Це зроблено з метою порівняння.

Таблиця 1. КП методик ППР и МШОЕ для верапаміла та зразків крові без додаток

№	Діагнози КП	ППР, речовина	МШОЕ, речовина
1	Мт і ЧМТ	Верапаміл 1:1 70,6% Кров без додаток 50%	Верапаміл 1:100 78,26% Кров без додаток 50%
2	Мт і Гліоми ІІІ ст.зл.	Верапаміл 1:10 65,2% Кров без додаток 50%	Верапаміл 1:100000 84,6% Кров без додаток 48,3%
3	ЧМТ і Гліоми ІІІ ст.зл.	Верапаміл 1:1000 63,6% Кров без додаток 60,5%	Верапаміл 1:1 70,59% Кров без додаток 64,8%
4	ЧМТ і Гліоми ІV ст.зл.	Верапаміл 1:1 61,5% Кров без додаток 31,6%	Верапаміл 1:1 68,97% Кров без додаток 61,05%
5	Мт і Гліоми ІV ст.зл.	Верапаміл 1:1 58,8% Кров без додаток 25%	Верапаміл 1:100000 77,78% Кров без додаток 43,3%
6	Гліоми ІІІ ст.зл. і Гліоми ІV ст.зл.	Верапаміл 1:100 52,8% Кров без додаток 45,7%	Верапаміл 1:10000 73,91% Кров без додаток 59,2%

Таблиця 2. КП методик ППР и МШОЕ для кетаміна та зразків крові без додаток

№	Діагнози КП	ППР, речовина	МШОЕ, речовина
1	ЧМТ і Гліоми ІV ст.зл.	Кетамін 1:1000000 78,3% Кров без додаток ,6%	Кетамін 1:100000 75% Кров без додаток ,05%
2	Гліоми ІІІ ст.зл. і Гліоми ІV ст.зл.	Кетамін 1:10000 77,4% Кров без додаток 45,7%	Кетамін 1:10000 73,08% Кров без додаток 59,2%

В цілому, додавання верапаміла і кетаміна дає значний виграш при диференціальній діагностиці ніж диференціальна діагностика по зразках крові без додатків. Для 6 пар

діагнозів з таблиці 1 видно, що цей виграш значний. І лише для випадку 3-ої пари ЧМТ і гліоми III ст.зл. цей виграш складає близько 3% на користь використання верапаміла. Тобто, ефективність розпізнавання при додаванні верапаміла в 5 випадках з 6 дає значне її поліпшення. Максимальне розпізнавання за показниками ППР для верапаміла 1:1 одержано для КП, в який входять діагнози Mt і ЧМТ і складає 70,6%.

Таблиця 3. КП чистої крові у порівнянні з КП для верапаміла і кетаміна

№	Діагнози КП	ППР, речовина	МСОЕ, речовина
1	Mt і Гліоми II ст.зл.	Кров без додаток 70,8% Для кетаміна і верапаміла мало даних	Кров без додаток 67,69% Верапаміл 1:100 83,33% Кетамін 76,19%
2	Mt і Менінгіоми I ст.	Кров без додаток 65% Для кетаміна і верапаміла мало даних	Для крові без додаток кетаміна і верапаміла мало даних
3	ЧМТ і Гліоми III ст.зл.	Кров без додаток 60,5% Верапаміл 1:1000 63,6% Для кетаміна мало даних	Кров без додаток 64,8% Верапаміл 1:1 70,59% Для кетаміна мало даних

Розпізнавання патологій між собою з додаванням кетаміна також дає значне його поліпшення порівняно з розпізнаванням патологій по чистих зразках крові. Максимальне розпізнавання з додаванням кетаміна склало 78,3% для пари діагнозів ЧМТ і гліоми IV ст.зл.. Проте слід зазначити, що результати розпізнавання, які наведені в таблиці 3, показали, що для пари патологій Mt і гліоми II ст.зл. розпізнавання по зразках крові без добавок досягло 70,8%.

З таблиці 3 видно, що часто для порівняння не вистачає накопичених даних для верапаміла і кетаміна для обох методик (ППР і МШОЕ). Тому складно проводити аналогічні порівняння, які були зроблені для перших двох таблиць. Тільки для 3-ї пари з таблиці 3 видно, що додавання верапаміла 1:1000 дає виграш близько 3% для методики ППР, по відношенню до зразків крові без добавок. Для методики МШОЕ, якщо даних достатньо, також розпізнавання з додаванням верапаміла і кетаміна поліпшується, порівняно із зразками чистої крові.

При порівнянні одержаних розпізнавань методик ППР і МШОЕ (таблиці 1, 2 і 3) видно, що при диференціальній діагностиці з додаванням верапаміла методика ППР значно поступається методиці МШОЕ. Тільки з додаванням кетаміна методика ППР виграє на 3-4% у методики МШОЕ. Проте, даних по ППР для кетаміна мало і всього дві пари патологій (ЧМТ і гліоми III ст.зл.; гліоми III ст.зл. і гліоми IV ст.зл.) дали добрі результати.

Таблиця 4. КП для методик ППР і МШОЕ .

№	Пара здорові та діагноз	Розпізнавання КП ППР, %	Розпізнавання КП МШОЕ, %
1	ЧМТ	78,4	79,3
2	Метастази	75,7	80
3	Гліоми II ст.зл.	70,3	68,9
4	Гліоми III ст.зл.	75,7	71,2
5	Гліоми IV ст.зл.	75,7	73,9
6	Менінгіоми I ст.	78,4	По МШОЕ немає даних

Розпізнавання між паталогіями і групою здорових людей. У таблиці 4 приведені результати пар, в які завжди входить група здорових людей з одного боку, а з іншого боку присутня одна з можливих паталогій. Всього таких пар 6. Відзначимо, що в цій таблиці

розпізнавання вдалося здійснити тільки для зразків крові без додаток, оскільки для верапаміла і кетаміна по методики ППР у групі здорових людей дані відсутні.

В цьому випадку, порівняння можна провести тільки між методиками ППР і МШОЕ. З таблиці 4 видно, що обидві методики дають приблизно однакові результати по розпізнаванню.

Висновки. Застосування описаного алгоритму розпізнавання з використанням байесовських процедур розпізнавання за показниками ППР при диференціальній діагностиці онкологічних патологій і ЧМТ з додаванням в кров верапаміла і кетаміна дає значне поліпшення розпізнавання, - в порівнянні з розпізнаванням по чистих зразках крові. Проте в деяких випадках розпізнавання по чистих зразках крові досягає 70,8%. Максимальне розпізнавання патологій між собою було досягнуте при додаванні в кров кетаміна – 78,3%. Для верапаміла максимум склав – 70,6%.

Якщо порівняти результати диференціальної діагностики методик ППР і МШОЕ, то при додаванні в кров верапаміла ППР значно поступається методиці МШОЕ, і лише при додаванні кетаміна вдається на 3-4% поліпшити результати розпізнавання за показниками ППР, порівняно з МШОЕ.

На даний момент, порівняння розпізнавань між здоровими і патологіями можна провести тільки між методиками ППР і МШОЕ по зразках чистої крові. При такому порівнянні видно, що МШОЕ і ППР мають практично однакові ефективності щодо розпізнавання. Максимальне розпізнавання 78,4% за показниками ППР досягається для двох пар: «здорові» і «ЧМТ»; «здорові» і «менінгіоми І ст.».

Отримані результати по розпізнаванню за допомогою процедури Байєса свідчать про можливість використання цих методів як допоміжного методу при діагностиці патологічних процесів за допомогою сучасних візуалізуючих систем. Показник агрегації клітин крові не є специфічним показником, тому він не може використовуватися в первинній діагностиці локальних процесів в головному мозку як самостійний показник. Проте при диференціальній діагностиці патологій він може давати досить високий відсоток розпізнавання при використанні байєсівської процедури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Matsko DE. Neyrokhirurgicheskaya patologiya. SPb.: FGBU «RNKHI im. prof. A. L. Polenova» MZ Rossii; 2015. 424 p., Russian.
2. Olyushin VE. Glial cerebral tumors: brief review of literature and the protocol of patient management. Neurosurgery. 2005; 4: 41-47. Russian.
3. Zozulya YuA, Vasil'yeva IG, Glavatskiy AY, Rozumenko VD, Lisyanii NI, Gridina NY. Sovremenniy tekhnologii konservativnogo lecheniya gliom. V: Zozulya YUA, red. Gliomy golovno mozga. Kiyev: UIPK "YeksOb"; 2007. pp. 383-509. Russian.
4. Rozumenko A.V., Kliuchka V.M., Rozumenko V. D., Fedorenko Z.P. Survival rates in patients with the newly diagnosed glioblastoma: Data from National Cancer Registry of Ukraine, 2008-2016. Ukrainian Neurosurgical Journal. 2018; (2): 33-39. DOI: <https://doi.org/10.25305/unj.124878>.
5. Dvorak H.F. Tumors: wounds that do not heal. Similarities between tumor stroma generation and wound healing // New Engl. J.Med. - 1986. - v. 315.- P. 1650 - 1659. [181]
6. Kudravi S.A., Reed M.J. Aging, cancer, and wound healing //In vivo. -2000. - v. 14. - P. 83 - 92. [247]
7. Вдовин В.А., Муравьев А.В., Певзнер А.А. Способ определения степени агрегации клеток крови // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – № 3. – Том III (Естественные науки) - С. 151.
8. Муравьев А.В., Певзнер А.А. Способ определения степени агрегации клеток крови // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – т. III, № 3 (Естественные науки). - С.151. 71.

