



II INTERNATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM “INTELLIGENT SOLUTIONS” (SATELLITE)



**X International school-seminar
"Decision Making Theory"**



**VI International conference
"Computational Intelligence"**

**September 29, 2021
Ukraine
Uzhhorod/online**

За ред. В.Є. Снитюка

Міжнародний науковий симпозіум «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РІШЕННЯ-С»

**ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ІНТЕЛЕКТ
(РЕЗУЛЬТАТИ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ)**

ТЕОРІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Матеріали

VI-ої Міжнародної науково-практичної конференції

X-ої Міжнародної школи-семінару

29 вересня 2021 року, Україна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМЕНІ В.М. ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ

ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

УДК 004.9
ББК 73
О26

Науковий редактор: Снитюк В.Є., д.т.н, професор

Програмний комітет: Бідюк П.І., Бодянский Є.В., Бозоки Ш., Гуляницький Л.Ф., Хуберт Р., Ліповецькі С., Маляр М.М., Марков К., Панкратова Н.Д., Сергієнко І.В., Зоденкамп М., Снитюк В.Є., Стоян Ю.Г., Циганок В.В., Волошин О.Ф., Вовк В. Яковлев С.В., Зайченко Ю.П. Згуровський М.З.

Організаційний комітет: Снитюк В.В., Гнатієнко Г.М., Іларіонов О.Є., Красовська Г.В., Доманецька І.М.

Секретаріат симпозіуму: Гайна Г.М., Федусенко О.В., Гамоцька С.Л.

- О26 Міжнародний науковий симпозіум «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РІШЕННЯ-С». Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи). Теорія прийняття рішень: праці міжнар. наук. симпозіуму, 29 вересня 2021 р., Київ – Ужгород, Україна / М-во освіти і науки України, КНУ імені Т.Шевченка та [ін.]; наук. ред. В.Є. Снитюк.

У збірнику представлені тези доповідей 6-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи) – 2021» та 10-ї Міжнародної школи-семінару «Теорія прийняття рішень – 2021». Розглядаються філософські, теоретичні та прикладні аспекти, що відображають результати, проблеми і перспективи створення та використання інтелектуальних методів обчислень та прийняття рішень, а також розробки на їх базі інформаційних систем та технологій.

Vitaliy Ye. Snytyuk (Ed.)

International Scientific Symposium «INTELLIGENT SOLUTIONS-S»

Computational Intelligence (Results, Problems and Perspectives)

Decision Making Theory

VI-th International Conference
X-th International School-Seminar

Ukraine, September 29, 2021

Proceedings

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE «IGOR SIKORSKY KYIV POLYTECHNIC
INSTITUTE»
STATE HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION «UZHGOROD NATIONAL UNIVERSITY»
V.M. GLUSHKOV INSTITUTE OF CYBERNETICS OF NAS OF UKRAINE

UDC 004.9
ББК 73
О26

Volume editor: Vitaliy Ye. Snytyuk, Dr.Sc., Prof.

Program Commettee: P. Bidyuk, Y. Bodyanskiy, S. Bozóki, L. Hulianytskyi, H. Roth, S. Lipovetsky, M. Malyar, K. Markov, N. Pankratova, I. Sergienko, M. Sodenkamp, V. Snytyuk, Yu. Stoyan, V. Tsyganok, O. Voloshyn, V. Vovk, S. Yakovlev, Yu. Zaychenko, M. Zgurovsky

Organizing Commette: V. Snytyuk, H. Hnatiienko, O. Ilarionov, H. Krasovska, I. Domanetska

Secretariat of the Symposium: G. Gaina, O. Fedusenko, S. Gamotska

Intelligent Solutions-S: Proceedings of the International Symposium, Septemder 29, 2021, Kyiv-Uzhorod, Ukraine / Ministry of Education and Science of Ukraine, Taras Shevchenko national university of Kyiv and [etc]; Vitaliy Ye. Snytyuk (Editor).

This book includes abstracts of the 6th International Conference "Computational Intelligence (Results, Problems and Perspectives) – 2021" and 10th International School-Seminar "Decision Making Theory – 2021". Philosophical, theoretical and applied aspects which describe the results, problems and prospects of the creation and use of intelligent computational, decision making methods and creating of information systems and technologies on their basis are reviewing.

Preface · Передмова

Шановні колеги! Дорогі друзі!

Шоста Міжнародна науково-практична конференція з обчислювального інтелекту «ComInt 2021» та десята Міжнародна школа-семінар "Теорія прийняття рішень" відбуваються в рамках другого Міжнародного наукового симпозиуму «Інтелектуальні рішення». І це символічно, адже технології обчислювального інтелекту використовуються для розв'язання задач діагностики, ідентифікації, прогнозування, кластеризації тощо, а їх результати становлять основу прийняття як оптимальних, так і раціональних рішень.

Досягнення останніх років, а саме створення систем перекладу у реальному часі, читання текстів як людина, розуміння слів за рухом губ, розпізнавання зорових образів в умовах замиленості та інші стали можливими завдяки розробці та розвитку методів обчислювального інтелекту. На черзі завдання на найближчі десятиліття: виведення образів людської уяви на екран, створення технологій повної віртуальної реальності, розробка нанороботів та нанофабрик, а також створення штучного суперінтелекту. Пілотні розробки у цих напрямках базуються на ідеях, запозичених у природи, та адаптованих до особливостей предметних областей. Обговорення результатів і проблем у вказаних напрямках і буде здійснено на конференції.

У цьому році на сателітний симпозиум подано майже 70 тез доповідей, кілька десятків учасників з різних країн планують виступити з доповідями.

Програмний та Організаційний комітет бажають учасникам конференції та школи-семінару результативної роботи та гарного відпочинку!

Професор



В.Є. Снитюк

Dear Colleagues, Dear Friends,

The Sixth International Conference on Computational Intelligence "ComInt2021" and the Tenth International School-Seminar "Decision Theory" takes place within the framework of the 2th International Scientific Symposium "Intelligent Solutions". This fact is symbolic, because computational intelligence technologies are used to solve problems of diagnostics, identification, forecasting, clustering, etc., and their results form the basis of both optimal and rational decisions making.

The achievements of recent years, namely the creation of real-time translation systems, the reading of texts as human beings, the understanding of words in the motion of the lips, the recognition of visual images in the face of fading, and others became possible due to the development of methods of computational intelligence. On the queue is the task for the coming decades: the output of images of human imagination on the screen, the creation of technologies of full virtual reality, the development of nanorobots and nanofabrics, as well as the creation of artificial superintelligence. Pilot developments in these areas are based on ideas borrowed from nature, and adapted to the features of subject areas. Discussion of the results and problems in the indicated directions will be carried out at the conference.

Almost 70 reports are presented at the satellite symposium this year, several dozen participants from different countries are planning to present their reports.

The Program and Organizing Committees want the participants of the conference and school-seminar of productive work and good rest!

Professor



Vitaliy Snytyuk

ЗМІСТ

Обчислювальний інтелект

<i>Kolchin A., Potiyenko S.</i> Tailoring data flow coverage for testing constraint refinements	13
<i>Mironenko Y.V.</i> Machine learning methods for electrical insulation diagnostic	15
<i>Perederii Yu.</i> Solving the problem of guaranteed functioning of the cyber-physical system	17
<i>Zaychenko Yu., Zaychenko H., Hamidov G.</i> Investigation of hybrid neo-fuzzy neural networks in the problem of pandemic forecasting	19
<i>Zinchenko S.M., Nosov P.S., Prokopchuk Yu.O.</i> Automatic technical condition control of on-board systems	23
<i>Бичко Д.В., Шендрик В.В., Парфененко Ю.В.</i> Підхід до обробки природної мови з елементами структурованої інформації в медицині	25
<i>Гайдар Н.К., Заволодько Г.Е.</i> Використання адитивної технології в освіті	27
<i>Гамоцька С.Л.</i> Використання мереж Петрі для моделювання проектів	30
<i>Гладка Ю.А., Назаренко Є.О.</i> Використання штучного інтелекту в кібербезпеці	31
<i>Глебена М.І., Цегелик Г.Г.</i> Метод мінорантного типу для розв'язання системи двох нелінійних рівнянь	33
<i>Гнатієнко Г.М., Домрачев В.М., Сайко В.Г.</i> Застосування інтелектуальних технологій для цифрового моніторингу стану сільськогосподарських посівів	35
<i>Гожий О.П., Нечахін В.В., Калініна І.О.</i> Застосування нейромережевої архітектури LSTM в системі керування сонячною електростанцією	38
<i>Горбачук В.М., Большаков В.М., Голоцуков Г.В., Пустовойт М.М.</i> Сучасні виклики еволюції хмарних архітектур	40
<i>Гороховатський В., Творошенко І., Сидоренко Д.</i> Класифікація зображень із використанням кластерного подання	44
<i>Гук Н.А., Диханов С.В.</i> Кластеризація сторінок веб-сайту на основі схожості структури та стилю	46
<i>Іларіонов О.Є., Сірий А.О., Кліменкова Н.А.</i> Моделювання українського наукового простору на основі аналізу даних про захист дисертацій	48
<i>Козін І.В., Землянський О.О.</i> Фрагментарна модель для задачі редагування кластеру	50
<i>Куперман А.О., Таїрова М.С.</i> Про методи оптичного розпізнавання об'єктів на відео	51
<i>Літвін А.А., Величко В.Ю., Каверинський В.В.</i> Підхід до створення системи класифікації семантичних відношень для аналізу природно-мовних текстів	53
<i>Мінасва Ю.І., Кліменкова Н.А.</i> Використання методів машинного навчання для розробки системи прогнозування порушень мозкового кровообігу	55
<i>Мінасва Ю.І.</i> Інтелектуальний аналіз часових рядів з застосуванням тензорних моделей	57

<i>Моргун В.В., Волошин О.Ф.</i> Наукові результати Людвіга Вітгенштайна і їхнє використання у когнітивному підході до аналізу текстів	59
<i>Ніколенко Д.І.</i> Корпоративна розподілена інформаційна технологія підготування та обробки фінансових документів з числовими і текстовими показниками у табличній формі	62
<i>Осипенко С.П.</i> Сучасні наукові біомедичні додатки у кластерних та хмарних середовищах	64
<i>Проватар О., Ількун О., Проватар Т.</i> Достовірність нечітких рішень в задачах розпізнавання	66
<i>Рошко Д., Мулеса П.</i> Візуалізація даних в освітньому процесі	67
<i>Селіванова А.В., Винник А.С.</i> Моніторинг актуальності змісту навчальних дисциплін з метою приведення його у відповідність до вимог стейкхолдерів ІТ галузі	68
<i>Семенов В.В., Денисов С.В.</i> Алгоритм операторної екстраполяції для варіаційних нерівностей	71
<i>Семенова Н.В., Колечкін В.О.</i> Розв'язування задач векторної оптимізації на комбінаторних конфігураціях з нечітко заданими даними	73
<i>Симонов Д.І.</i> Використання динамічної некооперативної гри для пошуку рішення про розвиток продукту	75
<i>Сугак Г.В.</i> Інтелектуальний аналіз метеорологічних даних для дослідження погоди	77
<i>Тимофієва Н.К.</i> Деякі способи виходу із ситуації невизначеності в задачах семантики	79
<i>Хабарлак К.С.</i> Про адаптацію мета-навчання нейронних мереж	81
<i>Худяков А.С.</i> Codex - система машинного навчання, що перетворює натуральні мови на програмний код.	82
<i>Юрченко Н.В., Юрченко Ю.А.</i> Автоматизоване впорядкування фотоархіву	83


Теорія прийняття рішень

<i>Bashtova A., Hnatiienko H.</i> Quick-seyford medium near search method in the problem of determining the resulting objectives	87
<i>Hnatiienko H., Hnatiienko V.</i> Modeling of system adaptation of intertariffic relations at the enterprise	90
<i>Ivohin E.V., Vavryk P.R., Makhno M.F.</i> Approach for estimating of audience sets overlaps in the social media	93
<i>Nosov P.S., Zinchenko S.M., Prokopchuk Yu.O.</i> Development of a informational model of influence the “human factor” to ergatic maritime system	95
<i>Petrash K.M., Solntsev V.P., Shakhnovsky A.M., Solntseva T.A.</i> Prospects of applying computational intelligence in the study of reaction sintering of heterogeneous systems in powder metallurgy	97
<i>Polishchuk V., Mlavets Yu., Kelemen M.</i> Methodology of presentation and processing of fuzzy knowledge	99
<i>Брила А.Ю.</i> Знаходження досяжних оптимальних розв’язків задач багатокритеріальної оптимізації із залежними критеріями	101
<i>Бровді А.М., Шаркаді М.М.</i> Інтелектуальне оцінювання складності розробки програмного забезпечення	102
<i>Волошин О.Ф., Маляр М.М., Половко І.І., Шаркаді М.М.</i> Концептуальне моделювання соціальної безпеки суспільства	104
<i>Григорків В., Григорків М.</i> Моделі динаміки екологічної та соціальної економіки як інструментарій для прогнозування її процесів та прийняття управлінських рішень	106
<i>Демидюк М.В., Демидюк В.М.</i> Чисельна реалізація методу Понтрягіна в задачі оптимального керування дволанковим маніпулятором	107
<i>Добуляк Л.П., Цегелик Г.Г.</i> Задача планування найякіснішого замовлення на виготовлення продукції на малих підприємствах	109
<i>Дунаєвський М.С.</i> Емпіричні середні в задачах стохастичного програмування	111
<i>Івохін Є.В., Аджубей Л.Т., Науменко Ю.О.</i> Моделювання процесів інформаційного розповсюдження на основі рівнянь дифузії з нечітким вимірюванням часу	113
<i>Кітєв М.О.</i> Формулювання інтегрованого критерію оцінки енергетичної ефективності систем електропостачання на базі Microgrid та Smart-технологій	115
<i>Макшико Н.К., Козін І.В., Баитанник О.І.</i> Про модель оптимального розміщення закладів освіти в територіальних громадах	117
<i>Мамашова А.І., Малахов Є.В.</i> Застосування методів кластеризації даних при розв’язанні задачі підбору екіпажу судна	118
<i>Мич І.А., Ніколенко В.В., Варцаба О.В., Динис Д.С.</i> Метод знаходження базисів систем булевих функцій	119
<i>Мич І.А., Ніколенко В.В., Варцаба О.В.</i> Базисна еквівалентність у класі універсальних булевих алгебр	121