9. Coussens L.M., Werb Z. Inflammation and cancer // Nature. - 2002. - v. 420. - P. 860 - 867.
10. Colotta F., Allavena P., Sica A., Garlanda C., Mantovani A. Cancer-related inflammation, the seventh hallmark of cancer: links to genetic instability // Carcinogenesis.- 2009. - v. 30, no. 7. - P. 1073 - 1081.
11. Mantovani A., Allavena P., Sica A. et al. Cancer-related inflammation /Nature. - 2008. - v. 454. - P. 436 - 444.
12. Fernandes J.V., Cobucci R.N., Jatoba C.A., Fernandes T.A., de Azevedo J.W., de Araujo J.M. The role of the mediators of inflammation in cancer development. //Pathol. Oncol. Res.2015, 21 (3): 52-534.
13. Gridina NY, Shvachko LP, Draguntsova NG. Tumor-Associated Inflammation Mechanisms Correction by Verapamil at Brain Gliomas Progression. [Internet]. Eur J Pharmaceutic Med Res (EJPMR). 2016; 3 (8): 73-78 Available from: https://www.ejpmr.com/admin/assets/article_issue/1469854979.pdf
14. Gridina NYa, Maslov VP, Kotovsky VY, Draguntsova NG. Peculiarities of the Spectrum of Chromosome Aberrations in the Peripheral Blood Lymphocytes in Cases of Brain Gliomas and their Correction with Verapamil and Ketamine. [Internet]. Scholar Journal of Applied Medical Sciences (SJAMS). 2015 Sep;3(6A):2156-2160. Available from: <http://saspublisher.com/wp-content/uploads/2015/09/SJAMS-36A-2156-2160.pdf>
15. Давыдова О.Н., Болдырев А.А. Глутаматные рецепторы в клетках нервной и иммунной систем. Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2007;(4):28-34.
16. Гридина Н.Я., Гупал А.М., Тарасов А.Л., Ушенин Ю.В. Анализ нейрохирургических патологий с применением байесовских процедур распознавания для показателей поверхностного плазмонного резонанса при агрегации клеток крови. *Кибернетика и системный анализ*. 2020. №4. С. 35–45.
17. Гридина Н.Я., Гупал А.М., Тарасов А.Л. Байесовские процедуры распознавания воспалительных процессов при глиомах головного мозга. *Кибернетика и системный анализ*. 2017. Том 53. №3. С. 41–48.

БАЙЄСІВСЬКА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ГРУП РИЗИКУ ПАЦІЄНТІВ, УСКЛАДНЕННЯ ПЕРЕБІГУ ХВОРОБ ЯКИХ Є НАСЛІДКОМ COVID-19

Вагис А.А., Гупал А.М., Гупал Н.А.

Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України (Київ, Україна)

gupalanatol@gmail.com

Вступ. Можливість швидко розшифровувати індивідуальні геноми людей дозволила накопичувати великі масиви даних щодо захворювань і пов'язані з ними мутації в генах ДНК людини. Відомо, що мутації в ДНК викликають тисячі генетичних захворювань і також впливають на роботу імунної системи людини.

Коронавіруси - це покриті оболонкою РНК-віруси, які викликають респіраторні захворювання різного ступеня тяжкості, - від звичайної простуди до смертельної пневмонії. Коронавірус COVID-19 був вперше зареєстрований в кінці 2019 року в місті Ухань (Китай), і з тих пір активно розповсюджує по всьому світу. Ранні випадки COVID-19 пов'язували з «пташиним ринком» в місті Ухань, припускаючи, що первинне зараження людей вірусом відбулося від тварин. Передача від людини до людини відбувається при контакті з інфікованим секретом, що виділяється з дихальних шляхів, головним чином, крупними краплями, проте можливо також зараження і при контакті із поверхнею, забрудненою респіраторними виділеннями. Дослідники все ще вивчають, наскільки легко цей вірус передається від людини до людини, або наскільки стійкою буде його циркуляція в популяції; втім, можливо, що COVID-19 більш заразливий, чим SARS і, мабуть, його розповсюдження більш схоже на розповсюдження грипу.

У людей з COVID-19 симптоми можуть бути незначними або навіть повністю бути відсутніми, хоча деякі з них важко захворюють і вмирають. Симптоми можуть включати лихоманку, кашель і задих. У пацієнтів з важкою формою захворювання можуть реєструватися лімфопенія і характерні для пневмонії зміни при діагностичних візуалізуючих дослідженнях. Точний інкубаційний період не відомий; імовірно він варіюється від 1 до 14 днів. З віком збільшується ризик захворіти важкою формою ускладнень і смерті від COVID-19. Діагностика проводиться за допомогою ПЦР виділень з верхніх дихальних шляхів і сироватки крові. Разом з лабораторіями системи охорони здоров'я, діагностичне тестування на COVID-19 стає все більш доступним в комерційних лабораторіях і лікарнях.

В групі ризику у людей з COVID-19 знаходяться особи з такими хронічними захворюваннями: серцево-судинна система; дихальна система; ендокринна система; онкологічні захворювання; імунodefіцитні стани; хворі з нирковою недостатністю.

Мутації в генах викликають різні захворювання. В даний час у провідних країнах світу проводиться розшифровка (секвенування) геномів великої кількості людей. Одержана інформація буде використовуватися для ранньої діагностики різних захворювань, в першу чергу онкологічних. Основним завданням в цій царині є визначення генетичних схильностей до складних системних захворювань, таких як хвороби серцево-судинної системи, рак, діабет, шизофренія. Для кожного захворювання існує свій конкретний набір генів, мутації в яких збільшують ризик розвитку хвороби. Масове секвенування ДНК хворих і здорових людей мало наслідком визначення тих генів, які пов'язані з конкретними захворюваннями, у тому числі і із захворюваннями, які виникають при COVID-19.

Можливість швидко розшифровувати індивідуальні геноми людей дозволила накопичити великі масиви даних про захворювання і пов'язані з ними мутації в ДНК. Найбільш поширеним типом мутацій, які призводять до захворювань, є точкові мутації, в результаті яких одиничний нуклеотид гена замінюється іншим нуклеотидом. Точкові мутації можуть виникати в результаті спонтанних мутацій, що відбуваються під час

реплікації ДНК. Вони також можуть виникати в результаті дії мутагенів, наприклад, дії ультрафіолетового або рентгенівського випромінювання, під дією високої температури або під несприятливим впливом хімічних речовин.

У роботах [1, 2] використовувалися дані інтернет-ресурсів, де захворюванням ставилися у відповідність пов'язані з ними мутації в коді ДНК, тобто були одержані пари початкових і мутованих триплетів нуклеотидов, і відповідно кодованих ними амінокислот. Були досліджені мутації, зумовлені такими захворюваннями: аутоімунними, онкологічними, серцево-судинними, генетичними, нейродегенеративними, психологічними розладами, згубними звичками.

За допомогою генетичних алгоритмів були одержані оптимальні генетичні коди, завадостійкість яких на 8,5% вище, ніж у стандартного коду. На основі баз даних генетичних захворювань стандартним кодом було перевірено приблизно чотириста мутацій для різних типів захворювань. Приблизно половина з них призвела до порушення полярності або до мутацій третього нуклеотиду (амінокислота при цьому не міняється, проте уривається процес вирізування або сплайсингу інтронов) [3]. Оптимальні коди виправляють порушення полярності при мутаціях першого і другого нуклеотидов в кодоні, проте позбавитися мутацій в третьому нуклеотиді не можна. У таблиці, яка є в роботі [3], наведені оцінки мутацій для серцево-судинних захворювань, виконані за допомогою стандартного генетичного коду. Аналогічні таблиці можна представити і для перерахованих вище захворювань.

Байєсівські процедури розпізнавання. У роботах [4, 5] було показано, що байєсівська процедура розпізнавання є оптимальною. Для обґрунтування цього результату необхідно було вивести верхню оцінку похибки байєсівської процедури розпізнавання і одержати нижню оцінку складності класу задач. Для пояснення суті сказаного розглянемо наступну задачу з булевими змінними.

Нехай ϵ кінцева множина X об'єктів b . Кожен об'єкт $x \in X$ ототожнюється з булевим вектором $(x_1, x_2, \dots, x_n, f)$, де n – натуральне число. Припустимо, на множині X задано розподіл імовірностей, який нам невідомий. З множини X одержано навчальну вибірку V . Нехай деякий об'єкт $x \in X$ був одержаний з множини X , незалежно від вибірки V відповідно до розподілу P , причому відомі значення тільки ознак $x_1, x_2, \dots, x_n$. Потрібний визначити значення цільової ознаки f (тобто з'ясувати, який ϵ стан об'єкту x).

Вважаємо, що процес розпізнавання цільової ознаки f об'єкту за відомими ознаками x здійснюється за допомогою функції $A(x)$ по формулі $f = A(x)$. Навчаюча вибірка $V = (V_0, V_1, V_2)$ має наступний вигляд: перша частина V_0 – булева матриця розмірності $m_0 \times n$, де m_0 – число рядків. Кожен рядок є вектором, який вибраний відповідно до розподілу P за умови $f = 0$. Друга частина V_1 – булева матриця розмірності $m_1 \times n$, де m_1 – число рядків. Кожен рядок матриці V_1 – вектор x , який вибраний на основі розподілу P за умови $f = 1$. Остання частина V_2 – булевий вектор розмірності m_2 . Кожна компоненту цього вектора – спостережуване значення стану f , який вибирається відповідно до розподілу P . Можна вважати, що $m_2 = m_0 + m_1$.

Індуктивний крок. Потрібно побудувати таку процедуру індуктивного висновку, яка по вимірюваннях $x_1, x_2, \dots, x_n$ будь-якого наступного об'єкту і навчаючій вибірці $V = (V_0, V_1, V_2)$ визначає стан f об'єкту.