<i>Ніколенко В.В., Роспопа П.М., Харук С.С.</i> Апроксимація динамічних рядів зубчатими рядами	123
<i>Орловський О.В., Останов С.Е.</i> Використання предтренованих моделей при побудові класифікатора текстових даних	126
<i>Поліщук О.Д., Яджак М.С.</i> Про основні підходи до аналізу поведінки складних ієрархічно-мережевих систем	129
<i>Присяжнюк О.В., Близнюкова О.М.</i> Застосування нечіткого підходу у задачах прийняття психодіагностичних рішень	133
<i>Прокочук Ю.О., Носов П.С., Зінченко С.М.</i> Концепція «когнітивних технічних систем» як методична основа забезпечення відмовостійкості, катастрофостійкості та антихрупкості	135
<i>Рясна І.І.</i> Проблема побудови нечітких мір схожості	137
<i>Семенова Н.В., Ломага М.М.</i> Дослідження існування розв'язків задач лексикографічної опуклої оптимізації з лінійними функціями критеріїв	139
<i>Сергієнко І.В., Шило В.П., Роцин В.О., Шило П.В.</i> Про прискорення обчислювального процесу з використанням портфелів алгоритмів дискретної оптимізації	141
<i>Скукіс О.Є.</i> Застосування інформаційних технологій в транспортній логістиці	143
<i>Стецюк П.І., Супрун А.А.</i> Прискорення Gurobi та CPLEX для задачі комівояжера	144
<i>Стовба В.О., Жмуд О.О.</i> Градієнтний метод з кроком Поляка для мінімізації квадратичних функцій багатьох змінних	146
<i>Супрун А.А., Івлічев А.В.</i> Інтерактивна програма для задачі побудови та аналізу плоскої кривої з квадратичною кривиною	148
<i>Триус Ю.В., Гейко А.В.</i> Адаптивні нечіткі метаевристичні алгоритми глобальної оптимізації мультимодальних функцій	150
<i>Шмельова Т.Ф., Яцко М.М., Ковальов Ю.М.</i> Інтеграція моделей прийняття рішень в умовах невизначеності для формування спільних рішень	152
<i>Шулла Р.С., Попик М.М., Повідайчик М.М.</i> Оптимізація фінансових результатів підприємства з виробництва світлодіодних світильників на основі економіко-математичного моделювання	156


**VI Міжнародна науково-
практична конференція
«Обчислювальний інтелект»**

 *Нейронні мережі та навчальні системи*


 *Еволюційні обчислення та метабевристики*

 *Нечітка логіка та системи*

 *Гібридні технології*

 *Обробка природної мови*

 *Розпізнавання образів*

 *Застосування обчислювального інтелекту*

UDC 004.054

A. Kolchin

PhD, senior researcher

S. Potiyenko

PhD, senior researcher

V.M. Glushkov Institute of cybernetics NAS of Ukraine, Kyiv

TAILORING DATA FLOW COVERAGE FOR TESTING CONSTRAINT REFINEMENTS

Applying data flow coverage criteria is a popular strategy for test cases development – it focuses on how a variable is defined and used allowing to explore causal relationships, input-output dependencies etc. [1]. The criteria can be used as a coverage metric to measure the level of thoroughness of a test suite or as a test goal (in automatic tests generation e.g.). Examining data dependencies also promotes qualitative improvements in the resulting test suites with respect to meaningfulness, logical connectedness, usefulness for debugging etc. [2].

Relying on the conventional data flow criteria in industrial projects, we were faced with the problem of weak analysis of possible refinements of constraints. Point is that existing criteria do not directly require a subpath in which a value assigned at the def-point will pass through a possible sequence of uses in conditions before a use-point associated with the def-use pair. A conditional statement in such sequence is the usage by itself, and therefore the corresponding def-use pair can be covered in stand-alone short test case. Such strategy, however, leads to a decrease in the ability to detect faults and may lose ‘interesting scenarios’ [2], especially in cases where def-point does not assume assigning of a constant (e.g., it is an input parameter with an arbitrary value). This work is aimed to extend data flow coverage criterion with chains of usages.

Let $G=(C, E, s, f)$ be a flow graph of a program, where C – set of vertices, E – edges, s – initial vertex, f – final. Each variable occurrence is classified as being a definitional occurrence (i.e., where it assigned with a new value), or use occurrence (of whatever type – in right part of assignment, in parameter of output signal or in a predicate of condition). A path on the graph G is a finite sequence of vertices c_0, c_1, \dots, c_k , where for all i , $(0 < i < k)$, an edge $(c_{i-1}, c_i) \in E$. A complete path is a path where $c_0=s, c_k=f$. Let x be a variable and $c \in C$. Then $\text{defs/uses}(c)$ denotes respectively set of all variables which are defined/used at c . A path (n, c_1, \dots, c_k, m) , $k \geq 1$, is called def-clear from vertex n to vertex m with respect to x if $x \notin \text{defs}(c_i)$ for all $1 \leq i \leq k$.

Path p covers def-use pair $[D:U]_v$ if $p=\{s, D, q, U, f\}$, where $D, U \in C$, $v \in \text{defs}(D)$, $v \in \text{uses}(U)$, and q is a def-clear path w.r.t. variable v . Test suite T satisfies *all-uses* [3] criterion if for every vertex c and every $x \in \text{defs}(c)$, T includes a def-clear path w.r.t. x from c to all appropriate use-elements, meaning that each computation and condition affected by definition of x will be tested.

Let's consider an example of a program described in Fig.1. The code snippet has a fault – ‘return Error’ statement is missed after line 5, and therefore, the program may

reach division-by-zero exception. Fig.2 shows test suite generated by *all-uses* criterion: in order to cover all def-use pairs it is sufficient to include only two tests.

```
1. in(x, y);
2. if(x != 0)
3.   print("x != 0");
4. else
5.   print("x = 0");
6. if(y != 0)
7.   print("y != 0");
8. else
9.   print("y = 0");
10.  return Error;
11. print (x/y + y/x);
```

Figure 1. Program with Division By Zero fault

#	inputs	outputs	def-use pairs covered
1	(1,1)	"x != 0", "y != 0", 2	[1:2]x, [1:6]y, [1:11]x, [1:11]y
#	inputs	outputs	def-use pairs covered
1	(1,1)	"x != 0", "y != 0", 2	[1:2]x, [1:6]y, [1:11]x, [1:11]y
2	(0,0)	"x = 0", "y = 0", Error	[1:4]x, [1:8]y
3	(0,1)	"x = 0", "y != 0", Div-By-Zero	[1:4]x, [1:6]y, [1:11]x, [1:11]y

Figure 3. Test cases for k-uses criterion

Now let us introduce a notion of ‘required k-use chains’ coverage criterion. A path *p* covers *k*-use chain $[D:U_1:U_2:\dots:U_k]v$ if it covers all def-use pairs $[D:U_1]v$, $[D:U_2]v$, ... $[D:U_k]v$ in the given order. A test suite satisfies the criterion if it includes paths covering each chain from the required set.

Fig 3. describes a test suite with one additional test input leading to the exception. It was generated to cover 2-use chain $[1:4:11]x$. The problem of this approach is to identify the required set and length of such *k*-use chains. Number of possible chains grows rapidly, and may become infinite in case of loops. One way to manage its size is to restrict those lengths to some reasonable value. Another approach is to apply SAT-checking to see if iteratively applying sequent usage will indeed refine value of the variable and skip if it does not. For example, after condition ‘if(*a* == 2)’ upcoming ‘if(*a* > 0)’ will be skipped. A chain can also break after the UNSAT-usage, e.g. after applying condition ‘if(*a* == 2)’ upcoming ‘if(*a* < 0)’ will terminate the chain.

In a sense, our proposal resembles Ural&Hong ‘dependence chain’ criterion and Ntafos ‘k-dr tuples’ criterion [1, 4], the main difference is that *k*-use chain has no redefinitions in-between and does not rely on control dependency between usages.

We plan to explore in more detail the impact of the proposed criterion on test suite size and the ability to reveal defects.

References:

1. Volkov, V., et al. A survey of systematic methods for code-based test data generation. *Artif. Intell.* vol.2, pp.71–85. (2017).
2. Kolchin A., Potiyenko S., Weigert T. Challenges for automated, model-based test scenario generation. *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1078. pp. 182-194. (2019).
3. Rapps S., Weyuker E. Data flow analysis techniques for test data selection. *Proc. of Int. Conf. of Softw. Eng.* pp. 272-277. (1982)
4. Su, T., et al. A survey on data-flow testing. *ACM Comput. Surv.* 50, 5. (2017)

Y.V. Mironenko

MACHINE LEARNING METHODS FOR ELECTRICAL INSULATION DIAGNOSTIC

Diagnostic of high-voltage equipment is the priority area of the development of the energy branch. One of the vectors of this diagnostic approach development is aimed at automating and simplifying the process of determining the state of a considered object.

We can say that technical diagnostics is one of the forms of the binary classification problem. There a study object depends on the initial data (measured and calculated values of diagnostic parameters) and belongs to one of two classes (serviceable/defective). According to [1] most effective machine learning methods for technical diagnostics are composite machine learning methods: bagging, boosting, and neural networks.

It seems advisable, we can consider the possibility of using machine learning methods for solving a specific practical task. There is an issue of assessing the state of power transformers' oil insulation. The voltage of a transformer is 6/0.4 and 10/0.4 kV, transformer power is 600-800 kVA.

We shall use integrated diagnostic parameters of partial discharges (PD) monitoring as the input data that describes the state of a considered object (data «features» in Machine Learning). We choose features that describe both types: singular PD and PD ensembles, such as the intensity of the PD (PDI), the maximum measured value of PD apparent charge, the maximum repeated value of PD apparent charge, the maximum apparent charge's value of PD with 0.5 regularity of occurrence. The results of chromatographic analysis of dissolved gases' concentration in transformer oil are used as the data on the actual state of the object (data «target» in machine learning). A PD monitoring is an informative diagnostic tool, that can be used for goals of online diagnostic, but there are technical problems with expert interpretation of the PD data. Chromatographic analysis is one of the most accurate diagnostic methods, that, however, has difficulty with automation and isn't used widely in online diagnostic. Therefore, we use data from the more accurate monitoring as a target in the time of the model's education, which is based on an informative, but a hardly interpretive method.

The total sample is formed in 2013-2014 on the basis of monitoring data, that were appertained to 104 oil transformers. The sample is not balanced because more than 70% object's insulation state is determined as normal. So, the sample is characterized by a relatively narrow distribution and a sufficiently high-level bias. The initial sample is randomly divided into two parts – the training set (75 % of the total) and the control set (25 % of the total).

At the first stage, two methods of machine learning are considered: bagging and boosting because a relatively small sample size doesn't allow to take full advantage of the neural networks [4]. The advantage of bagging is good applicability for unbalanced classes and small samples. At the same time, boosting is more suited for classification that is characterized by a large bias. In view of the promising possibility of the training set is expanding we chose the busting technique as an apparatus for machine learning in the first stage. A distinctive feature of busting is sequential not independent

construction of models. It provides a significant reduction of the iterations number but creates the problem of a retraining model.

At the next stage, we choose an algorithm for boosting. The classical GBM - algorithm is characterized by a relatively complex and enigmatical setting of the algorithm parameters, therefore we used a more modern CatBoost algorithm, that has enough effectiveness on “factory default”.