Нехай $d = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ – булевий вектор. Вважаємо, що розподіли P при кожному d задовольняють умові

$$P(x_1 = d_1, x_2 = d_2, \dots, x_n = d_n | f = i) = \prod_{j=1}^n P(x_j = d_j | f = i), i = 0, 1,$$

що означає незалежність ознак x_j для кожного класу об'єктів; тут $P(x = d | f = i)$ позначає умовну імовірність. Розглянемо випадкові величини $\xi(d, i)$, які залежать від d і i як від параметрів:

$$\xi(d, i) = \left(\frac{k(i)}{m_2} \right) \prod_{j=1}^n \left(\frac{k(d_j, i)}{m_i} \right), \quad i = 0, 1; \quad (1)$$

тут $k(d_j, i)$ – кількість значень, рівних d_j , j -ої ознаки в j -му стовпці матриці V_i ; $k(i)$ – кількість значень цільової ознаки, рівних i , у векторі V_2 . Тоді функція розпізнавання визначається формулою

$$A(d) = \begin{cases} 0, & \text{если } \xi(d, 0) \geq \xi(d, 1), \\ 1, & \text{если } \xi(d, 0) < \xi(d, 1). \end{cases} \quad (2)$$

Процедуру навчання, яку задамо співвідношеннями (1), (2), позначимо Q_B . Зазначимо, що величини $\xi(d, i) / (\xi(d, 0) + \xi(d, 1))$ є наближеними значеннями імовірності, обчисленої за формулою Байєса, тому процедуру розпізнавання називаємо байєсівською. У роботі [3] показано, що для верхньої оцінки похибки Q_B виконується нерівність

$$\nu(Q_B, C) \leq \min \left(1, a \sqrt{\frac{n}{m_0} + \frac{1}{m_2}} \right). \quad (3)$$

де a – абсолютна константа. Нижня оцінка складності класу задач відрізняється від (3) на абсолютну константу, тому в цьому сенсі байєсовська процедура Q_B є оптимальною.

Визначення груп ризиків при захворюваннях COVID-19. Спрощений варіант без інтронов. Звертаючись до таблиці можна зробити висновок про те, що у осіб, що

перехворіли COVID-19 з діагнозом серцево-судинне захворювання, з високою часткою ймовірності мали місце точкові мутації в певних генах. Цих людей можна умовно внести в навчаючу вибірку V_1 «хворі», причому її можна розбити на вікові групи. У клас V_0 «здорові» вносяться особи з негативним результатом ПЦР, і теж з урахуванням їх віку.

Вважаємо, що гени в лівому стовпці таблиці є ознаками для байєсівської процедури. Для виключення тривіальних випадків припускаємо, що у вибірці V_0 для кожного гена в таблиці є представники з мутаціями в цьому гені. Аналогічно припускаємо, що у вибірці V_1 присутні особи без мутацій в цьому гені.

Виберемо перший ген в таблиці і розглянемо вибірку V_0 . При порівнянні послідовностей гена 1 окремого представника вибірки V_0 з послідовністю гена 1 досліджуваної особи (пацієнта) можна отримати наступні результати: відсутність змін або мутацій (позначаємо цю ситуацію 0); наявність мутацій, їх може бути одна (позначаємо 1) або дві (позначаємо 2). Оскільки мутації з'являються випадковим чином в послідовності гена, ймовірність появи мутацій в одному і тому ж місці послідовності гена у двох різних людей має дуже малу ймовірність. Зазначимо, що довжина окремого гена в ДНК людини може перевершувати десятки тисяч нуклеотидів. Наявність числа 2 при порівнянні означає, що у пацієнта є мутації в гені 1. Тому у формулі (1) $k(d_i, 0)$ дорівнює кількості двійок, одержаних при порівнянні. Аналогічно у вибірці V_1 при порівнянні з пацієнтом $k(d_i, 1)$ теж дорівнює кількості двійок.

Якщо ж у вибірці V_0 при порівнянні з пацієнтом двійки не з'являються, то це означає відсутність мутації у пацієнта, і $k(d_i, 0)$ дорівнює кількості нулів в таблиці V_0 . Тоді для вибірки V_1 при порівнянні з пацієнтом двійки теж не з'являються і $k(d_i, 1)$ дорівнює кількості нулів в таблиці V_1 .

Описану схему обчислень проводимо для всіх генів в представленій вище таблиці і визначаємо значення $\xi(d, i)$ для виборок V_0 і V_1 . Результат байєсівської процедури для пацієнта одержуємо по формулі (2).

Висновки. Для кожного захворювання існує конкретний набір генів, мутації в яких збільшують ризик розвитку хвороби. Масове секвенування ДНК хворих і здорових людей привело до визначення генів, пов'язаних з конкретними захворюваннями, у тому числі і із захворюваннями, які виникають при COVID-19. Обробка на комп'ютері послідовностей генів конкретних людей дозволяє знаходити кількість точкових мутацій та їх місце розташування для будь-якого гена генома людини. У осіб, що перехворіли COVID-19 з певним діагнозом, з високою часткою ймовірності мають місце точкові мутації в певних генах. Оскільки байєсовська процедура одержала широке застосування при прогнозуванні в медицині і біоінформатиці [6, 7] пропонується її використання для

визначення груп ризиків захворювань, які супроводжують COVID-19 [8]. Описану методику можна застосовувати для визначення ризиків більш широкого кола захворювань, навіть тих, які не пов'язані з COVID-19.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сергиенко И.В., Гупал А.М., Островский А.В. Устойчивость генетического кода к точечным мутациям. *Кибернетика и системный анализ*. 2014. 5 . - С. 17–24.
2. Сергиенко И.В., Белецкий Б. А., Гупал А.М., Гупал Н.А. Оптимальные помехоустойчивые коды. *Кибернетика и системный анализ*. 2019. 1 . - С. 44–50.
3. Браун Т.А. Геномы. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011.– 924 с.
4. Гупал А.М., Пашко С.В., Сергиенко И.В. Эффективность байесовской процедуры распознавания. *Кибернетика и системный анализ*. 1995. 4. - С. 76–89.
5. Сергиенко И.В., Гупал А.М., Пашко С.В. О сложности задач распознавания образов. *Кибернетика и системный анализ*. 1996. 4 . - С. 70–88.
6. Гупал А.М., Гупал Н.А., Тарасов А.Л. Байесовские процедуры распознавания гематологических заболеваний. *Кибернетика и системный анализ*. 2017. №.6 . - С. 118–124.
7. Гридина Н.Я., Гупал А.М., Тарасов А.Л., Ушенин Ю.В. Анализ нейрохирургических патологий с применением байесовских процедур распознавания для показателей поверхностного плазмонного резонанса при агрегации клеток крови. *Кибернетика и системный анализ*. 2020. №.4. С. 35–45.
8. Вагис А.А., Гупал А.М., Гупал Н.А. Определение групп рисков при заболеваниях, вызванных COVID-19. *Кибернетика и компьютерные технологии*. 2020, № 3.- С. 25–31.

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПОБУДОВИ ПОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ СХЕМ РОЗМІТКИ В ГЕНЕРУВАННІ ТА РОЗПІЗНАВАННІ МНОЖИН СКЛАДНИХ СТРУКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ткачов І.І.

Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України
(Київ, Україна, TkachovI@nas.gov.ua, tk_i@ukr.net)

Вступ. Теоретичне дослідження, про яке йдеться в цій статті, зумовлене потребою розробки методів побудови породжуючих конструкцій на базі схем розмітки (СР), що використовуються для генерування та розпізнавання множин складних структурних об'єктів. Цей напрямок досліджень відноситься до широкого кола сучасної прикладної інформатики, що об'єднує методи рішення задачі задоволення обмежень (Constraint Satisfaction Problem) і споріднені з цією науковою задачею теми [1–4, 10–13, 15, 17].

Аналіз вище вказаних методів проводився на базі формалізму задачі узгодженої розмітки [5, 7, 11], яка є, з одного боку узагальненням багатьох постановок дискретних задач задоволення обмежень, а, з другого боку, – прозорою теоретичною конструкцією з добре розробленим математичним підґрунтям.

Задачу побудови реляційної схеми (в даному випадку – схеми розмітки), що породжує задану множину відображень множини об'єктів у множину міток за аналогією з лінгвістичними моделями можна називати задачею «відтворення граматики» [14, 18, 20].

В попередніх дослідженнях було показано, що для вирішення цієї задачі має сенс використати еквівалентні перетворення СР [7]. В даному випадку для розширення можливостей чотирьох відомих еквівалентних перетворень схеми розмітки – викреслення та додавання несуттєвої розмітки, а також з'єднання та роз'єднання стовпчиків – було додано нееквівалентне перетворення – «розфарбування» розміток стовпця.

Було введено поняття квазі-еквівалентного перетворення і показано, що «розфарбування розміток» відноситься до цього класу перетворень. Показано, що використання «розфарбування розміток» дозволяє застосовувати операцію роз'єднання стовпчиків до будь-якого стовпчика, що відкриває шлях до побудови алгоритму вирішення задачі «відтворення граматики».

Далі було введено та досліджене перетворення схеми розмітки, назване «трансформацією СР відносно обраної підмножини об'єктів». Подібно операції розфарбовування розміток це перетворення не є еквівалентним, проте в певному сенсі зберігає множину узгоджених розміток вихідної схеми. Показано, що трансформація призводить до еквівалентної задачі, що дозволяє застосовувати її, як в цілях теоретичного дослідження задач СР, так і для створення алгоритмів вирішення цих задач.

Узагальнено еквівалентні перетворення схем розмітки та нові підходи до вирішення задач генерування та розпізнавання множин складних структурних об'єктів.

«Екстраполяція» схеми розмітки. Розфарбування розміток стовпчика – квазі-еквівалентне перетворення СР

Доснині розглядались еквівалентні перетворення схеми розмітки (СР), які змінюють множини W та R , або тільки R , але не зачіпають множини об'єктів U та множини міток L , тобто не виводять перетворену схему за межі ΣUL – множини всіх можливих еквівалентних СР на базі множин U та L . В той же час можна розглянути такі перетворення СР, які змінюють множини U та L , але при цьому залишаються еквівалентними в деякому узагальненому сенсі. При такому перетворенні отримана схема визначає множину узгоджених розміток, яка відрізняється від множини узгоджених розміток вихідної схеми. Разом з тим за цією множиною за допомогою простої

стандартної процедури може бути відновлено висхідна множина узгоджених розміток. Далі розглянемо два таких узагальнено еквівалентних перетворення.

Для подальшого розгляду нам знадобляться деякі визначення.