For the construction of the model, we analyze the influence of the parameters of the algorithm used in the library CatBoost on Python. There is tree depth, the number of trees; learning rate, etc. We have successively fixed parameters that provide the highest accuracy. At the first stage of selection, the greatest impact on accuracy was promised by the tree depth. We fixed the depth value with the highest accuracy of the model and at the second stage, the best number of base models was identified as the next parameter of accuracy. At the third stage, the value of the learning rate was chosen. The final accuracy of the model is presented at this stage, at the same time it wasn't influenced by any value of the number of training data.

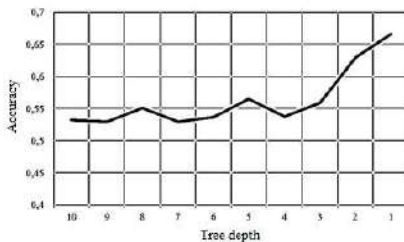


Fig.1. The first iteration – A impact of tree depth

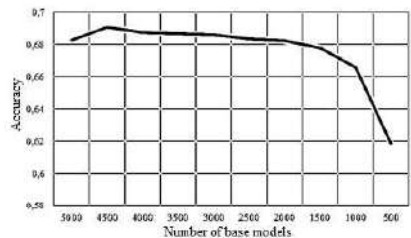


Fig.2. The second iteration – A choice of number of base models

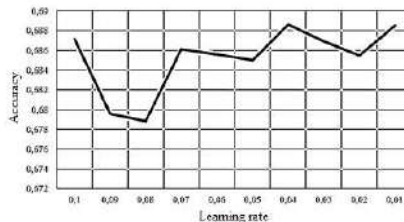


Fig.3. The last iteration – a dependence between learning rate and accuracy

The results of the model operation at various iterations are shown in Fig. 1 - 3. The highest achieved accuracy is 0.688506335, with an initial value of 0.546879221. Thus, further use of gradient boosting in the interpretation of PD monitoring is possible. We can achieve greater accuracy by using a more balanced and volume training sample.

References:

1. Yash Singhal, Ayushi Jain, Shrey Batra, Yash Varshney, MeghaRathi.: Review of Bagging and Boosting Classification Performance on Unbalanced Binary Classification, Conference: IEEE 8th International Advance Computing Conference (IACC), 2018
2. Fenton, W., McGinnity, T., Maguire, L.: Fault diagnosis of electronic systems using intelligent techniques: a review. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics – Pt. C 31(3), 2000

Yu. Perederii

PhD student

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

SOLVING THE PROBLEM OF GUARANTEED FUNCTIONING OF THE CYBER-PHYSICAL SYSTEM

Abstract This article proposes the application of the Internet of Things (IoT) architecture and the knowledge base formation to solve the problem of guaranteed functioning of cyber-physical systems. The architecture of the Internet of Things is applied as a technological basis for cyber-physical systems. The knowledge base is formed as a source of states and behavior of the system in regular and emergency situations, considering multi-factor risks. This allows to apply the proposed solution to ensure the guaranteed functioning of a similar cyber-physical.

Keywords: cyber-physical systems, the Internet of Things, system analysis, multi-factor risks, knowledge base.

Introduction

The Cyber Physical System (CPS) is a complex distributed system controlled and managed by computer systems, tightly integrated with the Internet and its users. The main principle of CPS is the deep interconnection between its physical and computational elements for making decisions regarding the maintenance of the functioning of real objects.

The Internet of Things is defined as an approach in which objects equipped with sensors interact with each other to achieve a set goal. Currently, there is no single solution for the architecture of the Internet of Things because its peculiarity is due to the task that must be solved, and the factors that must be taken into account.

Regardless of the problem being solved, in the process of building the architecture of modern IoT systems, one of the main elements is the knowledge base. It allows to collect the accumulated knowledge about the possible states of the system, to determine the dependencies between its components, as well as to understand its behavior in possible normal and emergency situations. Another advantage of the knowledge base is the possibility of using it for a number of similar systems as accumulated data.

IoT architecture

A variety of IoT solutions and their application in different areas are presented in articles [1,2,3]. Researchers offer their own models of architecture depending on the system for which the problem is being solved. At the base of any Internet of Things architecture, there are 3 main layers:

The device layer is the physical layer that contains sensors for collecting information about the system, as well as mechanisms for influencing its operation.

The application layer is responsible for solving the set goals for specific systems.

The gateway layer is responsible for transferring and processing data between the layers above.

Researchers extend the architecture with layers for security, data storage and preprocessing, monitoring and control to define the correct solution.

The paper proposes an IoT architecture that meets modern requirements and characteristics of IoT systems and can be applicable to the most business cases. [4] This architecture includes such layers as data processing and analytic layers. They provide IoT with the ability to prepare data and to form a knowledge base for further analysis

and self-learning. All computational methods for predicting the system state take place at these stages. Moreover, this architecture can be customized easily if the set goal requires.

Knowledge base

With the rapid development of IoT technology, there is a growing need for accurate extraction of domain knowledge. A complete knowledge base facilitates the exchange of knowledge between systems. The concept of cyber-physical systems creates a consistent exchange of data across open and global information networks with a bi-directional flow of information. Through the integration of knowledge bases, data collected during production is transformed into knowledge for improvement, which is structured for reuse ontologies. [5]

Knowledge bases in IoT are built on the basis of specific facts and logical rules for the functioning of the system. The states of the elements of the system, the entire system or a set of systems are used as facts. Based on the programmed system functions and expert's judgments, an initial set of rules is worked out. In the process of functioning, the knowledge base can be filled, thus self-teaching with the found dependencies and states. A set of normal and abnormal conditions is also provided based on expert knowledge and previous experience. This confirms the need to carry out semantic information processing. But this does not exclude that in the course of operation, states may arise that were not laid down in the knowledge base, and therefore should be identified and transferred to an expert for further analysis and decision-making to support of guaranteed functioning of the cyber-physical system.

Conclusion

As a result of this work, the creation and application of a knowledge base in the developed IoT architecture for solving the problem of guaranteed survivability of a cyber-physical system is described. Regardless of the problem being solved, the approach to the formation and interaction with the accumulated knowledge remains unchanged. Since knowledge bases contain not only factual information, but also inference rules, this allows making automatic inferences about existing or emerging states.

Moreover, the knowledge accumulated during the functioning of the system can be reused to maintain the functioning of such a system. In other words, if we consider a lot of monotonous subsystems that work not only as separate components, but also as two-interacting systems, then the revealed knowledge about one system will allow us to apply them to other systems and reduce the risk of an emergency.

References:

1. Pallavi Sethi, Smruti R. Sarangi, "Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications", Journal of Electrical and Computer Engineering, vol. 2017, Article ID 9324035, 25 pages, 2017, doi: 10.1155/2017/9324035
2. Burhan, M., Rehman, R. A., Khan, B., & Kim, B. S.). IoT Elements, Layered Architectures and Security Issues: A Comprehensive Survey. Sensors (Basel, Switzerland), 18(9), 2018, 2796, doi: 10.3390/s18092796
3. Yang H, Kim Y. Design and Implementation of High-Availability Architecture for IoT-Cloud Services. Sensors. 2019; 19(15):3276, doi: 10.3390/s19153276
4. Pankratova, Nataliya & Ptukha, Y. Estimation computational models of the cyber-physical systems functioning. System research and information technologies. 2020, 28-33, doi: 10.20535/SRIT.2308-8893.2020.1.03
5. Y. Yao, X. Ma, H. Liu, J. Yi, X. Zhao and L. Liu, "A Semantic Knowledge Base Construction Method for Information Security," 2014 IEEE 13th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications, 2014, pp. 803-808, doi: 10.1109/TrustCom.2014.106.

¹ Yu. Zaychenko

² H. Zaychenko

³ G. Hamidov

^{1,2} Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Peremohy av., 37, Kyiv, 03056, Ukraine

³ Information Technologies Department, Azershiq, K.Kazimzade 20, Baku, AZ12008, Azerbaijan

INVESTIGATION OF HYBRID NEO-FUZZY NEURAL NETWORKS IN THE PROBLEM OF PANDEMIC FORECASTING

1. Introduction

The global problem of the beginning of the XXI century is the spread of the infectious disease COVID-19. COVID-19 affects not only human life and health, but also the global economy as a whole. In order to take the necessary measures to curb the development of a pandemic and to preserve the life and health of the population, it is extremely important to develop and apply effective models and methods for predicting the development and spread of a pandemic.

Forecasting pandemic processes is a difficult task. There are many factors that affect the course of the disease: the density and population of the country, the age of the nation, the state of immunity, the environment, the time of year, the social status of the individual. Information on the spread of coronavirus in Ukraine and around the world is presented at the website of the World Data Center "Geoinformatics and Sustainable Development" [1]. The dynamics of mortality, the number of confirmed cases, suspected, dead, recovered are presented.

Last year's new class of deep learning networks- hybrid neuro-fuzzy networks [2] and hybrid neo-fuzzy neural networks [3] were developed and investigated for solution of various problems: forecasting in macroeconomy and financial sphere, pattern recognition, etc. They are based on self-organization method GMDH and unlike conventional neural networks enable to train not only weights, but the network structure as well.

The goal of this paper is to investigate the hybrid neo-fuzzy networks for short-term forecasting of pandemic indicators in Ukraine, estimate their efficiency and compare with alternating method – neural network Back Propagation.

2. Software and initial data description

The programming language Python was chosen on the basis of the following criteria: ease of performing mathematical calculations, prevalence, cross-platform and purity of syntax.

As a result, the PyCharm environment was chosen [4]. *Scikit learn was chosen as a library for machine learning* [5]. It is the most common for machine learning problems.

The SciKit-Fuzzy library [6], which is essentially a set of algorithms, was chosen to work with fuzzy logic. The benefit of this library is that with its use it is possible to

use a set of common membership functions, to introduce fuzzy, to perform operations of clarity.

The program *consists* of three main modules:

1. Module for working with data sets and auxiliary functions
2. Module for working with GMDH neo fuzzy
3. Module for working with Back Propagation

Data from the National Security and Defense Council of Ukraine were used to train neural *networks*. Using API [7], the daily increase and absolute values of COVID-19 indicators rates for each day in Ukraine for the period from March 3, 2020 to March 20, 2021 were obtained: the *number of confirmed cases*; *number of recovered*; *number of deaths*. Data were obtained for 374 days

Based on the information obtained, two data sets were created for training.

The first set contains the values of daily growth of COVID 19 in Ukraine (Fig. 1).

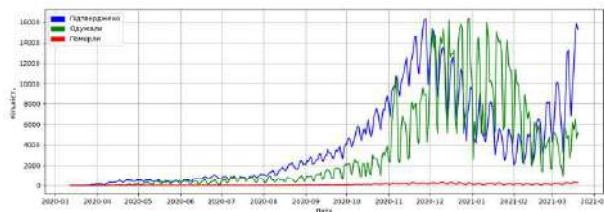


Fig. 1. Daily growth of indicators of COVID 19 level in Ukraine

In the second set absolute cumulative values of indicators of Covid-19 evolution in Ukraine at every day are presented.

3. Experimental investigations of hybrid neo-fuzzy network

To obtain the most accurate prediction, the optimal neural network parameters were determined, at which the MAPE values were the best.

For this goal the following parameters were successively changed: membership function (bell-shaped, Gaussian, sigmoid, triangular), number of inputs (3, 4, 5, 6) and short-term forecast period (5, 6, 7, 8).

Determination of optimal parameters was performed for absolute values and daily growth of indicators.

In the *first experiment the influence of membership functions on prediction accuracy was explored*. As it follows the best value of MAPE was found when using the Gaussian function (1). Bell-shaped and sigmoidal functions showed almost identical results.

In the next series of experiments *the investigations of optimal inputs number for forecasting covid-19 indicators* were performed. The results of experiments-dependence MAPE values on inputs number for absolute number of confirmed cases, number of deaths and recovered are presented in the table 1.

Table 1. The value of MAPE when changing the number of inputs in predicting the absolute number of confirmed cases, deaths and recovered

Number of inputs	MAPE number of confirmed cases	MAPE for number of deaths	MAPE for number of recovered
3	2.37	8.12	4.84
4	2.35	7.84	4.57
5	4.16	7.67	3.72
6	4.27	7.26	3.41

The MAPE criterion turned to be the best for 6 inputs when forecasting the absolute values of the number of recovered and deaths.

After experiments with daily indicators set it was found for daily increase in number of confirmed cases, deaths and recovered optimal inputs number is also 6.

In the subsequent experiments *the forecasting period* (interval) was investigated for absolute and daily indicators of covid-19.

As it follows from presented results to predict the absolute values of the confirmed cases and number of deaths the optimal period was *5 days* while for number of recovered the optimal period was *6 days*, but the accuracy for all periods was approximately the same.

The predicted values of the daily increase in the number of recovered were more accurate for the period of *5 days*.

4. Comparison of forecasting results of hybrid NFN and Back Propagation

For of forecasting efficiency estimation the comparison of the forecasting results by hybrid neo-fuzzy neural network and NN Back Propagation were carried out and the results are presented in the Table 2.