Визначення 1. Схемою розмітки називається четвірка $\langle U, L, W, R \rangle$, де $U = \{u\}$ та $L = \{l\}$ – скінченні множини об'єктів та міток, відповідно, $W = \{\tilde{w}\}$ – множина неупорядкованих наборів об'єктів $\tilde{w} = (u_1, u_2, \dots, u_n)$, R – множина наборів виду $(u_1, l_1, u_2, l_2, \dots, u_n, l_n)$, де $l_i \in$ міткою об'єкта u_i , $i = 1, 2, \dots, n$. Множину R називають ще множиною обмежень. (пор. із «задачею задоволення обмежень»).

Набір міток $\tilde{l} = (l_1, l_2, \dots, l_n)$ з набору $(u_1, l_1, u_2, l_2, \dots, u_n, l_n)$ будемо називати розміткою набору об'єктів $\tilde{w} = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ або, просто, розміткою, якщо буде зрозуміло, про який набір об'єктів йде мова. Схему розмітки зручно представляти у вигляді такої таблиці:

$u_1, u_2, \dots, u_n$	$\cdot \cdot \cdot$	$v_1, v_2, \dots, v_m$
$l^1_1, l^1_2, \dots, l^1_n$		$k^1_1, k^1_2, \dots, k^1_m$
$\cdot \cdot \cdot$	$\cdot \cdot \cdot$	$\cdot \cdot \cdot$
$l^s_1, l^s_2, \dots, l^s_n$		$k^r_1, k^r_2, \dots, k^r_m$

Тут кожен стовпчик відповідає набору об'єктів, записаному в самому верхньому рядку. Усі інші рядки стовпчика є розмітками цього набору, що задаються наборами з множини R . У всіх змістовних задачах схема розмітки допускає таке представлення.

Визначення 2. Нехай задана схема розмітки $\langle U, L, W, R \rangle$. Узгодженою відносно W та R розміткою будемо називати функцію $f: U \rightarrow L$, яка ставить у відповідність кожному об'єкту з U мітку з L таким чином, що для будь-якого набору об'єктів $(u_1, u_2, \dots, u_n) \in W$ у множині R знайдеться набір $(u_1, f(u_1), \dots, u_n, f(u_n)) \in R$.

В подальшому узгоджені відносно W и R розмітки будемо називати просто узгодженими. Множину всіх узгоджених розміток схеми $S = \langle U, L, W, R \rangle$ позначимо $L(W, R)$.

Визначення 3. Під задачею схеми розмітки розуміється пошук всіх узгоджених розміток $L(W, R)$ за заданою схемою $S = \langle U, L, W, R \rangle$.

Визначення 4. Схеми розмітки називаються еквівалентними, якщо вони визначають одну й ту ж саму множину узгоджених розміток.

В роботі [7] описана повна система еквівалентних перетворень схеми розмітки. Її складають чотири перетворення:

- викреслення (видалення) несуттєвої розмітки;
- дописування несуттєвої розмітки;
- з'єднання узгоджених стовпчиків та
- роз'єднання стовпчика.

Те, що ця система перетворень є повною означає, що для будь-яких двох еквівалентних схем $S_1 = \langle U, L, W_1, R_1 \rangle$ і $S_2 = \langle U, L, W_2, R_2 \rangle$ існує послідовність з вказаних перетворень, що переводить одну схему в іншу.

Визначення 5. Під задачею відтворення схеми розмітки [14, 20] будемо розуміти наступне:

- нехай U – скінченна множина об'єктів, $|U| = N$;
- L – скінченна множина міток;
- задана «мова» K у вигляді N -арного відношення.

Потрібно побудувати схему $S = \langle U, L, W, R \rangle$ так, щоб $L(W, R) = K$

U =	$u_1, u_2, \dots, u_N$		W =	w_1	w_2		w_m
	K	→		R_1	R_2		R_m

Зауважимо, що такий перехід не є однозначним. Нас цікавить у першу чергу таке перетворення, яке значно скорочує обсяг таблиці. В ідеальному випадку побудована таблиця схеми має бути мінімальною за розміром серед всіх еквівалентних схем.

Розглянемо спочатку перетворення, яке ми назвали «екстраполяцією схеми розмітки». Його змістом є операція «розфарбування розміток».

Нехай $S = \langle U, L, W, R \rangle$ – вихідна схема розмітки.

Виберемо один стовпчик в таблиці цієї схеми:

$l^1_1, l^1_2, \dots, l^1_n$
.....
$l^p_1, l^p_2, \dots, l^p_n$

Додаємо до набору об'єктів цього стовпчика ще один об'єкт v , який не належить до множини U . В результаті будуть отримані множини U_1 та W_1 :

$$U_1 = U \cup \{v\},$$

$$W_1 = \{ W / (u_1, u_2, \dots, u_n) \cup (u_1, u_2, \dots, u_n, v) \}.$$

В цьому стовпчику до кожної розмітки дописуємо по одній деякій мітці, що відповідає нововведеному об'єкту. Це можуть бути, як мітки з множини L , так і якісь нові. У загальному випадку частина дописаних міток не належить L , і, таким чином, множина міток L розширюється до L_1 . У відповідності з описаною операцією множина обмежень схеми R переходить у множину R_1 . Стовпчик, розмітки якого були «розфарбовані» описаним вище чином, приймає наступний вигляд:

$u_1, u_2, \dots, u_n, v$
$l^1_1, l^1_2, \dots, l^1_n, k^1$
.....
$l^p_1, l^p_2, \dots, l^p_n, k^p$

а множина міток перетворюється наступним чином:

$$L_1 = L \cup \{ k_1, k_2, \dots, k_p \}.$$

Позначуючи множину обмежень, що визначається вибраним стовпчиком, через R^* , а множину обмежень стовпчика, що отримується у результаті, – через R^{**} , можемо записати множину обмежень отриманої схеми розмітки наступною формулою:

$$R_1 = R \setminus R^* \cup R^{**}.$$

Решта стовпчиків схеми S не змінилася. При наступних «розфарбуваннях» розміток в стовпчиках об'єкти, що додаються, кожен раз мають бути новими. Перед «розфарбуванням» розміток обраного стовпчика деякі розмітки в ньому можна продублювати, а при розфарбуванні до кожної копії одної розмітки треба буде дописувати різні мітки. В такому випадку кількість не дубльованих розміток в стовпчику зростає.

Теорема 1. Нехай в результаті операції розфарбування розміток стовпчика схеми розмітки $S = \langle U, L, W, R \rangle$ отримана схема $S_1 = \langle U_1, L_1, W_1, R_1 \rangle$. Тоді:

- 1) для кожної узгодженої відносно W_1 та R_1 розмітки $f_1 : U_1 \rightarrow L_1$, $f_1 \in L(W_1, R_1)$ знайдеться узгоджена відносно W та R розмітка $f : U \rightarrow L$ така, що для всіх $u \in U$, буде виконано $f(u) = f_1(u)$.
- 2) для кожної узгодженої відносно W та R розмітки $f : U \rightarrow L$, $f \in L(W, R)$ знайдеться узгоджена відносно W_1 та R_1 розмітка $f_1 : U_1 \rightarrow L_1$, $f_1 \in L(W_1, R_1)$ така, що для всіх $u \in U$, буде виконано $f(u) = f_1(u)$.

Доведення. 1) Нехай $f_1 \in L(W_1, R_1)$. Необхідно показати, що для любого набору $(u_1, u_2, \dots, u_n) \in W$ схеми S у відповідному стовпчику знайдеться розмітка $(f_1(u_1), f_1(u_2), \dots, f_1(u_n))$. Це положення, безумовно, має місце для всіх стовпчиків, крім того, до якого застосовувалась операція розфарбування, оскільки ці стовпчики в схемах S та S_1 співпадають.

Розглянемо стовпчик з набором об'єктів $(u_1, u_2, \dots, u_n)$, який був змінений в результаті розфарбування розміток. Оскільки $f_1 : U_1 \rightarrow L_1$ – узгоджена відносно W_1 , та R_1 розмітка, тоді в стовпчику $CP S_1$ з набором об'єктів $(u_1, u_2, \dots, u_n, v)$ (це той стовпчик, що був отриманий в результаті операції розфарбування) знайдеться розмітка $(f_1(u_1), f_1(u_2), \dots, f_1(u_n), f_1(v)) = (l_1, l_2, \dots, l_n, k)$. За визначенням операції розфарбування розмітка $(l_1, l_2, \dots, l_n)$ знаходилась в стовпчику $(u_1, u_2, \dots, u_n)$ до застосування операції розфарбування. Таким чином, ми встановили, що й в цьому стовпчику знайдеться розмітка $(f_1(u_1), f_1(u_2), \dots, f_1(u_n))$. Отже, $f \in L(W, R)$, де $f(u) = f_1(u)$ для всіх $u \in U$.

Перейдемо до пункту 2) теореми. Нехай $f : U \rightarrow L$, $f \in L(W, R)$. Виберемо в стовпчику схеми S , до якого була застосована операція розфарбування, розмітку $(l_1, l_2, \dots, l_n) = (f(u_1), f(u_2), \dots, f(u_n))$. При виконанні операції розфарбування до цієї розмітки була дописана деяка мітка k з множини міток, що додаються, – K , яка відповідає новому введеному об'єкту v . Це означає, що в схемі S_1 в стовпчику, що розглядається, є розмітка $(f(u_1), f(u_2), \dots, f(u_n), k)$. З погляду того, що решта стовпчиків схем S та S_1 співпадають, можна заключити, що розмітка $f_1 : \{U \cup v\} \rightarrow \{L \cup K\}$, така що $f_1(u) = f(u)$ для всіх $u \in U$ та $f_1(v) = k$, є узгодженою відносно W_1 та R_1 розміткою – $f_1 \in L(W_1, R_1)$. Теорему доведено.

Очевидним чином дана теорема може бути узагальнена на випадок m -кратного застосування операції розфарбування.