Table 2. Comparison of GMDH neo fuzzy and Back Propagation forecasting results

COVID-19 Indicators		Period (forecasting interval)	Sliding window size	MAPE	
				GMDH-neo-fuzzy	Back Propagation
Absolute values	Confirmed	5	4	2.35	2.75
	Recovered	6	6	2.41	2.27
	Died	5	6	3.26	3.86
Daily increase	Confirmed	5	4	22.13	27.58
	Recovered	5	6	21.67	18.69
	Died	5	6	59.87	28.33

Analyzing the results of Table 2 the following conclusions are made.

Hybrid neo-fuzzy network appears to be better than NN BP when forecasting absolute (integral) values of covid indicators while NN Back propagation is better for forecasting daily increase in covid-19 indicators.

A significant difference is observed for MAPE in predicting the absolute and daily values of the number of died.

If to pay attention to the size of the sliding window, one may conclude that its *smaller value ensures greater accuracy* in the case of forecasting using GMDH- neo fuzzy network.

5. Conclusions

In this paper the problem of short-term covid-19 forecasting is considered and investigated. For its solution a new class of NN – hybrid neo-fuzzy network based on self- organization is suggested.

The experimental investigations of hybrid NFN were carried out. In the results of experiments the optimal parameters of hybrid network were found: membership functions, number of inputs and forecasting interval.

Optimal structure of hybrid neo-fuzzy network was constructed using GMDH.

The experimental investigations of hybrid NFN in short-term forecasting covid-19 indicators, incl. confirmed cases, number of recovered and died -were performed and forecasting efficiency was estimated.

The forecasting accuracy of hybrid NFN was compared with NN Back Propagation.

As a whole hybrid neo-fuzzy neural network appeared to be the efficient tools for short-term pandemic indicators forecasting.

References:

1. World Data Center for Geoinformatics and Sustainable Development. URL: <https://wdc-ukraine.maps.arcgis.com/apps/dashboards/07b38b42264d4a2ea5a05d578e235559> (Last accessed: 25.03.2021).
2. Yuriy Zaychenko, Yevgeniy Bodyanskiy, Oleksii Tyshchenko, Olena Boiko, Galib Hamidov. Hybrid GMDH-neuro-fuzzy system and its training scheme. Int. Journal Information theories and Applications, 2018. vol.24, Number 2.-pp. 156-172.
3. Evgeniy Bodyanskiy¹, Yuriy Zaychenko², Olena Boiko¹, Galib Hamidov³. The hybrid GMDH-neo-fuzzy neural network in forecasting problems in financial sphere. International conference IEEE SAIC 2020 .- Kiev 2020
4. Yong Y., Xiaosheng S. A Review of Recurrent Neural Networks: LSTM Cells and Network Architectures. Massachusetts Institute of Technology. URL: https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/neco_a_01199 (Last accessed: 29.03.2021).
5. PyCharm: The Python IDE for Professional Developers by JetBrains. URL: <https://www.jetbrains.com/pycharm> (Last accessed: 29.03.2021).
6. Why TensorFlow. URL: <https://www.tensorflow.org/about> (Last accessed: 29.03.2021).
7. Staff of the National Security and Defense Council of Ukraine. Coronavirus epidemic monitoring system. URL: <https://covid19.mbo.gov.ua> (Last accessed: 25.03.2021).

UDC 004.9

¹ **S.M. Zinchenko**

Candidate of technical sciences, associate professor

² **P.S. Nosov**

Candidate of technical sciences, associate professor

³ **Yu.O. Prokopchuk**

Doctor of Technical Sciences, associate professor

^{1,2} *Kherson State Maritime Academy, Ukraine*³ *Institute of Technical Mechanics of National Academy of Sciences, Ukraine*

AUTOMATIC TECHNICAL CONDITION CONTROL OF ON-BOARD SYSTEMS

Introduction. Experts believe that the reduction in the number of accidents and catastrophes in maritime transport, 85% of which occurred due to the human factor, can be achieved only through automation of control processes (creation of DSS, ergatic systems [4], use of automatic control modules in automated systems [5-8], etc.). In article [1] there was considered the autonomous control concept of the automatic spacecraft survivability for remote sensing of the Earth in anomalous situations, in article [2] there were considered the issues of engine failures diagnostics of the International Space Station, in article [3] the issues of aircraft control system synthesis correct to failures based on the use of neural networks was considered, etc. Autonomous control of the technical condition of onboard systems has not been used on vessel so far, despite the large number of accidents and catastrophes caused by the failure of navigation equipment. All this indicates the relevance of this area of research.

Research results. To solve this problem, it is proposed to use software modules for automatic control of the technical condition of the vessel's onboard systems in the onboard computer. The mathematical support of these modules is based on the use of a mathematical model of the vessel and Leuenberger's observation device to estimate the linear and angular motion of the vessel under the action of the created controls. The deviations vector of the estimates parameters from their measured values $\Delta \mathbf{X} = \mathbf{X}_m - \mathbf{X}_w$ is fed to the unit for failure diagnostics and adaptation, the simplified operation of which is described by the system (1)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{FalMS}_j = 0, n_j = 0; k_j = 0; \\ |\Delta X_j| \geq \Delta X_j^{\max} \rightarrow n_j = n_j + 1; \\ \xi_j = \frac{n_j}{n_b} \geq \xi_j^{\max} \rightarrow \text{FalMS}_j = 1, k_j = k_j + 1; \\ \text{FalMS}_j = 1 \rightarrow L(*, j) = 0; \\ \text{FalMS}_j = 0 \rightarrow L(*, j) = L_0(*, j); \\ k_j \geq 2 \rightarrow \text{falED}_j = 1, \text{FalMS}_j = 0. \end{array} \right. \quad (1)$$

At each base interval n_b , the value of the counter j - sensor is increased by one $n_j = n_j + 1$ in case of detection of unacceptable deviations $|\Delta X_j| \geq \Delta X_j^{\max}$. If the relative number of inadmissible deviations of the j -sensor during the base interval exceeds the

maximum $\xi_j = \frac{n_j}{n_b} \geq \xi_j^{\max}$, a sign of failure of the j -sensor is formed $FalMS_j = 1$ and the j -column of the matrix L of the observation device, which contains the gain of the j -sensor signal ΔX_j , is reset to disconnect the j -sensor from the observation device and preventing its influence on the estimates of the state vector parameters. Further estimates of the state vector parameters X_w is performed only on the information of the substitution sensor (information from the failed sensor is replaced by information of another sensor of the same measurement channel that measures the integral or differential component of the state vector). If simultaneously or sequentially, after a short time, the diagnostic unit detects the failure of both sensors in the same measurement channel $k_j \geq 2$, it is regarded not as a failure of the sensors $FalMS_j = 0$, but as a failure in the control circuit $faLED_j = 1$. The efficiency and effectiveness of mathematical software is tested in the MATLAB environment in a closed loop with a complete mathematical model of the vessel.

Conclusions. There was developed the mathematical support of the autonomous technical condition control of the vessel's on-board systems, which allows to simultaneously control the technical condition of the measurement and control circuits and to adapt them in case of failure.

References:

1. Ahmetov, R.V., Makarov, V.P., Sollogub, A.V. (2009). Koncepciya avtonomnogo upravleniya zhivuchest'yu avtomaticheskikh kosmicheskikh apparatov distancionnogo zondirovaniya Zemli v anomal'nykh situatsiyah. <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-avtonomnogo-upravleniya-zhivucheNestyu-avtomaticheskikh-kosmicheskikh-apparatov-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli-v/viewer>
2. Zhirnov, A.V., Timakov, S.N. (2016). Algoritm diagnostiki otkazov dvigatelej orientatsii MKS na osnove samonastroyayushcheysoy bortovoy modeli dinamiki uglovogo dvizheniya, Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. Priborostroenie №4. DOI: 10.18698/0236-3933-2016-4-98-114
3. Chen, Y. M., Lee, M. L. (2002). Neural networks-based scheme for system failure detection and diagnosis, Mathematics and Computers in Simulation 58(2), pp. 101-109. DOI: 10.1016/S0378-4754(01)00330-5
4. Nosov, P.S., Popovych, I.S., Cherniavskiy, V.V., Zinchenko, S.M., Prokopchuk, Y.A., Makarchuk, D.V. (2020). AUTOMATED IDENTIFICATION OF AN OPERATOR ANTICIPATION ON MARINE TRANSPORT, Radio Electronics, Computer Science, Control №3, pp. 158-172. DOI: 10.15588/1607-3274-2020-3-15
5. Zinchenko, S.M., Mateichuk, V.M., Nosov, P.S., Popovych, I.S. & Appazov, E.S. (2020). Improving the accuracy of automatic control with mathematical meter model in on-board controller, Radio Electronics, Computer Science, Control, pp. 197-207. DOI: 10.15588/1607-3274-2020-4-19
6. Zinchenko, S., Tovstokoryi, O., Nosov, P., Popovych, I., Kobets, V., Abramov, G. (2020). Mathematical support of the vessel information and risk control systems, CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2805, pp. 335-354. <http://ceur-ws.org/Vol-2805/paper25.pdf>
7. Zinchenko, S., Ben, A., Nosov, P., Popovych, I., Mateichuk, V., Grosheva, O. (2020). The vessel movement optimisation with excessive control, Bulletin of University of Karaganda. Technical Physics 3(99). DOI 10.31489/2020Ph3/86-96
8. Zinchenko, S., Mateichuk, V., Nosov, P., Popovych, I., Solovey, O., Mamenko, P., Grosheva, O. (2020). Use of Simulator Equipment for the Development and Testing of Vessel Control Systems, Electrical, Control and Communication Engineering 16(2), pp. 58-64. DOI: 10.2478/eccc-2020-0009

УДК 004.421.6

¹ **Д.В. Бичко**

Аспірант

² **В.В. Шендрик**

Кандидат технічних наук, доцент, завідувачка кафедри

³ **Ю.В. Парфененко**

Кандидат технічних наук, доцент, доцент

^{1,2,3} *Сумський державний університет, м. Суми*

ПІДХІД ДО ОБРОБКИ ПРИРОДНОЇ МОВИ З ЕЛЕМЕНТАМИ СТРУКТУРОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В МЕДИЦИНІ

Вступ. Великий об'єм медичних знань накопичено за період існування людства. Використання інформаційних технологій дозволяє підвищити якість обслуговування пацієнтів та зменшити ймовірність постановки невірної діагнозу, через складність запам'ятовування інформації з слабоструктурованих медичних протоколів, що постійно змінюються. Як результат, наявність програмного забезпечення дозволить покращити процес постановки діагнозу лікарем та систематизує медичні знання у зручному для обробки та прийняття рішень вигляді.

Постановка проблеми. Процес обробки слабоструктурованих даних медичних протоколів є доволі складним, через відсутність чіткої структури та представлення даних у вигляді звичайного тексту, таблиць, схем, різних відмінкових форм у словах тощо. Сучасні науковці намагаються використовувати нейронні мережі для обробки природної мови [1, 2] шляхом класифікації та передбачення, вкладеності слів та відмінкових форм для англійських текстів. Такий підхід може частково бути використаний для багатогранної та складної української мови. У роботі [3] описаний метод векторизації тексту шляхом пошуку набору найбільш вживаних слів відносно частоти використання та рівня їх важливості відносно загальної інформації. Для інтеграції рішення необхідно виконати оцінку кожного словосполучення. Роботою [4] визначено алгоритм структурування даних та використання графу для швидкого та якісного пошуку необхідної інформації після обробки наявних знань та їх представленні у зручному вигляді. Як результат, на ринку представлені рішення, які дають змогу покривати проблеми користувачів використовуючи різні підходи. Але через специфічність української мови та наявних медичних протоколів існує потреба у розробці універсального методу з використанням вже існуючих підходів для вирішення запитів медичних спеціалістів в Україні.

Виклад основного матеріалу. У ході попередніх розробок [5, 6] було представлено процес обробки слабоструктурованого медичного протоколу шляхом формування з початкового протоколу JSON файлу, додавання його у базу даних та їх представленні на UI формі. Через запити користувача API оброблює вхідну інформацію та відображає результати пошуку. У даній роботі модифікуємо вже існуючий процес шляхом додавання підпроцесу після

одержання JSON файлу та перед його додаванням до бази даних (рис. 1). Він складається з двох етапів: обробка існуючих даних – пошуку у файлі інформації

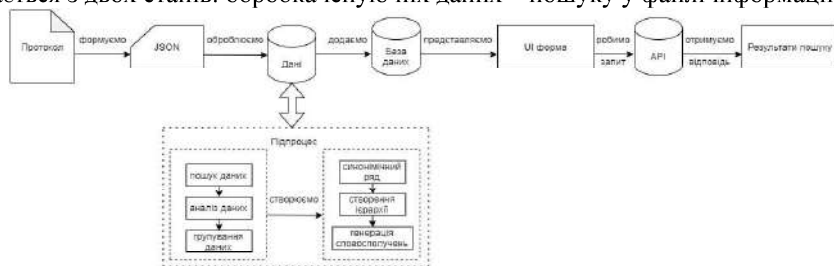


Рисунок 1 – Модифікований процес обробки слабоструктурованого медичного протоколу

щодо характеристик симптомів, шляхом їх аналізу визначаються параметри (у якісній та кількісній формі) та групуються відносно оцінок, які виставляє для кожного симптому лікар-експерт. У рамках другої частини відбувається створення синонімічних рядів до кожної групи шляхом програмної генерації можливих варіантів і згідно одержаних оцінок створюється ієрархія зі значеннями оцінок-векторів, які відображають відстань від батьківського елемента і до дочірнього. Для розширення ієрархії генеруються словосполучення, для збільшення бази знань, та додаються до бази даних утворені зв'язки.