Теорема 2. Нехай в результаті m -кратного застосування операції розфарбування до стовпчиків схеми $S = \langle U, L, W, R \rangle$ отримана схема $S_1 = \langle U_1, L_1, W_1, R_1 \rangle$. При цьому $U_1 = U \cup \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ та $L_1 = L \cup K_1 \cup K_2 \cup \dots \cup K_m$, де $\{v_1, \dots, v_m\}$ та $\bigcup_{i=1}^m K_i$ – введені в схему об'єкти та мітки, відповідно. Тоді:

(1) будь-яка узгоджена розмітка схеми S_1 , якщо її обмежити на множину об'єктів U , визначить узгоджену розмітку схеми S :

$$f_1 \in L(W_1, R_1) \Rightarrow f_1|_U \in L(W, R);$$

(2) будь-яка узгоджена розмітка схеми S , якщо її довизначити на множину доданих об'єктів $\{v_i\}_{i=1}^m$, за принципом:

$f_1|_U = f$ та $f_1(v_i) = k_i^*$, де $k_i^* \in K_i$ та в i -тому стовпчику, в який доданий об'єкт v_i ця мітка приписана до розмітки $(f(u_1), f(u_2), \dots, f(u_n))$,

тоді таке відображення $f_1 : U_1 \rightarrow L_1$ визначить узгоджену розмітку схеми S_1 :

$$f \in L(W, R) \Rightarrow f_1 \in L(W_1, R_1).$$

Доведення Теорема 2 цілком аналогічно вищенаведеному доведенню Теорема 1.

В результаті виконання операцій розфарбування узгоджені розмітки висхідної схеми $\{f : U \rightarrow L\} = L(W, R)$ немов би екстраполюються за межі множини об'єктів U за рахунок їх довизначення на об'єктах, що вводяться, – $\{v_1, v_2, \dots, v_m\}$. При цьому якщо до виконання операції розфарбування деякі розмітки в стовпчику дублювалися (нагадаємо, що це еквівалентне перетворення), а до них дописувалися різні мітки, то після розфарбування буде отримана нова схема S_1 , в якій кількість узгоджених відносно W_1 та R_1 розміток – $|L(W_1, R_1)|$, може перевищувати кількість узгоджених відносно W та R розміток – $|L(W, R)|$. Важливо, що і в цьому випадку обмеження будь-якої узгодженої розмітки $f_1 \in L(W_1, R_1)$ на множину U не виводить за межі множини $L(W, R)$: $f_1|_U \in L(W, R)$. Ця властивість операції розфарбування розміток дозволяє нам по-новому поглянути на поняття еквівалентності у відношенні перетворень схеми розмітки. Дане перетворення не є еквівалентним, оскільки при його виконанні змінюються множини U та L . Разом з тим воно зберігає множину узгоджених розміток висхідної схеми к вигляді множини *часткових* узгоджених розміток (за аналогією з *частковими* функціями), обмежених на висхідну множину об'єктів U . Така властивість перетворення, що розглядається, дозволяє назвати його *квазі-еквівалентним*.

Розфарбування розміток стовпчика для розв'язання задачі «відновлення граматики»

Далі розглянемо наступне цікаве та важливе застосування операції розфарбування розміток. Раніше була введена операція роз'єднання (розшивки) стовпчика.

Ця операція є еквівалентним перетворенням схеми розмітки, парної до операції з'єднання стовпчиків. Її істотна відмінність від операції з'єднання стовпчиків є те, що якщо

для з'єднання досить вибрати два довільних стовпчики схеми, то для виконання операції роз'єднання необхідно виконання певних вимог до структури обраного стовпчика. Саме, після розбиття набору об'єктів обраного стовпчика на три частини – A_1 , C та A_2 – треба переконатися, що розмітки цього стовпчика утворюють групи з певними властивостями (такі групи розміток назвемо *комплектними*) (див. [7]). Якщо ж таке розбиття на групи не спостерігається, то роз'єднати стовпчики з набором об'єктів A_1CA_2 на стовпчики з наборами A_1C та CA_2 неможливо. Разом з тим регулярне застосування операції роз'єднання стовпчиків представляється дуже корисним для створення методів вирішення задачі відновлення породжуючої схеми розмітки [14, 18, 20].

Розширюючи множину еквівалентних схем розмітки Σ_{UL} до множини квазі-еквівалентних схем – $Q\Sigma_{UL}$, – ми отримуємо можливість застосування квазі-еквівалентних перетворень, зокрема, операції розфарбування розміток. Тепер покажемо, яким чином операція розфарбування розміток приводить до можливості регулярного застосування роз'єднання стовпчиків.

Висхідну схему позначимо як S_1 . Виберемо в ній стовпчики для роз'єднання. Далі, з деяких зовнішніх по відношенню до самої операції роз'єднання стовпчиків міркувань виділяємо три частини набору об'єктів обраного стовпчика – A_1 , C та A_2 . Потім виконуємо поділ розміток стовпчика на групи. Якщо всі групи комплектні, то виконуємо роз'єднання стовпчика на два з наборами об'єктів A_1C та CA_2 за правилами операції роз'єднання. В іншому випадку в стовпчику є некомплектні групи розміток. Доповнюємо їх новими розмітками до комплектності. Знову маємо два випадки:

- (1) додані розмітки є *несуттєвими* (тобто протирічать всім розміткам деякого іншого стовпчика). Оскільки додавання несуттєвої розмітки є еквівалентним перетворенням, то отриманий стовпчик, знову-таки можна роз'єднати за відомими правилами.
- (2) серед доданих розміток є *суттєві*. Додавання таких розміток може і не вплинути на множину узгоджених розміток схеми, тобто привести до еквівалентної схеми, однак, не вирішив задачу СР повністю, ми не зможемо знати цього наперед. Тому ми змушені допустити, що таке перетворення може виявитися нееквівалентним та призводити до появи нових узгоджених розміток. В такому випадку операція розфарбування дає один з шляхів виходу з цієї ситуації.

Далі опишемо метод застосування операції розфарбування для виконання роз'єднання стовпчика. У сполучну частину набору об'єктів обраного стовпчика C вводимо новий об'єкт – v . В некомплектній групі розміток виділяємо підмножину розміток, які за відсутності решти розміток могли б скласти комплектну групу. Таку множину розміток можемо назвати *комплектною підгрупою*. У всі ці розмітки додаємо мітку k_1 об'єкта v . Так сформується комплектна група стовпчика, який утворюється. З решти розміток висхідного стовпчика знову виділяємо комплектну підгрупу. Це завжди можна зробити, оскільки будь-яка поодинокa розмітка є комплектною підгрупою. В эти розмітки додаємо мітку k_2 об'єкта v , $k_2 \neq k_1$. Ці мітки можуть належати до множини міток L схеми S_1 , так і бути новими мітками, які розширюють множину міток. Важливо лише, щоб кожна мітка, що додається в ході операції, відрізнялася від тих, що були введені раніше. Виділяємо наступну компактну підгрупу міток, відмічаємо її новою міткою та повторюємо цей процес до тих пір, доки не вичерпаємо всі розмітки стовпчика.

В результаті так проведеної операції розфарбування виходить квазі-еквівалентна схема S_2 , яка відрізняється від висхідної схеми тільки одним перетворенням стовпчиком, в якому виконані всі умови для роз'єднання на два стовпчика з наборами об'єктів A_1Cv та CvA_2 . В квазі-еквівалентній схемі S_2 , виконуємо роз'єднання стовпчика, отримуючи еквівалентну їй схему S_3 . Частним випадком такого роз'єднання з розфарбуванням є операція «введення проміжних вершин» [6], застосування якої до двомірних граматик в

деяких випадках дозволяє значно зменшити обсяг пам'яті комп'ютера, необхідної для реалізації алгоритмів викреслення та «двовірного програмування».

Розглянемо простий приклад операції «роз'єднання стовпчика з розфарбуванням».

Приклад.

u_1	u_2	u_3
1	3	5
1	3	4
2	3	5
2	4	6

Нехай $A_1 = \{u_1\}$, $C = \{u_2\}$, $A_2 = \{u_3\}$. В даних умовах роз'єднати стовпчик на два з наборами об'єктів $\{u_1, u_2\}$ та $\{u_2, u_3\}$ неможливо.

Додаємо об'єкт v і, виділяючи комплектні підгрупи, вводимо в них нові мітки:

u_1	u_2	v	u_3
1	3	0	5 (1-ша група)
1	3	0	4
2	3	9	5 (2-га група)

Тепер стовпчик можна роз'єднати на два:

u_1	u_2	v
1	3	0
2	3	9
2	4	8

u_2	v	u_3
3	0	5
3	0	4
3	9	5
4	8	1

Приклад закінчено.

Цінність викладеного методу полягає в тому, що відкривається можливість побудови алгоритму розв'язання задачі «відновлення граматики» [14, 18, 20] на базі еквівалентних перетворень схем розмітки. При цьому треба враховувати, що допускаючи застосування операції розфарбування, ми будемо отримувати квазі-еквівалентні схеми. В цьому випадку об'єкти, що вводяться, слід розглядати як допоміжні або керуючі. У породжуваних узгоджених розмітках нас будуть цікавити тільки ті частини відображень, які відповідають вихідній множині об'єктів. Перехід від принципу еквівалентності, коли конструкція, що породжується, безпосередньо генерує задану множину узгоджених розміток, до принципу квазі-еквівалентності, коли задані відображення породжуються у вигляді частин узгоджених розміток (іншими словами, часткових відображень), дозволяє

подолати «генеративну обмеженість» одновимірних конструкцій типу персептрона або «одновимірних граматик» [8, 9].

В подальших дослідженнях планується розробити та детально розглянути алгоритми вирішення задачі «відтворення граматики» в рамках викладеного тут підходу.

Трансформація схеми розмітки. Еквівалентні задачі схеми розмітки

Розглянемо ще одно нетривіальне перетворення схеми розмітки – операцію «трансформації СР відносно обраної підмножини об'єктів». Подібно до операції розфарбування розміток це перетворення не є еквівалентним, проте в певному сенсі зберігає множину узгоджених розміток висхідної схеми.

Для того щоб виконати трансформацію схеми розмітки $S = \langle U, L, W, R \rangle$ відносно підмножини об'єктів $A \subseteq U$, обираємо будь-який стовпчик схеми розмітки, набір об'єктів якого містить множину A . У випадку, якщо такого стовпчика в схемі S нема, можна ввести в схему стовпчик, який складений з усіх можливих розміток набору об'єктів, які відповідають множині $A = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$. Легко показати, що таке перетворення є еквівалентним. Тому без обмеження адекватності викладок будемо вважати, що такий стовпчик завжди знайдеться у висхідній схемі.