Висновки. У роботі описано модифікацію процесу обробки даних шляхом додавання підпроцесу, що розширює базу даних та глибину пошуку лікарем.

Список використаних джерел:

1. Li, I. & Pan, J. & Goldwasser, J. (2021). Neural Natural Language Processing for Unstructured Data in Electronic Health Records: a Review (pp.1-33). Computation and Language (cs.CL).
2. Hasija, Y., & Chakraborty, R. (2021). Natural Language Processing. In Hands-On Data Science for Biologists Using Python (pp. 261–273). CRC Press. Mode of access: <https://doi.org/10.1201/9781003090113-15-15>.
3. Yalçın, O. G. (2020). Natural Language Processing. In Applied Neural Networks with TensorFlow 2 (pp. 187–213). Apress. Mode of access: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6513-0_9.
4. Souili, A., Cavallucci, D. (2015). Natural Language Processing (NLP) – A Solution for Knowledge Extraction from Patent Unstructured Data. (pp. 635–643). Procedia Engineering. Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.457>.
5. D. Bychko, V. Shendryk, Y. Parfenenko (2020). Method of Primary Processing Unstructured Medical Data (pp. 1-4). 2020 International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB). Mode of access: <https://doi.org/10.1109/EHB50910.2020.9280175>.
6. Д. Бичко, В. Шендрик, Ю. Парфененко (2020). Метод первинної обробки слабоструктурованих медичних даних (с. 1-10). Режим доступу: <https://doi.org/10.23939/sisn2020.08.001>.

¹ Н.К. Гайдар

магістр

² Г.Е. Заволодько

к.т.н., доцент

^{1,2} НТУ «ХПІ», кафедра «Системи інформації ім. В.О. Кравця»

ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ

Сучасний світ змушує щорічно стикатися з великим числом технологічних новинок і наукових інновацій, уміння і володіння якими дозволяє бути на гребні науково-технічного прогресу. В сучасних умовах якнайшвидше створення інноваційного продукту є життєво важливим для успішного розвитку будь-якого наукоємного виробництва. Світові виробники зрозуміли, що в стрімко мінливому світі, щоб бути на лідируючих позиціях, треба максимально оперативне втілювати нові ідеї в працездатні рішення. Сучасна тенденція – це індивідуалізація товарів. Це неможливо без генерації цих ідей і без нових технічних рішень для якнайшвидшого втілення їх в життя.

Освітні технології змінюються, еволюціонують стандарти, вимоги, програми і підходи в навчанні. Студенти від освоєння знань, умінь, навичок переходять до оволодіння компетенціями різного рівня. Перебудова принципів освіти веде до неминучого пошуку нових підходів і прийомів передачі знань. Втілення адитивних технологій в навчальний процес навчить інноваційному. Результатом застосування адитивних технологій має стати отримання навичок та вмінь, а також стійкої мотивації до вирішення практичних задач в професійній діяльності, і закріплення отриманого ефекту на довгостроковий період [1].

Адитивні технології або 3D-друк є одним з кращих технічних рішень для прискорення реалізації різних нових ідей. Перші лазерні стереолітографічні машини (Stereolithography Apparatus – SLA), а вслід за ними і порошкові (SLA), машини були дуже дорогі, а вибір витратних матеріалів невеликий. Але повсюдне поширення цифрових технологій в області проектування (Computer Aided Design – CAD), моделювання і розрахунків (Computer Aided Engineering – CAE) і механообробки (Computer Aided – CAM) призвело до стрімкого розвитку адитивних технологій і на сьогодні, можна сказати, що адитивні технології охопили практично всі області індивідуального виробництва.

Відповідно до стандарту ASTM F2792.1549323-1 (American Society for Testing and Materials) визначення адитивних технологій звучить як процес об'єднання матеріалів з метою створення з даних 3D-моделі, як правило шар за шаром можливо надрукувати, на відміну від «від'ємних» виробничих технологій. [2].

З появою нових технологій мінюється роль викладача в навчальному процесі - лектори повинні передавати студентам унікальний досвід, який їм по-іншому не отримати. Формат класичної лекції повинен зміститися в сторону консультації, діалогу, дискусії [3]. Для проведення аудиторних занять доцільно долучати до співпраці діючих фахівців, причому наявність сучасних ІТ технологій дозволяє це здійснювати он-лайн, але аудиторні заняття доцільно проводити з використанням адитивних технологій, для більш якісного оволодіння практичними компетенціями з 3D конструювання.

Технології 3D-друку – це чітко спланований процес отримання фізичних об'єктів із віртуальних моделей, який складається з етапів, представлених на рисунку 1.



Рисунок 1. Етапи 3D-друку

Вимог до якості поверхні виробу і потужносним характеристикам робочої машини, що дозволяє обробити модель перед друком.

Третій етап. Генерування керуючого G-коду. Отриманий у попередньому етапі файл STL-формату з вихідною моделлю підлягає обробці програмою-слайсером (slicer). Програма-слайсер перетворює тривимірну модель (STL-файл) у зрозумілий принтеру набір команд, що називається G-код, розбиваючи її на шари. Слайсер вказує послідовність нанесення витратного матеріалу під час процесу 3D-друку. Найбільш відомими програмами-слайсерами є KISSlider, Cura, Skeinforge, Slic3r і т.д. Вибір програм-слайсерів, що генерують G-код може вплинути на кінцевий результат виготовлення виробу.

Після виконання цих етапів модель вважається підготовленою: вона переведена в STL-формат та згенерований її G-код. Після цього об'єкт відправляється на друк.

Для економії коштів має сенс спочатку друкувати деталі з дешевих матеріалів, після чого надруковану деталь досліджує експерт-конструктор для внесення зауважень і поправок. Потім вносяться правки в STL-файл і G-код. Далі цикл повторюється до тих пір, поки не будуть усунуті всі недоліки і поки модель не стане близькою до очікуваного результату. І тільки після усунення усіх недоліків проводиться друк із дорогого матеріалу.

Прогрес впровадження адитивних технологій в навчальний процес

допоможе розвивати творчі здібності студентів, задовольняти інтелектуальне цікавість, навчитися впроваджувати свої проекти в життя. Застосування інноваційних технологій в освітньому процесі дозволить підвищити якість навчання студентів.

Для автоматизування перевірок до друкування пропонується використовувати парсер 3d моделі – процес збору даних з подальшою їх обробкою та аналізом [6].

Існує два основні методи парсинга: спадний і висхідний [6]. Зазвичай вони розрізняються порядком, в якому створюються вузли синтаксичного дерева.

1. Зверху-вниз: при низхідному методі парсер перевіряє наявність зверху – з початкового шару моделі і шукає відповідні йому зв'язки. Таким чином, дерево синтаксичного аналізу розростається зверху вниз, у напрямку більш детальної розбивки.

2. Знизу-вгору: висхідний парсер починає знизу, з самого нижнього ланцюжка довжиною, а потім встановлює все більші зв'язки. Це робиться до тих пір, поки не буде досягнуто початковий символ коду.

Переваги використання парсера:

- робота відбувається в автоматичному режимі; користувачеві необхідно тільки прийняти результати збору даних;

- парсинг дає можливість заощадити на попередньому друці;

- постійне оновлення вимог до 3d моделей зручніше здійснювати в автоматичному режимі.

Таким чином парсери можуть допомогти у виявленні помилок або неточностей в файлах 3D-моделей. Це в свою чергу автоматизує частину роботи викладача та експерта-інженера і скоротить час на перевірку.

Генерація повідомлень про всі виявлені помилки, нарощування типів перевірок та обробка звичайних помилок, які часто зустрічаються допоможуть оптимізувати процес використання адитивних технологій в освітньому процесі.

Список використаних джерел:

1. Сюркало Б. І. Застосування адитивних технологій в освітній діяльності / Б. І. Сюркало, Я. М. Садикова // Економіка. Фінанси. Право. - 2017. - № 12(2). - С. 55-59
2. Салахов, Р. Ф. Возможности 3D-печати в образовательном процессе / Р. Ф. Салахов, Р. И. Салахова, З. Н. Гаптраупова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – 2017. – № 6 (72), ч. 2. – С. 196–198
3. Классификация и терминология аддитивных технологий <https://extxe.com/9643/klassifikacija-i-terminologija-additivnyh-tehnologij/>
4. Котенко Н.О., Жирова Т.О. Організація навчального процесу у вищій школі в умовах цифрової трансформації освіти // Smart-освіта: ресурси та перспективи : матеріали III Міжнар. наук.-метод. конф. (Київ, 7 грудня 2018 р.) : тези доповідей.– К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2018. – 252 с. – Укр. та англ. мовами. – С.27-29
5. Молчанов А. Ю. Системное программное обеспечение. Системное программное обеспечение: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2003. – 396 с.
6. Что такое парсер и как с ним работать <https://romi.center/ru/learning/what-is-data-parsing>
7. Парсинг <https://www.seonews.ru/glossary/parsing/>
8. Заволодько Г. Е., Гайдар Н. К. Адитивні технології в освітньому процесі // Проблеми інфокомунікацій : Всеукр. наук.-техн. конф. Полтава-Київ, 14-15 листопада 2019 р.
9. Заволодько Г. Е., Гайдар Н. К. 3D-технології в онлайн-освіті // Шляхи удосконалення професійних компетентностей фахівців в умовах сьогодення : І Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференція, 28-29 травня, 2020 р.
10. Модернізація вищої технічної освіти з використанням інноваційних методів викладання <http://openarchive.nure.ua/handle/document/14012>

С.Л. Гамоцька

Асистент кафедри інтелектуальних технологій

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖ ПЕТРІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЕКТІВ

Останнім часом все більшого значення набуває проблема вибору методології для управління конкретним проектом, як ІТ галузі, так і в інших галузях народного господарства. Особливо критично питання вибору буде стояти для проектів з великою вартістю, таких, що розробляються для критичних задач, або таких, для яких дуже великі ризики неуспішного завершення. Зрозуміло, що в основі методології будуть лежати рекомендації, сформульовані в Guide to the Project Management Body of Knowledge[1], яка є базовим документом по підходу до управління ІТ-проектами. Однак без адаптації під особливості конкретного проекту, застосування цих рекомендацій не дає достатньої ефективності.

Ефективність застосування конкретної методології завжди можна перевірити за допомогою імітаційних моделей. Однак потрібно враховувати, що така модель повинна відображати виконання як процесів створення продуктів проекту, так і процесів керування. Можна стверджувати, що актуальним буде знаходження рішення задачі по вибору методології для керування ІТ проектом через застосування імітаційної моделі з використанням мереж Петрі [2]. Взагалі мережі Петрі можна застосовувати для моделювання дуже широкого класу системи, але для задач, пов'язаних з ІТ-проектами, краще застосовувати розширення мереж Петрі, а не їх загальний вигляд. Такі розширення бувають ієрархічні стохастичні часові інгібітори функціональні а також так звані кольорові мережі Петрі.

Розширень та модифікацій мереж Петрі в сучасній літературі описано кілька десятків [3]. Така різноманітність модифікацій дозволяє обрати в кожному конкретному випадку для моделювання той засіб відображення, який дасть максимальну наочність характеристик та властивостей системи і дозволить сформулювати правильні правила для аналізу функціонування моделі. Що, відповідно, дозволить максимально покращити такі показники проекту, як його вартість, тривалість, якісь результуючого продукту, успішність цілей проекту.

Список використаних джерел:

1. A. Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK ® Guide) 6th Edition. PMI, 2017. 537p.
2. І. Кононенко, І.В. Оптимизация содержания проекта по критериям прибыль, время, стоимость, качество, риски. [Текст] / И.В. Кононенко, М.Э. Колесник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2012. - 1/10 (55). - С. 13-15.
3. Кузьмук, В. В., Парнюк, А. М., Супруненко, О. О. (2011) Класифікація мереж Петрі та приклади їх застосування для розв'язання прикладних задач. Восточно-европейский журнал передовых технологий. (№ 2/9). с. 40-43.

УДК 004.81

¹ Ю.А. Гладка

к. ф.-м. н., доцент, доцент каф. комп'ютерної математики та інформаційної безпеки

² Є.О. Назаренко

магістрант 1-го року навчання

^{1,2} Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КІБЕРБЕЗПЕЦІ

Актуальність штучного інтелекту відіграє важливу роль у оцінці та запобіганні помилок, які можуть бути вчинені людьми. Передбачається, що в сфері кібербезпеки система на основі штучного інтелекту зможуть захистити організації від інтернет загроз, визначати типи шкідливих програм, забезпечувати дотримування стандартів безпеки та допоможуть створити кращі стратегії запобігання та відновлення після атак.

Технологію ШІ можна реалізовувати по-різному. Один із способів - нейромережі. На відміну від звичайних алгоритмів нейромережі здатні навчатися на основі досвіду. Нейромережі аналізують і виявляють зв'язки між даними на вході і виході, узагальнюють дані і формують рішення задач. Щоб нейромережі могли функціонувати таким чином, використовуються методи машинного навчання. Причому у випадку з нейромережами таке навчання вимагає багато обчислювальних ресурсів. ШІ здійснює глибинний аналіз великих обсягів даних за допомогою нейромереж з безліччю прихованих рівнів. Кілька років тому створення системи виявлення шахрайства з п'ятьма прихованими рівнями було практично неможливим. Все змінилося з колосальним зростанням обчислювальних можливостей і появою «великих даних». Для моделей глибинного навчання необхідна величезна кількість даних, так як саме на їх основі вони і навчаються. Тому чим більше даних, тим точніші моделі [1].

Машинне навчання є одним з напрямків штучного інтелекту. Основний принцип полягає в тому, що машини отримують дані і «навчаються» на них. В даний час це найбільш перспективний інструмент для бізнесу, заснований на штучному інтелекті. Системи МН дозволяють швидко застосовувати знання, отримані під час навчання на великих наборах даних, розпізнавати шаблони і робити прогнози. МН часто використовується для виявлення та запобігання атакам, таким як:

- Кібератака з середини. Коли незадоволений співробітник компанії може експлуатувати доступ до конфіденційних даних компанії і її клієнтів;
- DDoS – атаки. Маючи велику обчислювальну потужність, зловмисник може навантажити сервіс так, що доступ справжнім користувачам буде неможливий;
- Атаки, що використовують вразливості в обладнанні. Кожен новий пристрій, що підключається до локальної мережі підприємства – це потенційна можливість для взлому.

Штучний інтелект і машинне навчання дуже тісно пов'язані. І саме такий зв'язок обумовлює те, що при розгляді відмінностей між ШІ і МН насправді оцінюють їх взаємодію. Рішення для забезпечення безпеки із застосуванням технологій машинного навчання відрізняється від поширеного уявлення про штучний інтелект. Однак, на сьогоднішній день у сфері кібербезпеки вони являють собою найбільш потужні інструменти на базі ШІ. В рамках цієї технології для визначення ймовірностей тієї чи іншої події використовують шаблони даних.

Машинне навчання в першу чергу орієнтоване на точність, а не на результат. Це означає, що алгоритм діє, навчаючись на основі набору даних, орієнтованого на конкретну задачу. Його робота зводиться до пошуку оптимального способу виконання даного завдання. Він буде прагнути знайти єдине можливе рішення, на основі наявних даних, навіть якщо воно не буде ідеальним. Технологія машинного навчання не осмислює дані, а це означає, що дана задача, як і раніше лягає на плечі фахівців [2].

Технології МН відмінно справляються з одноманітними завданнями, наприклад, ідентифікацією закономірностей в даних та перевіркою їх на відповідність за допомогою шаблонів. Подібна монотонна діяльність стомлює співробітників, знижуючи їх працездатність. Таким чином, людина досів відповідає за інтерпретацію даних, в той час як МН допомагає перевести всі дані в легку для читання і готову до аналізу форму. Виявлення шахрайства, шкідливих програм, вторгнень, оцінка ризику, аналіз мережі та користувачів – це п'ятірка найбільш актуальних способів застосування штучного інтелекту для поліпшення кібербезпеки.

Розвиток штучного інтелекту створив алгоритми призначені для виявлення потенційних загроз, які можуть бути застосовані в режимі реального часу, щоб забезпечити миттєву реакцію на атаку. Не потрібно забувати, що впровадження технологій штучного інтелекту допоможе захистити організації від існуючих загроз, так і виявляти нові типи шкідливих програм.

Крім того, системи кібербезпеки, засновані на штучному інтелекті, можуть забезпечити ефективні стандарти безпеки та допомогти розробити кращі стратегії запобігання та відновлення.

Список використаних джерел:

1. Jannach D., Zanker M., Felfernig A., Friedrich G. Recommender Systems – An Introduction .Cambridge University Press, -2010. – 360 p.
2. Савченко В.А., Шаповаленко О.Д. Основні напрями застосування технологій штучного інтелекту у кібербезпеці. Сучасний захист інформації. Київ, 2020. № 4. С.6–14.

¹ **М.І. Глебена**

К.ф.м.н., доцент кафедри системного аналізу і теорії оптимізації

² **Г.Г. Цегелик**

Д.ф.м.н., професор кафедри математичного моделювання соціально-економічних процесів

¹ ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород

² Львівський національний університет ім. І. Франка, Львів.

МЕТОД МІНОРАНТНОГО ТИПУ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ СИСТЕМИ ДВОХ НЕЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ

Розглянемо систему нелінійних рівнянь

$$\begin{cases} f(x, y) = 0, \\ g(x, y) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Нехай ця система в деякому околі $D = \{a \leq x \leq b, c \leq y \leq d\}$ має розв'язок $x = \alpha, y = \beta$. Оскільки розв'язок системи (1) є розв'язком рівняння

$$|f(x, y)| + |g(x, y)| = 0$$

або

$$-\ln(I + |f(x, y)| + |g(x, y)|) = 0, \quad (2)$$

то для відшукування розв'язку системи (1) будемо шукати розв'язок рівняння (2).

Для розв'язання рівняння (2) використаємо властивості апарату некласичних мінорант Ньютона та їхніх діаграм функцій двох дійсних змінних.

Використовуючи властивості числових нахилів міноранти Ньютона та їхніх діаграм функції двох дійсних змінних [1] побудуємо алгоритм знаходження розв'язку системи нелінійних рівнянь (1). Оскільки розв'язок системи (1) є розв'язком рівняння $|f(x, y)| + |g(x, y)| = 0$, тому в області D виберемо систему

точок $x_k = x_0 + kh$, де $k = 0, 1, \dots, n$, $x_0 = a$, $h = \frac{b-a}{n}$, і $y_l = y_0 + lh$, де $l = 0, 1, \dots, m$

, $y_0 = c$, $h = \frac{d-c}{m}$. Виберемо початкове наближення розв'язку $x = x_0, y = y_0$ і від цієї точки будемо рухатись в напрямку спадання значення функції $|f(x, y)| + |g(x, y)|$ доти, доки не знайдемо «нульовий мінімум» цієї функції.

Позначимо $a_{kl} = I + |f(x, y)| + |g(x, y)|$. Величини $r_{kl}(x) = \left(\frac{a_{k-l,l}}{a_{kl}} \right)^{\frac{1}{h}}$,

$r_{kl}(y) = \left(\frac{a_{k,l-l}}{a_{kl}} \right)^{\frac{1}{h}}$ назовемо (k, l) -ми числовими нахилами функції

$-\ln(I + |f(x, y)| + |g(x, y)|)$ відповідно в напрямі осей Ox та Oy . А величину

$r_{kl}(x, y) = \left(\frac{a_{k-l, l-l}}{a_{kl}} \right)^{\frac{1}{h\sqrt{2}}}$ назвемо числовим нахилом цієї функції в напрямі бісектриси кута ABC , де A, B, C точки відповідно з координатами $(x_{k-l}, y_{l-l}), (x_{k-l}, y_{l-l}), (x_k, y_{l-l})$.

Припустимо, що від точки (x_0, y_0) ми прийшли до точки (x_{k-l}, y_{l-l}) . Тоді вибираємо напрям подальшого руху. Для цього шукаємо $r_{k, l-l}(x), r_{k-l, l}(y), r_{kl}(x, y)$.

Тоді можливі такі випадки:

1. $\max(r_{k, l-l}(x), r_{k-l, l}(y), r_{kl}(x, y)) = r_{k, l-l}(x)$ відбувається перехід до точки (x_k, y_{l-l}) ;
2. $\max(r_{k, l-l}(x), r_{k-l, l}(y), r_{kl}(x, y)) = r_{k-l, l}(y)$ відбувається перехід до точки (x_{k-l}, y_l) ;
3. $\max(r_{k, l-l}(x), r_{k-l, l}(y), r_{kl}(x, y)) = r_{kl}(x, y)$ відбувається перехід до точки (x_k, y_l) .

Процес переходу від точки до точки завершується в точці $x = x_l, y = y_j$, якщо для деякого i, j виконується умови:

$$r_{ij}(x) \geq 1, r_{i+l, j}(x) \leq 1, \quad (5)$$

$$r_{ij}(y) \geq 1, r_{i, j+l}(y) \leq 1, \quad (6)$$

$$r_{ij}(x, y) \geq 1, r_{i+l, j+l}(x, y) \leq 1, \quad (7)$$

$$|f(x, y)| + |g(x, y)| < h. \quad (8)$$

Зауважимо, що у процесі переходу від точки до точки можна зменшувати h для підвищення точності розв'язку.

Основна перевага цього методу над класичними методами полягає у такому:

- збіжність методу не залежить від вибору початкового наближення;
- розв'язок системи двох нелінійних рівнянь знаходимо з точністю до величини кроку h ;
- метод відноситься до методів нульового порядку, тобто у чисельному методі використовуються тільки значення нелінійних функцій;
- простота та наглядність методу.

Список використаних джерел:

1. Глебена М.І. Апарат неklasичних мінорант Ньютона та його використання / М.І.Глебена, Г.Г.Цегелик // Наук. вісник Ужгород. ун-ту. Сер. матем. і інформ. – 2013.– Вип. 24 №.1 С. 16-21.

УДК 519.816

¹ **Г.М. Гнатієнко**

к.т.н., заст.декана з наукової роботи

² **В.М. Домрачев**

к.ф.-м.н., доцент

³ **В.Г. Сайко**

д.т.н., професор

¹⁻³ *Факультет інформаційних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЦИФРОВОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПОСІВІВ

Вступ. Проблема комплексної функціональної діагностики стану сільськогосподарських посівів на сьогодні є актуальним і водночас перспективним напрямком досліджень. Проблема прогнозування рівня врожайності сільськогосподарських культур методами дистанційного моніторингу посівів вирішується різними методами, але комплексний підхід, який враховував би позитивні риси різних інструментів моніторингу, як правило, не застосовується. На основі загальносистемного аналізу та використання останніх досягнень сільськогосподарських, біологічних наук, інформаційних технологій та технологій дистанційної діагностики може бути створений інструментарій, який дозволить одержати позитивний ефект за рахунок застосування переваг різних методів та здійснення міждисциплінарних досліджень. Слід зауважити, що кожен з підходів, який пропонується застосовувати, добре зарекомендував себе при автономному застосуванні і відомі роботи в цьому напрямку в цілому носять окремий характер. Суттєвих синергетичних ефектів може бути досягнуто при створенні методології комплексного використання інтелектуальних технологій, методів дистанційного цифрового моніторингу та останніх досягнень біологічних і сільськогосподарських наук.

Актуальність дослідження. Протягом останніх десятиліть зберігається тенденція до погіршення стану оточуючого середовища: швидка зміна погоди, зміна клімату, техногенні чинники та різноманітні шкідники негативно впливають на стан сільськогосподарського виробництва. У зв'язку з усіма зазначеними чинниками втрачається ефективність застосування традиційних методів моніторингу та оцінки стану обробки сільськогосподарських угідь. Така ситуація породжує необхідність створення новітніх технологій та використанні інструментів, які ґрунтуються на застосуванні як супутникових систем, так і дронів. Водночас застосування нових технологій потребує розробки сучасних методів управління процесами обробки та вирощування врожаю. Тому стає особливо важливим обґрунтований аналіз динаміки зміни агротехнічної ситуації.

Актуальним сучасним інструментом, який застосовується при прийнятті рішення з управління процесом вегетації, є машинне навчання. Важливість застосування машинного навчання обумовлена складністю задачі аналізу полів та прогнозування можливого врожаю, коли на результат впливають багато факторів: характеристики ґрунту, сорти сільськогосподарської культури, погодні умови, наявність шкідників, види добрив тощо.

Проблематика дослідження. Інтелектуальні технології цифрового моніторингу успішно застосовуються для вирішення проблеми моніторингу стану сільськогосподарських посівів, прогнозування врожайності сільськогосподарських культур та управління факторами, які сприяють максимізації врожайності на досліджуваних полях. Такий підхід сприятиме підвищенню рівня національної безпеки, оскільки таким чином вирішується проблема підвищення рівня забезпеченості населення сільськогосподарською продукцією.

Дослідження методів дистанційного моніторингу посівів для збільшення врожаю базується на обробці інформації отриманої зі супутникових знімків та фотографій з дронів, показників інших датчиків. В процесі дослідження використовуються методи машинного навчання, зокрема кластерний аналіз та сегментація сільськогосподарських посівів, регресія, нечітка логіка, нейронечіткі мережі, нелінійна динаміка та факторний аналіз параметрів, які характеризують стан сільськогосподарських посівів (густота посіву, зволоженість та щільність ґрунту, водневий показник pH , якість ґрунту: відсоток гумусу, P_2O_5 , оксиду калію K_2O , добрив, $P_{60}K_{90}$, N_{90} , забур'яненість, розповсюдження хвороби, шкідники тощо).