Перед формальним описом операції трансформації коротко обрисуємо її зміст. Деякий «блок» об'єктів замінюється на один новий об'єкт. Він грає роль узагальненого псевдоніма цього блоку. Відповідно, всі підрозмітки цього блоку об'єктів замінюються на нові мітки, які також виконують роль псевдоніма підрозміток. Якщо у висхідній схемі обраний блок об'єктів має порівняно невелику кількість підрозміток, то таке перетворення призведе до схеми з більш лаконічним описом.

Приступимо до формального визначення операції трансформації. Перш, ніж виконати основні кроки операції трансформації, проводимо деякі попередні еквівалентні перетворення. Розглянемо всі стовпчики, набори об'єктів яких мають непорожній перетин з множиною A . Вважаючи, що кількість цих стовпчиків – m , введемо такі позначення:

$(u_1, u_2, \dots, u_n)$ – набір об'єктів висхідного стовпчика;

$(u_1^i, u_2^i, \dots, u_{n_i}^i)$ – набір об'єктів i -го стовпчика, $i=1, 2, \dots, m$;

$A \subseteq \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$; $A_i = A \cap \{u_1^i, u_2^i, \dots, u_{n_i}^i\}$, $A_i \neq \emptyset$,

де A_i – перетин набору об'єктів i -го стовпчика та множини A ;

$B_i = \{u_1^i, u_2^i, \dots, u_{n_i}^i\} \setminus A_i$, $B_0 = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \setminus A$, $i=1, 2, \dots, m$.

Тепер продублюємо m разів частину висхідного стовпчика, що відповідає об'єктам множини A , утворюючи таким чином m допоміжних стовпчиків. (Відмітимо, що така операція є окремим випадком роз'єднання стовпчиків, і умови для цієї операції завжди виконані.) Кожний з m стовпчиків, що розглядаються, об'єднаємо з одним із допоміжних стовпчиків. При цьому буде отримано m стовпчиків з наборами об'єктів виду $A \cup B_i$, $i=1, 2, \dots, m$. Нарешті зробимо викреслення у всіх розглянутих стовпчиках. В результаті цих попередніх операцій буде отримана схема розмітки $S_1 = \langle U, L, W_1, R_1 \rangle$ еквівалентна висхідній схемі S . При цьому:

- (1) в усіх $(m+1)$ стовпчиках, що розглядаються, та тільки в них, будуть знаходитись об'єкти множини A ;

- (2) в усіх $(m+1)$ стовпчиках, що розглядаються, сукупності підрозміток, які відповідають піднабору об'єктів A будуть співпадати, оскільки у протилежному випадку в цих стовпчиках можна було б викреслити деякі розмітки.

Нехай вищезгадані сукупності підрозміток представляють собою набір з різних кортежів (підрозміток). Трансформація полягає у виконанні наступної заміни:

- (1) на місце множини об'єктів A підставляється новий об'єкт u_A ;
- (2) на місце r указаних підрозміток підставляються, відповідні нововведеному об'єкту нові мітки $l^A_1, l^A_2, \dots, l^A_r$. Виконані підстановки запам'ятовуємо, таким чином, щоб по них можна було б встановити узгоджені розмітки висхідної схеми, що відповідають узгодженим розміткам трансформованої схеми.

В результаті виконання трансформації отримуємо схему $S_T = \langle U_T, L_T, W_T, R_T \rangle$, де

$$U_T = (U \setminus A) \cup \{ u_A \},$$

$$L_T = L \cup \{ l^A_1, l^A_2, \dots, l^A_r \},$$

$$W_T = (W_1 \setminus \{ B_1A, B_2A, \dots, B_mA, B_0A \}) \cup \{ B_1u_A, B_2u_A, \dots, B_mu_A, B_0u_A \}.$$

Множину R_T отримуємо з множини R_1 по ходу описаної вище підстановки міток $l^A_1, l^A_2, \dots, l^A_r$ на місце відповідних підрозміток. Формальний запис множини R_T ми тут не наводимо, тому що вона досить громіздка і разом з тим зрозуміла з наведеного опису.

Тепер покажемо, що трансформація схеми розмітки є таким перетворенням, що воно опосередковано зберігає множину узгоджених розміток висхідної схеми.

Теорема 3. Нехай схема $S_T = \langle U_T, L_T, W_T, R_T \rangle$ отримана за допомогою трансформації з схеми $S = \langle U, L, W, R \rangle$ відносно підмножини об'єктів $A \subseteq U$. При цьому множина A була замінена на об'єкт u_A , а підрозмітки $\tilde{\Gamma}_1, \tilde{\Gamma}_2, \dots, \tilde{\Gamma}_r$ (тут позначка $\sim$ використовується для позначення кортежу) замінюються на мітки $l^A_1, l^A_2, \dots, l^A_r$, відповідно. Тоді:

- (1) для будь-якої узгодженої відносно W та R розмітки $f, f \in L(W, R)$ розмітка $f_T : U_T \rightarrow L_T$, буде узгодженою відносно W_T та R_T , де f_T побудована наступним чином:
- $$f_T(u) = f(u) \text{ для об'єктів } u \in U \setminus A,$$
- $$f_T(u_A) = l^A_j, \text{ де значення індексу } j \text{ визначається умовою}$$
- $$f(A) = \tilde{\Gamma}_j.$$
- (2) для будь-якої узгодженої відносно W_T та R_T розмітки $f_T, f_T \in L(W_T, R_T)$ знайдеться така узгоджена відносно W та R розмітка f та номер $j, 1 \leq j \leq r$ що
- $$f_T(u) = f(u) \text{ для } u \in U \setminus A, \text{ та}$$
- $$f_T(u_A) = l^A_j, \tilde{\Gamma}_j = f(A).$$

Доведення. Доведемо спочатку пункт (1). Нехай $f \in L(W, R)$ – узгоджена відносно W та R розмітка. Розглянемо деякий стовпчик схеми S , в набір об'єктів якого $u^{\sim}$ входить множина A . В стовпчику є розмітка $f(u^{\sim})$, причому її підрозмітка, що відповідає множині A є однією з підрозміток $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_r$. Нехай це підрозмітка $\Gamma_j : f(A) = \Gamma_j$. При трансформації множина об'єктів A була замінена на один об'єкт u_A , а в розмітці $\Gamma = f(u^{\sim})$ із стовпчика $u^{\sim}$ підрозмітка Γ_j була замінена міткою l_j^A . Побудуємо розмітку $f_T : U_T \rightarrow L_T$ наступним чином:

$$\begin{aligned} f_T(u) &= f(u) \text{ для } u \in U \setminus A \text{ и} \\ f_T(u_A) &= l_j^A. \end{aligned}$$

Відображення $f_T : U_T \rightarrow L_T$ є узгодженою відносно W_T та R_T розміткою. Дійсно, в наборі об'єктів $v^{\sim}$ будь-якого із стовпчиків, які не була піддана трансформації, об'єкти з A не зустрічаються і тому в такому стовпчику ми знайдемо розмітку $f_T(v^{\sim}) = f(v^{\sim})$.

Далі, в кожному стовпчику схеми S_T , набір об'єктів якого $u_T^{\sim}$ містить об'єкт u_A , також знайдеться розмітка $f_T(u_T^{\sim})$, тому що в цьому стовпчику $u^{\sim}$ до трансформації містилась розмітка $f(u^{\sim})$, підрозмітка якої $f(A) = \Gamma_j$ була замінена міткою $l_j^A = f_T(u_A)$, а для решти міток $l_i = f(u_i) = f_T(u_i)$. Отже, $f_T \in L(W_T, R_T)$.

Перейдемо до доведення пункту 2 Теорема 3. Нехай в трансформованій схемі є узгоджена розмітка $f_T \in L(W_T, R_T)$. За визначенням операції трансформації знайдеться номер $j, 1 \leq j \leq r$ такий, що $f_T(u_A) = l_j^A$. Міткою l_j^A була замінена деяка підрозмітка Γ_j , що входила в розмітки з стовпчиків схеми S , які були охоплені трансформацією. Визначимо розмітку $f : U \rightarrow L$ так:

$$\begin{aligned} f(u) &= f_T(u) \text{ для } u \in U \setminus A \text{ и} \\ f(A) &= \Gamma_j. \end{aligned}$$

В кожному стовпчику $v^{\sim}$, до якого не застосовувалась трансформація знайдеться розмітка $f_T(v^{\sim})$, оскільки f_T – узгоджена розмітка, а звідси і $f(v^{\sim}) = f_T(v^{\sim})$. Оскільки в решті стовпчиків схеми S_T (тобто в стовпчиках, набори яких містять об'єкт u_A) також є розмітки, що входять в узгоджену розмітку f_T , то і в кожному стовпчику схеми S , в набір об'єктів якого $u^{\sim}$ входила множина A , була розмітка Γ така, що всім об'єктам з набору $u^{\sim}$, що не входять в A , вона ставила у відповідність $f_T(u)$, а об'єктам з A відповідала її підрозмітка Γ_j . Отже, $\Gamma = f(u^{\sim})$. Звідси маємо $f \in L(W, R)$.

Теорему доведено.

Зрозуміло, що після одної трансформації можна виконати другу і т.д. При цьому якщо ми бажаємо мати можливість відновити за узгодженими розмітками трансформованої схеми узгоджені розмітки висхідної, то необхідно запам'ятовувати всі заміни об'єктів та міток, що виконувалися при трансформаціях.

Визначення 6. Дві схеми S_1 та S_2 будемо називати узагальнено еквівалентними, якщо існують дві еквівалентні схеми S_1^0 та S_2^0 такі, що кожна зі схем S_1 та S_2 може бути отримана за допомогою застосування деякої послідовності трансформацій із схем S_1^0 та S_2^0 , відповідно.