Об'єктом дослідження є стан сільськогосподарських посівів, який потребує регулярного та достовірного моніторингу.

Предметом дослідження є інтелектуальні технології цифрового моніторингу, математичні моделі та методи дистанційного дослідження та прогнозування рівня врожайності сільськогосподарських культур на досліджуваних полях.

Стан досліджень проблеми. Автори дослідження виходили з гіпотези про те, що застосування непрямих методів обрахування стану посівів є сприятливим для прийняття рішень з управління якістю посівів. Забезпечення дистанційного моніторингу посівів є надійним інструментом збільшення врожайності сільськогосподарських культур.

На сьогодні проблемами ефективної дистанційної діагностики займається широке коло вітчизняних та закордонних вчених [1-5]. Тому автори виходили з того, що слід розробити системний комплекс методів та реалізувати їх у вигляді програмних засобів для забезпечення дистанційного моніторингу посівів для збільшення врожаю.

Було розроблено математичні моделі та програмне забезпечення, що дозволить вирішувати важливі практичні задачі з дистанційного моніторингу посівів для збільшення врожаю [6]. Удосконалення підходів системного комплексу до діагностики посівів з використанням інтелектуальних технологій для цифрового моніторингу стану посівів продовжується.

Розроблене програмне забезпечення буде корисним для вирішення практичних задач дистанційного моніторингу посівів для збільшення врожаю. Зокрема, удосконалюються методи дистанційного моніторингу пошкодженості врожаю шкідниками та хворобами. Авторами запропоновано комплексну інтегровану систему адекватної інтерпретації характеристики посівів.

Висновки. Авторами обґрунтовано необхідність моделювання для проведення дистанційного моніторингу посівів з метою збільшення врожаю, адже українські поля (грунти) є унікальними, які не мають аналогів у світі. Методики розроблені в інших закордонних наукових школах не підходять для України і відповідно їх сучасні підходи вирішення даних науково-технічних задач не дозволяють отримати очікуваних результатів. Сучасний стан кліматичних умов вимагає посилення технологій локального землеробства. Глобальне потепління вимагає нових технологій зрошування в Україні.

Отримані результати, математичні моделі та розроблене програмне забезпечення дозволять вирішувати важливі практичні задачі забезпечення дистанційного моніторингу посівів для збільшення врожаю в Україні.

Практична цінність застосування інтелектуальних технологій при моніторингу стану сільськогосподарських посівів полягає в тому, що створюються сприятливі умови для вчасного корегування тактики і алгоритмів застосування агротехнологічних інструментів і таким чином збільшувати врожай.

Список використаних джерел:

1. Степанов А.С. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на основе данных дистанционного зондирования Земли (на примере сои). Вычислительные технологии, 2019. Т. 24. № 6. С. 126–134. DOI: 10.25743/ICT.2019.24.6.015.
2. Якушев В.П., Дубенок Н.Н., Лупян Е.А. Опыт применения и перспективы развития технологий дистанционного зондирования Земли для сельского хозяйства. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2019. Т. 16. № 3. С. 11–23. DOI: 10.21046/2070–7401–2019–16–3–11–23.
3. Прогнозирование урожайности озимой пшеницы: сравнительный анализ результатов регрессионных и биофизических моделей / Ф. Коган, Н. Н. Куссульт, Т. И. Адаменко, С. В. Скакун, А. Н. Кравченко, А. А. Кривобок, А. Ю. Шелестов, А. В. Колотий, О. М. Куссульт, А. Н. Лавренко // Проблемы управления и информатики. – 2013. – № 3. – С. 138–150.
4. Гнатієнко Г.М., Домрачев В.М., Єрмак В.В., Сайко В.Г. Технології використання дронів у агрокібернетиці // Ідеї академіка В.М. Глушкова і сучасні проблеми теоретичної кібернетики. Матеріали ІХ Всеукр. наук.-практ. конф. «Глушковські читання», Київ, 2020 р. / Уклад. : Ю.В. Крак, А.О. Пашко, В.В. Глушкова; Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка, ф-т комп'ютерних наук та кібернетики; Нац. техн. ун-т України «КПІ ім. І. Сікорського», ф-т соціології і права; Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. – Київ, 2020. – 149 с. 2020. С.43–46.

¹ **О.П. Гожий**

аспірант

² **В.В. Нечачін**

професор, доктор технічних наук

³ **І.О. Калініна**

доцент, кандидат технічних наук

¹⁻³ *Чорноморський національний університет ім. Петра Могили*

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ LSTM В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ

Збільшення попиту на відновлювану енергетику потребує підвищення ефективності джерел енергії. Одним із методів отримання максимальної можливої потужності на виході електростанції є відстеження точки максимальної потужності. Для її знаходження необхідно мати інформацію про поточні параметри електростанції, які встановлюється залежністю сили струму від напруги або вольт-амперною характеристикою. При цьому існує таке відношення струму та напруги, при якому досягається максимальне значення потужності. Це значення постійно змінюється, адже на нього впливають багато факторів — у випадку фотовольтаїки це: кількість сонячного випромінювання, хмарність або інші погодні умови, температура та ін. Саме тому реальна потужність сонячних панелей суттєво відрізняється від номінальних показників, зазначених виробником панелей, у результаті чого користувачі можуть отримувати меншу потужність ніж ту, на яку розраховані панелі. Для вирішення цієї проблеми використовуються контролери, що змінюють відношення струму і напруги таким чином, що максимізується вироблення електроенергії залежно від поточних зовнішніх умов. Якщо фотоелектричний модуль виробляє додаткову напругу, то контролер перетворює її на додатковий струм для акумулятора. Оскільки пікова напруга живлення змінюється залежно від різних стохастичних умов, контролер регулює співвідношення між напругою та струмом, що подається на акумулятор, для забезпечення максимальної потужності.

Для оптимізації потужності джерел електроенергії контролери заряду реалізують алгоритми знаходження точки максимальної потужності. Одним із найпоширеніших серед них є метод вихідної провідності — він аналізує локальний максимум функції вольт-амперної характеристики та передбачає результат від зміни напруги. Цей метод має високі показники точності у порівнянні з іншими алгоритмами, але він схильний до виклику хаотичних коливань вихідної потужності джерела електроенергії навіть при незмінних зовнішніх умовах. Також методу властиво працювати нестабільно у швидко мінливих атмосферних умовах, що призводить до втрати частини виробленої електроенергії. Для вирішення цих проблем пропонується використання рекурентних нейронних мереж для надання прогнозу щодо розташування точки максимальної потужності. Така система здатна передбачити зміни у продуктивності електростанції та, опираючись на минулі значення потужності та

напруги, знаходити оптимальне відношення між ними. На відміну від алгоритму висхідної провідності, нейронна мережа не обмежується лише поданням сигналу на збільшення або зменшення напруги, а і вказує на ступінь необхідності зміни, що дає можливість швидше та точніше знаходити точку максимальної потужності не коливаючись навколо цього значення. Для реалізації цієї системи пропонується використовувати довгу короткочасну пам'ять LSTM — архітектуру рекурентних нейронних мереж, що використовується для роботи з часовими рядами та вирішення проблем прогнозування. Переваги LSTM над іншими типами рекурентних нейронних мереж включають в себе стійкість до проблем зникання та вибуху градієнту, а також нечутливість до прогалин у даних часового ряду. Ці проблеми вирішуються шляхом використання комірок пам'яті, що дозволяють вибірково запам'ятовувати важливу інформацію або забувати минулі дані. Нейронні мережі з архітектурою LSTM можуть ефективно виокремлювати довгострокові часові залежності, не зазнаючи перешкод при оптимізації. Також можливе використання двонаправленої LSTM, які приймають тренувальні дані у прямому та зворотному порядку, що розширює модель, надаючи їй повну інформацію про кожну точку в заданій послідовності, а також минулі та майбутні дані відносно поточної точки. Обробка даних в обох напрямках допомагає двонаправленим LSTM отримати доступ не лише до минулого контексту, а і до майбутнього. Додатковий контекст прискорює процес тренування, а також покращує ефективність моделі при роботі з проблемою класифікації послідовностей.

У результаті було розроблено елементи системи керування для сонячних електростанцій на основі технологій штучного інтелекту. Були використані технології рекурентних нейронних мереж для знаходження точки максимальної потужності сонячних електростанцій. Для реалізації системи керування було створено багатoshарову модель нейронної мережі з архітектурою LSTM, що використовує алгоритм ітеративного градієнтного спуску для тренування. При тестуванні у віртуальному середовищі система знаходила точку максимальної потужності та показала приріст ефективності електростанції у порівнянні із системою зі стандартним контролером.

УДК 519.8

¹**В.М. Горбачук**

доктор фізико-математичних наук, завідувач відділу

²**В.М. Большаков**

магістр, науковий співробітник

³**Г.В. Голоцуков**

магістр, науковий співробітник

⁴**М.М. Пустовойт**

магістр, науковий співробітник

¹⁻⁴ *Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, м.Київ*

СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ЕВОЛЮЦІЇ ХМАРНИХ АРХІТЕКТУР

Розвиток комп'ютерних архітектур мотивувався і мотивується практичними застосуваннями [1], які на сучасному етапі вийшли на рівень створення нових цінних віртуальних і матеріальних активів [2]. Розподілена інформаційна технологія (РІТ) науково-організаційної діяльності (НОД) НАН України [3] на сучасному етапі розвивається як хмарна архітектура [4–6], також здатна генерувати нові активи, зокрема, об'єкти інтелектуальної власності [7]. При цьому РІТ НОД має відповідати на сучасні виклики до хмарних архітектур.

Сучасні інформаційно-комунікаційні технології включають такі напрями: розподілені обчислювальні технології, комп'ютерні кластери, масові паралельні процесори, однорівневі (peer-to-peer, P2P) системи, хмарні обчислення, соціальні мережі, віртуалізація, сервісно-орієнтована архітектура, Інтернет речей (Internet of Things, IoT). До застосування цих технологій висуваються такі вимоги: повсюдна присутність (ubiquity), рухливість (agility), ефективність, масштабованість, доступність, програмованість паралельних, розподілених і хмарних обчислювальних систем.

Проектування хмарної архітектури характеризується викликами і можливостями водночас [8].

1) Управління хмарним сервісом з єдиного центру (обробки даних) (ЦОД) компанії часто стає джерелом окремих точок відмови (failure). Компанія може мати кілька таких центрів, розташованих у різних географічних регіонах, але центри можуть мати спільну інфраструктуру ПЗ та спільні системи обліку. Тому для досягнення високої доступності (high availability, HA) послуг і більшого захисту від збоїв варто використовувати кількох хмарних провайдерів. Відомою перешкодою для HA є розподілені атаки відмови в обслуговуванні (distributed denial of service, DDoS), коли зловмисники погрожують перекрити джерела виграшів провайдерів SaaS, роблячи їхні послуги недоступними. Деякі службові (utility) обчислювальні сервіси пропонують провайдерам SaaS можливість захищатися від DDoS-атак за допомогою швидких масштабувань.

Стеки (stacks) ПЗ поліпшують інтероперабельність (interoperability) серед різних хмарних платформ, але власне програмні інтерфейси застосунків (application programming interfaces, APIs) залишаються пропрієтарними (proprietary) у приватній власності, що ускладнює для клієнтів використання на

певному сайті даних і програм, вивантажених з іншого сайту. Очевидним рішенням є така стандартизація APIs, при якій розробник SaaS може розгорнути сервіси та дані серед кількох хмарних провайдерів: за відмови одного з провайдерів дані зберігаються в інших провайдерів і будуть розблоковані. Крім того, стандартизація APIs дозволить використовувати нову модель, в якій одна і та сама програмна інфраструктура може застосовуватися як у публічних, так і в приватних хмарах. Це, в свою чергу, дозволить застосовувати імпульсні обчислення (surge computing), в яких використовується публічна хмара для охоплення додаткових завдань, важких для ЦОД приватної хмари.

2) Наявні хмарні ринкові пропозиції є, по суті, загальнодоступними (а не приватними) мережами, які піддають систему можливим небезпекам. Відомі технології захисту від багатьох атак: зберігання даних у зашифрованій формі (encrypted storage), віртуальні локальні обчислювальні мережі (local area networks, LANs) та мережеві проміжні модулі (middleboxes) – брандмауери (firewalls) і пакетні фільтри. Наприклад, перед розміщенням даних у хмарі їх можна зашифрувати. У багатьох державах законодавство вимагає від провайдерів SaaS зберігати дані клієнтів і захищені авторським правом матеріали в межах державних кордонів.