Зрозуміло, що висхідна схема S та отримана з неї за допомогою трансформації схема S_T теж є узагальнено еквівалентними.

Раніш в наших дослідженнях було показано, що будь-яка схема розмітки може бути зведена до *приведеного* виду за допомогою перетворення трансформації [11, 12]. Нагадаємо, що під *приведеною схемою* розуміється така схема, що для будь-яких її двох стовпчиків i та j з наборами об'єктів u_i та u_j , відповідно, виконується умова:

$$|u_i \cap u_j| \leq 1.$$

Неформально це означає, що набори об'єктів двох стовпчиків можуть мати не більше одного спільного елемента.

Вище було показано, що це перетворення приводить до еквівалентної задачі. Схема, що отримується в результаті, не є еквівалентною, вона – узагальнено еквівалентна. Зі зміною схеми розмітки ми тим самим змінюємо і саму задачу. Такі перетворення задач часто зустрічаються в математиці. Зокрема, вони застосовуються в теорії складності задач [19], коли за допомогою перетворення, алгоритм якого має поліноміальну складність, одна задача зводиться до іншої. Очевидно, що введені вище перетворення трансформації переводить задачу в еквівалентну поліноміальним за складністю алгоритмом. Було б цікаво встановити, чи усі зведення задач до еквівалентних їх аналогів можна інтерпретувати як трансформації або їх сукупності. Однак ця проблема виходить за рамки даного дослідження.

Висновки

1. Введено та досліджено перетворення схеми розмітки, яке отримало назву *розфарбування розміток стовпчика схеми*.
2. Показано, що його виконання приводить до квазі-еквівалентної схеми розмітки, яка в класичному сенсі не є еквівалентною висхідній схемі, але за рішенням задачі в цій новій схемі однозначно відтворюється рішення висхідної задачі за допомогою тривіальної поліноміальної за складністю процедури.
3. Запропонований метод застосування операції розфарбування розміток стовпчика схеми для перетворення CP в квазі-еквівалентну схему, в якій стає можливим виконання операції роз'єднання з будь-яким стовпчиком схеми. Це означає, що операцію роз'єднання стовпчиків можна регулярно виконувати, хоча, вже в якості квазі-еквівалентного перетворення. Нові можливості цієї операції відкривають шлях до створення метода рішення задачі «відновлення граматики», тобто побудови CP, яка задає дану множину відображень на базі еквівалентних перетворень схеми розмітки.
4. Введено та досліджено перетворення схеми розмітки, яке отримало назву «трансформація CP відносно обраної підмножини об'єктів». Подібно до операції розфарбування розміток це перетворення не є еквівалентним, однак в певному сенсі воно зберігає множину узгоджених розміток висхідної схеми.
5. Показано, що трансформація приводить до еквівалентної задачі, що дозволяє застосовувати її, як в цілях теоретичного дослідження задач CP, так і для розробки алгоритмів рішення цих задач.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dechter R. Constraint processing. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2003. 481 p.
2. Freuder E.C., Mackworth A.K. Constraint satisfaction: An emerging paradigm // Foundations of Artificial Intelligence. 2006. V. 2. P. 13–27.
3. Tsang E. Foundations of Constraint Satisfaction. New York: Academic Press, 1993. 421 p.

4. Handbook of Constraints Programming. – Edited by F.Rossi, van Beek & T.Walsh, Elsevier B.V., 2006, 955 p.
5. Haralick R. M. Scene Matching Problems. – In: Digital image processing and analysis: NATO advanced study institute, 1978, p. 184–202.
6. Шлезингер М. И. Синтаксический анализ двумерных зрительных сигналов в условиях помех.— Кибернетика, 1976, №4, с. 113—130.
7. Ткачев ИИ. Эквивалентные преобразования в одном классе распознающих систем. —Кибернетика, 1981, № 1, с. 27-32.
8. Шлезингер М. И. Математические средства обработки изображений . – Киев: Наукова думка, 1989.– 200 с.
9. Минский М., Пэйперт С. Перцептроны. – М.: 1971. – 262 с.
10. Ткачов І.І. Спеціальні структури в схемах розмітки. // II Міжнародна науково-практична конференція «Роль інновацій в трансформації образу сучасної науки», 28-29 грудня 2018 р., м. Київ. – Київ: Інститут інноваційної освіти, 2018. – С. 213–222.
11. Ткачев И.И. Реляционные методы распознавания образов и задача гомоморфизма алгебраических моделей // Доклады АН Украинской ССР Сер. А, 1988, №1, с.76-78.
12. Ткачов І.І., Реляційні моделі для опису структур складних об'єктів у розпізнаванні образів // Міжнародна науково-практична конференція «Наука, освіта, суспільство: актуальні питання і перспективи розвитку», 29-30 січня 2016 р., м. Одеса. – Одеса: ГО «ІОМП», 2016. – С. 164 – 169.
13. Ткачов І.І. Узгоджені розмітки та гомоморфізми відношень в задачах аналізу структур складних об'єктів. // II Міжнародна науково-практична конференція «Наука, освіта, суспільство: актуальні питання і перспективи розвитку», 27-28 грудня 2016 р., м. Київ. – Київ: Інститут інноваційної освіти, 2016. – С. 187–192.
14. Ткачев И.И. Преобразования реляционных схем и задача «восстановления грамматики», // В кн.: Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку, тези доповідей Міжнародної наукової конференції, присвяченої 60-річчю заснування Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, – Україна, Київ, 13–15 грудня 2017 року, – С. 154-157.
15. Ткачев И.И. Реляционные методы распознавания: две фундаментальные постановки // в кн. "Математические методы распознавания изображений" тезисы докладов, Киев: Ин-т кибернетики АН Украины, 1991, 2 с.
16. Фу К. Структурные методы в распознавании образов / пер. с англ. Н.В.Завалишина; под ред. М.А.Айзермана. – М. Мир, 1977. – 319 с.
17. Ткачев И.И. Задача минимизации днф в формализме реляционных схем, // В кн.: Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии, Материалы 6-й международной конференции, Кишинэу, 12–16 ноября 2018 г., – С. 431-435.
18. Ткачов І.І. Генеративні можливості реляційних схем, // В кн. Міжнародний науковий симпозіум «Інтелектуальні рішення» «Обчислювальний інтелект (Результати, проблеми, перспективи) Матеріали V-ої Міжнародної конференції, Україна, 15-20 квітня 2019 р., – С. 131-132.
19. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / – М. Мир, 1982. – 416 с.
20. Ткачев И.И. О модели конструктивного порождения множеств сложных объектов на основе реляционных схем / П'ята Міжнародна науково-практична конференція "Відкриті еволюційні системи" (19-21 травня 2020 р.) Збірник праць. За ред. В.О. Дубка, В.Б. Кисельова. — К.: ФООП Маслаков, 2020. – 424 с. – С.: 203-205.

ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КРІОБАНКУ, ПРИЗНАЧЕНОГО ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ У ЗАМОРОЖЕНОМУ СТАНІ БІОЛОГІЧНОГО РОЗМАЇТТЯ КЛІТИННИХ ТКАНИН ЛЮДИНИ

Броварник В.В.,

*Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України
(Київ, Україна, sbrov@yahoo.com)*

Вступ. Колекції клітинних культур людини використовують в наукових дослідженнях в біології, фізіології, генетиці, медицині, фармакології, де, зокрема, на основі клітинних культур розробляють вакцини проти важких хвороб (наприклад, щеплення від COVID-19). Спостерігається зростання чисельності таких колекцій, створюється нове та вдосконалюється існуюче програмне забезпечення для комп'ютерних систем ведення цих колекцій. Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України співпрацює з мікробіологами у розробці для них спеціалізованої інформаційної системи, яка допоможе фіхівцям відслідковувати стан зразків, які зберігатимуться в замороженому вигляді - при наднизьких температурах, - в кріобанку мікробіологічних культур тканин людини і тварин. Автором цієї статті була розширена інформаційна система, призначена для ведення колекції клітин людини [1].

Для ідентифікації клітин запропоновані засоби зберігання та опрацювання даних, одержаних в результаті проведення аналізу коротких тандемних повторів та ізоферментного аналізу.

Для відображення в БД структуровані та форматовані дані стосовно генетичних характеристик клітини. Інформаційна система поповнена новими запитами.

Програмна система, що проектується у відповідності з планом НДР на 2019-2021 рр., основана на раніше створеній базі даних [2, 3]. Ядром цієї бази даних слугують модулі загального опису, адміністрування, зберігання. В модулі загального опису знаходиться таблиця Лінії, де зберігаються дані, що представляють реєстраційний номер клітинної культури в колекції, її назву, депозитора та дату депонування, умови культивування та умови зберігання, генетичні особливості, сферу використання тощо.

Відомості в БД про STR-профілювання ДНК клітин людини. Під час ведення колекції клітинних культур людини та тварин велика увага приділяється правильній ідентифікації та автентифікації колекційної культури, а також забезпеченню не тільки її мікробіологічної чистоти, а і відсутності перехресного забруднення клітин. Серед різних підходів, запропонованих для проведення необхідних для цього робіт, більш популярним стало використання молекулярно-генетичних методів досліджень, на яких базується профілювання ДНК шляхом аналізу коротких тандемних повторів (STR - Short Tandem Repeat) [4, 5].

В США саме такий підхід рекомендує використовувати Національний інститут охорони здоров'я (НИН - National Institutes of Health) при подачі заявок на фінансування при виділенні грантів на проведення наукових досліджень, пов'язаних з використанням клітинних культур. Провідні фахові наукові журнали США в статтях, що стосуються клітинних культур, тепер дещо розширили місце відведене для обов'язкового опису культивування клітинних культур та результатів їх STR-профілювання. Вважають, що такі вимоги стимулюватимуть ефективність наукових досліджень, їх достовірність та відтворюваність в різних лабораторіях. Адже значна кількість невірно ідентифікованих чи автентифікованих або контамінованих клітинних культур виявлялись навіть в відомих колекціях і лабораторіях. Їх використання приводило до матеріальних втрат, марнування часу, поширення недостовірних результатів досліджень. Для запобігання цього створені навіть спеціальні бази даних, що містять інформацію виключно про невірно ідентифікованих і перехресно контамінованих клітинних ліній людини. В геномі людини

існує багато фрагментів ДНК, що повторюються. Різняться вони за місцем розташування в геномі, структурою, розміром, варіабельністю та іншими ознаками. В подальшому увага буде зосереджена на STR-мікросателітах, в яких ДНК мотиви (структурні одиниці) довжиною 4-5 пар нуклеотидів можуть повторюватися 5-50 разів. В основному це будуть STR, що знаходяться в некодуючих білок і нерегуляторних високо варіабельних частинах геному людини поблизу центроміри або теломіри в хромосомах клітин. Варіації в них зумовлені точковими мутаціями, “проковзуванням” під час реплікації ДНК, а також характерними для мікросателітів видаленням або вставкою разом цілих структурних одиниць. В цих частинах геному такі зміни накопичуються відносно часто і передаються в організмі людини з покоління в покоління. За кількістю структурних одиниць в STR в такому мікросателіті можна проводити розподіл людей на окремі групи. В умовах лабораторного аналізу надаються праймери, призначені для виокремлення маркерного локуса - фрагмента ДНК, що містить STR і фланкуючі його області. Роздільна здатність розподілу людей за кількістю структурних одиниць збільшиться якщо з цією метою проаналізовано кілька віддалених між собою незв'язаних маркерних локусів з такими STR, що в переважній більшості знаходяться на різних хромосомах. Вважається, що використання мінімального набору з 8 локусів забезпечує прийнятну роздільну здатність для задач ідентифікації клітинних культур людини в колекції. Таку кількість локусів початково містила розроблена в США серія наборів маркерних локусів під назвою CODIS (Combined DNA Index System): TH01, TPOX, CSF1PO, vWA, D5S818, D7S820, D13S317, D16S539, додатково для визначення статі залучався локус AMEL (ген Amelogenin). В Європейському Союзі офіційно була визнана серія наборів маркерних локусів ESS (European Standard Set), в першому з яких було всього 7 локусів: TH01, FGA, vWA, D3S1358, D8S1179, D18S51, D21S11. Великобританія, Австралія, Китай та інші країни також почали пропонувати свої офіційні набори маркерних локусів і рекомендації по їх використанню. Вивчення властивостей нових STR продовжується постійно. Зростає і кількість локусів, що містять STR, в офіційних та комерційних наборах маркерних локусів. Деякі маркерні локуси присутні одразу в кількох сучасних наборах, наприклад, в CODIS 20, ESS 12, PowerPlex 21 (Австралія), COrDISPlus (компанія Gordiz). Цьому сприяє розширення області використання аналізу ДНК на основі STR в юриспруденції у справах по встановленню батьківства дитини, виявленню родинних зв'язків, пошуку кримінальних злочинців по залишеним слідам навіть застарілої частково ушкодженої ДНК, а також ідентифікації жертв стихійних лих і воєнних конфліктів. В США, Великобританії, Нідерландах, Австралії, Новій Зеландії та інших країнах створені бази даних, що містять STR профілі ДНК значної чисельності населення. Використання наборів з однаковими маркерними локусами в базах даних різних колекцій надають можливість корисного обміну даними між ними. Прикладом слугує плідна співпраця, що склалася між такими відомими колекціями як ATCC, DSMZ, JCRB, RIKEN. В базі даних у складі інформаційного супроводу колекцій клітинних культур з тканин людини та тварин [2] при необхідності інформація стосовно аналізу ДНК людини на основі STR зберігається в окремій таблиці, в кожному записі якої вказується унікальний реєстраційний номер клітинної лінії, її назва, ідентифікатор піддослідної ампули з культурою, дата проведення аналізу, числові відповідники довжини маркерних локусів (STR алелі) з усталеного в колекції набору, теоретична роздільна здатність, гіперпосилання на відомості про використану апаратуру для проведення аналізу, висновки. Для кожної клітинної лінії перший запис в таблиці містить базовий ДНК STR профіль, що переважно надається депозитором. Він використовується для порівняння в наступних лабораторних аналізах. Інформацію про стан клітинної лінії, результати проведених аналізів доступна користувачу у вигляді спеціально розроблених відповідних звітів [6-9] .

В світі існує чимало колекцій клітинних культур людини. Організація цих колекцій різна: в складі колекції може бути лише одна колекція клітинних культур або включати кілька окремих колекцій.

В окремій колекції можуть бути клітини різних клітинних груп. Наприклад, можна розрізняти клітини нормальні, пухлинні, іморталізовані тощо. Позначка групи, до якої належать клітини, представлена в полі Група таблиці Лінії.

Зазначення позначки групи клітин в критерії пошуку прискорює пошук даних, вказаних користувачем в запиті.

В 2020 році виконавцем НДР в основному увага приділялася розширенню можливостей зберігання в базі даних та опрацювання інформації, що стосується ідентифікації клітин, достатньо повного опису їх генетичних особливостей.

Розширення інформаційного забезпечення відбулося за рахунок залучення до нього інформації стосовно STR-аналізу (аналізу коротких tandemних повторів) клітинних культур. Згідно рекомендаціям провідних спеціалістів STR-аналіз має бути проведений перед депонуванням клітинної лінії та кожний раз після вилучення з Master-банку кріоампули перед передачею у Working-банк або проведенням важливого експерименту.

В базі даних створена окрема таблиця для збереження даних, одержаних в результаті проведення STR – аналізів. Ця таблиця зв'язана з таблицею Лінії. В кожному запису таблиці вказуються реєстраційний колекційний номер лінії, номер аналізу, результат, визначений для кожного локуса з призначеного адміністрацією з стандартного набору локусів та зроблені на їх основі висновки.

В колекціях клітинних культур людини в якості ідентифікатора може виступати набір ферментів, одержаний в результаті ізоферментного аналізу, в окремому полі таблиці Лінії або у окремій таблиці Ферменти, що зв'язана з таблицею Лінії. Перший варіант доречний для спеціалізованих колекцій, де використовується такий метод ідентифікацій переважної більшості клітинних ліній.

Якщо під час перебування в колекції планується неодноразово проводити ізоферментний аналіз, то в таблиці Ферменти вказуються порядковий номер аналізу, дата його проведення і одержаний в результаті аналізу набір ферментів та висновок.

В таблицях в полі Ферменти в кожному запису в списку назви ферментів впорядковані в алфавітному порядку.

Створений параметричний запит, що дозволяє по вказаному користувачем набору ферментів визначити ті клітинні культури, клітини яких продукують в своїх наборах ферментів всі ферменти, що були зазначені користувачем.

Часто в колекції разом присутні лінії клітинних культур і їх клони. В такому випадку можна створити таблицю Клони, зв'язану з таблицею Лінії, де є назва цього клона, його характерні особливості.

Створені запити, що інформують про клони, вказаної користувачем клітинної лінії, їх характерні особливості та надають повний загальний опис, наведений в таблиці Лінії.

В базі даних дані стосовно генетичних особливостей клітинної культури, а саме: кількість хромосом та плоідність в хромосомному наборі, маркери, пропонується зберігати в таблиці Лінії в полі Каріологія в окремих розділах. Кожний розділ має свою позначку. Так, n – позначка кількості хромосом у хромосомному наборі, pl – позначка плоідності тощо. На початку розділу знаходиться його позначка, далі – знак =, за ним дані і позначка кінця розділу.

Розроблений формат параметричного запиту на пошук вказаних користувачем даних у зазначених розділах.

Заключення. У відповідності з концепцією *сталого розвитку людства*, на випадок можливих екологічних катастроф, або катастроф, які мають космічну природу (наприклад, падіння на Землю астероїду, занесення в атмосферу Землі невідомих науці зразків вірусів позаземного життя тощо), важливе значення мають спеціалізовані бази та банки даних всього того біологічного різноманіття, яке притаманене життю на планеті Земля [10]. Спеціалізована інформаційна система, що проектується автором цієї статті, призначена для супроводу колекції клітин людини, є тісно узгодженою з практичними потребами

фахівців-мікробіологів. Ця розробка має бути завершена автором в 2021 році, у відповідності з планами виконання НДР в НУЦПІ НАН України.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Броварник В.В.** Інформаційна система для колекцій клітинних культур з клітин людини та тварин. – УСиМ. – 2017, – № 1, С. 86 – 89.
2. **Розробка методів розпізнавання та аналізу структур складних об'єктів на основі марківських моделей:** Звіт про НДР 2016-2018 р.р. № держ. реєстрації 0116U002094 / Гупал А.М., Вагіс О.А., **Броварник В.В.**, Ткачов І.І., Распопов В.Б. та інш. // Національна Академія наук України. Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. - Київ: НУЦПІ НАНУ, 2018. - 247 с. – С.: 144-178.
3. **Capes-Davis A., et al. Match criteria for human cell line authentication: Where do we draw the line?** – International Journal of Cancer: 132, 2510–2519 (2013)
4. **ASN-0002: Authentication of Human Cell Lines: Standardization of STR Profiling.** – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK144066/>
5. **Броварник В.В.** Відомості про STR профілювання ДНК клітин людини в базі даних для колекцій клітинних культур. Міжнародна наукова Internet-конференція “Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 42)” / Збірник тез доповідей: випуск 42 (м. Тернопіль, 16 жовтня 2019 р.) – Тернопіль. - 2019. – С. 9–11.
6. **American Type Culture Collection, ATCC.** – UR: <https://www.lgcstandards-atcc.org/en.aspx>
7. **German Collection of Microorganism and Cell Cultures, DSMZ.** – URL: <https://www.dsmz.de/>
8. **Japanese Collection of Research Bio resources Cell Bank, JCRB.** – URL: <https://cellbank.nibiohn.go.jp/>
9. **RIKEN.** – URL: <https://www.riken.jp/>
10. **Состояние всемирных генетических ресурсов животных в сфере природопользования и сельского хозяйства.** Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций.- Рим-Москва, 2010. – 512 с. -<http://www.fao.org/3/a1250r/a1250r.pdf>