Традиційні мережеві атаки включають DDoS-атаки, шпигунське ПЗ (spyware), шкідливе ПЗ (malware), набори програмних засобів для маскуванню (rootkits), троянські вірусні програми (Trojan horses), хробаки (worms). У хмарному середовищі нові атаки можуть виникати внаслідок зловмисного ПЗ гіпервізора (програми, що керує фізичними ресурсами комп'ютера та розподіляє ці ресурси між кількома різними операційними системами, дозволяючи використовувати їх одночасно), гостьовий стрибок (guest hopping) у віртуальну машину (virtual machine, VM) через іншу VM, викрадення даних (hijacking), програмних засобів для маскуванню на VM. Особливою є атака посередника (man-in-the-middle) при міграції даних між віртуальними машинами. Загалом пасивні атаки спрямовані на викрадення чутливих (приватних, конфіденційних) даних або паролів, позаяк активні атаки – на маніпулювання ключовими структурами даних, щоб завдати значної шкоди для хмарних серверів.

3) Кілька віртуальних машин можуть спільно використовувати CPUs та основну пам'ять у хмарних обчисленнях, але навряд чи можуть спільно використовувати ввід-вивід (Input/Output, I/O). Наприклад, запуск 75 EC2-інстансів (EC2 – це Amazon Elastic Compute Cloud, еластична обчислювальна хмара Amazon; інстанс – це один із сервісів AWS, який дозволяє користувачу орендувати віртуальний сервер – інстанс (instance)) з бенчмарком STREAM (STREAM – це проста синтетична тестова програма, яка вимірює стійку пропускну здатність (у мегабайтах за секунду) та відповідну швидкість обчислення для простих векторних ядер) потребує середньої пропускну здатності 1355 мегабайтів за секунду. Оскільки кожний з 75 EC2-інстансів потребує лише середньої пропускну здатності 55 мегабайтів за секунду для запису на диск при записі гігабайта файлів на локальний диск, а стандартне відхилення становить понад 16% середньої здатності, то має місце проблема непередбачуваності роботи при одночасному вводі-виводі кількох VMs. Одне з

рішень проблеми – вдосконалення архітектур вводу-виводу й операційних систем для ефективної віртуалізації переривань і каналів I/O.

Інтернет-застосунки продовжують збільшувати місткість своїх даних. Якщо ці застосунки виходять за межі хмар, то можуть ускладнювати розміщення і транспортування даних. Тому при мінімізації витрат (підвищенні ефективності) користувачі та провайдери хмарних послуг мають передбачати наслідки розміщення і трафіку даних на кожному рівні системи: для цього Amazon пропонує послугу CloudFront. Таким чином, слід усувати вузькі місця при передачі даних, розширювати ланки з недостатньою пропускну здатністю, видаляти слабкі сервери.

4) У хмарних додатках спостерігається постійне збільшення баз даних. Можливість створення системи зберігання даних не лише відповідатиме цьому збільшенню, але й поєднуватиме це збільшення з хмарною перевагою довільного масштабування з коефіцієнтом більшим або меншим одиниці в залежності від потреби. У свою чергу, це вимагатиме проектування ефективних розподілених локальних мереж зберігання (storage area networks, SANs) даних.

ЦОД мають відповідати очікуванням програмістів щодо масштабованості, довговічності даних і НА. Головний виклик у хмарних обчисленнях – перевірка узгодженості даних у ЦОД, з'єднаних SAN. Оскільки не можна допускати повторення (поширення) широкомасштабних розподілених вад (bugs) ПЗ, то налагодження (debugging) програм має масштабно відбуватися у виробничих ЦОД. Оскільки ЦОД цього не забезпечують, то можна скористатися VMs: рівень віртуалізації може зробити можливим отримання цінної інформації, яку неможливо діставати без використання VMs. Можна також скористатися налагодженням програм на добре спроектованих симуляторах.

5) Модель оплати відповідно до обсягу споживання (pay-as-you-go) стосується зберігання та пропускну здатності мережі, які вимірюються використаними байтами. Обчислення залежать від рівня віртуалізації: GAE автоматично масштабується у відповідь на збільшення та зменшення навантаження, а користувачі платять за використані цикли; користувачі AWS платять за годину використання певного числа VM-інстансів незалежно від того, використовується дана машина чи ні. Масштабування залежно від мінливості навантаження дозволяє заощаджувати гроші без порушення угод про рівень надання послуги (Service Level Agreements, SLAs).

Формат відкритої віртуалізації (Open Virtualization Format, OVF) описує відкритий, безпечний, портативний, ефективний і розширюваний формат для пакування та поширення VMs. OVF також визначає формат поширення ПЗ для розгортання у VMs. Цей формат для VM не залежить від певної серверної платформи (host platform), платформи віртуалізації чи гостьової операційної системи (встановленої на VM). Такий підхід полягає у незалежному від платформ віртуальному пакуванні із сертифікацією та цілісністю упакованого ПЗ: пакет підтримує віртуальні пристрої, які охоплюють принаймні дві VMs.

OVF також визначає транспортний механізм для шаблонів VM і може застосовуватися до різних платформ віртуалізації з різним рівнем віртуалізації. Що стосується хмарної стандартизації, пропонується здатність віртуальних

пристроїв працювати на будь-якій віртуальній платформі. Слід дозволити VMs працювати на гетерогенних гіпервізорах апаратної платформи, що потребуватиме незалежні від гіпервізорів VMs. Слід також реалізовувати хмарну інтероперабельність – міжплатформенну неперервну міграцію між технологіями x86 Intel та AMD, а також підтримувати попереднє апаратне забезпечення для балансування навантаження.

б) Багато провайдерів хмарних обчислень спочатку покладалися на ПЗ з відкритим кодом, бо для службових програм модель ліцензування для комерційного ПЗ не є ідеальною. Для цього відкритий код має залишатися поширеним, а компанії комерційного ПЗ мають змінювати свою структуру ліцензування, щоб краще відповідати специфіці хмарних обчислень: можна використовувати схеми ліцензування з оплатою за використаний обсяг (pay-for-use) або масове використання (bulk-use).

Репутація всієї хмари може залежати від поведінки кожного її клієнта: наприклад, якість інсталяції VM може залежати від включення IP-адреси EC2 до списків небажаних клієнтів (blacklist), які ведуть сервіси запобігання спаму.

Тому можна створити сервіси захисту репутації подібно до сервісів надійної електронної пошти (trusted e-mail), що пропонуються (за плату) сервісам, розмішеним у менших провайдерів Інтернет-послуг (ISPs). На рівні SLA можна зафіксувати передачу юридичної відповідальності між хмарними провайдерами і клієнтами. ЦОД теж потребують систем підтримки репутації.

Список використаних джерел:

1. Горбачук В.М. Постіндустріальна організація державних замовлень у розвитку AUTODIN, ARPANET, PRNET, NSFNET та Інтернету. *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. 2016. Т. 21. Вип. 8. С. 116–122.
2. Горбачук В.М., Ляшко В.І., Сирку А.А. Питання децентралізованого консенсусу блокчейнів. *Інфраструктура ринку*, 2019, 34. С. 325–332.
3. Khimich O., Ivlichev V., Malchevskyi I., Besspalov S., Pustovoi M., Golotsukov G., Shchetynin I., Nikolenko D., Ivanov S., Kirsanov V. A framework for the creation of distributed information technology to support the scholarly research and organizational activities of the NAS of Ukraine. *Science and Innovation*, 2018, 14 (1). P. 47–59.
4. Горбачук В., Гавриленко С. Вплив ціноутворення хмарних сервісів на прибуток провайдера, споживчий надлишок і суспільний добробут. *Проблеми програмування*, 2020, № 2–3. С. 237–245.
5. Горбачук В., Гавриленко С., Голоцуков Г., Ніколенко Д. Економіка Internet-застосунків і цифрового контенту. *The role of technology in the socio-economic development of the post-quarantine world*. M.Gavron-Lapuszek, A.Karpenko (eds.) Katowice: Katowice School of Technology, 2020. P. 81–88.
6. Горбачук В., Гавриленко С., Дунаєвський М. До участі України в Європейській хмарі відкритої науки. *Global and Regional Problems of Informatization in Society and Nature Using 2021*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 2021. P. 169–171.
7. Горбачук В.М., Гавриленко С.О., Голоцуков Г.В. Розвиток інтелектуальної власності, індустріалізації та цифровізації. *Цифровізація економіки як фактор економічного зростання*. О.Л.Гальцова (ред.) Запоріжжя: Класичний приватний університет; Херсон: Гельветика, 2021. С. 24–43.
8. Hwang K., Fox G.C., Dongarra J.J. *Distributed and Cloud Computing From Parallel Processing to the Internet of Things*. Elsevier, 2012. 648 p.

¹ В. Гороховатський² І. Творошенко³ Д. Сидоренко¹⁻³ Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КЛАСТЕРНОГО ПОДАННЯ

Класифікація зображень успішно використовується у сучасних системах комп'ютерного зору і базується на інтелектуальних рішеннях [1-3]. При впровадженні структурних методів описи зображень подаються у вигляді множини дескрипторів ключових точок (КТ), число яких у описі сягає 1500. Кластерне подання суттєво скорочує час класифікації без зниження показників результативності [1].

Розглянемо базу E описів еталонів розмірністю N : $E = \{E_1, E_2, \dots, E_N\}$. Кожен опис E_i є окремим класом та має вид скінченної множини дескрипторів $E_i = \{e_v(i)\}_{v=1}^s$ розмірності s . Потужності описів еталонів вважаємо рівноцінними. Кластер – це підмножина опису, образ E_i еталону трансформується до M непересічних підмножин $T_k(E_i)$:

$$E_i = T(E_i) = \bigcup_{k=1}^M T_k(E_i), \quad k = \overline{1, M}, \quad T_k(E_i) \cap T_j(E_i) = \emptyset. \quad (1)$$

У результаті кластерного подання образ E_i еталону сформовано у вигляді M непересічних підмножин-кластерів $T_k(E_i)$ з центрами $b_{k,i}$, $M * N$ – загальне число створених кластерів та центрів. Параметри центрів $b_{k,i}$, $k = \overline{1, M}$ є ключовою характеристикою кластерної системи. Розпізнаваний візуальний об'єкт $z \in Z = \{z_v\}_{v=1}^s$. Здійснимо кластерне розбиття множини Z , у результаті опис об'єкту буде представлено M кластерами (приклад на рис. 1):

$$Z = T(Z) = \{T_k(Z)\}_{k=1}^M, \quad T_k(Z) \cap T_j(Z) = \emptyset. \quad (2)$$

Незалежне кластерне подання для описів еталонів сприяє спрощенню класифікації виду «дескриптор об'єкту – еталон». Кожний дескриптор об'єкта знаходить «свій клас» конкурентним зіставленням із множиною $\{b_j(E_i)\}$ [4, 5]. Для кожного дескриптора $z_v \in Z$ об'єкту визначаємо найближчий серед еталонних центрів $\{b_j(E_i)\}$ за процедурою ближнього сусіда

$$d = \arg \min_{i, j} \rho(z_v, b_j(E_i)), \quad d \in \{1, 2, \dots, N\}, \quad (3)$$

де ρ – відстань між дескриптором та центром $b_j(E_i)$, $i \in \{1, 2, \dots, N\}$, $j \in \{1, 2, \dots, M * N\}$.

Фактично (3) реалізує багатозначну характеристичну функцію $d: R^n \rightarrow \{1, 2, \dots, N\}$, що визначає еталонний клас щодо окремого дескриптора із опису.

За результатом (3) $\forall z_v \in Z$ підраховуються кількості r_1, r_2, \dots, r_N голосів елементів $z_v \in Z$, віднесених до одного із центрів $\{b_j(E_i)\}$ опису E_i :

$$r_i = \sum_{v=1}^s f[z_v \rightarrow \{b_j(E_i)\}], \quad (4)$$

де f – логічна функція, що визначає віднесення елемента z_v до центру з номером j кластера еталону E_i .

Образ об'єкту класифікується за значеннями r_1, r_2, \dots, r_N голосів

$$Z \rightarrow E_j : j = \arg \max_i r_i. \quad (5)$$

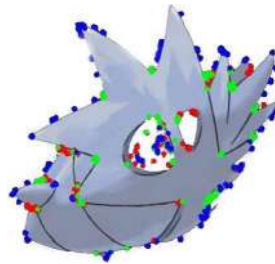


Рисунок 1 – Приклад класифікації даних для 3-х кластерів

У експерименті класифікація здійснювалася за схемою, коли множина дескрипторів зіставлялася із множиною центрів для 10 еталонів із бази зображень покемонів. Для вибраної бази еталонів число використаних дескрипторів практично не впливає на результат. Для розглянутих кількостей (300, 500, 1000, 1500) КТ отримано близькі показники. Це можна пояснити інтегрованим поданням описів еталонів у вигляді центрів.

За результатами моделювання основну частину часу функціонування програми займає пошук та опис КТ за допомогою детектору ORB бібліотеки OpenCV. Із зростанням числа КТ некритично збільшується час реалізації методів в межах 1.1-1.5 секунд, що у сотні разів менше, ніж для традиційних методів голосування [1].

Список використаних джерел:

1. Гороховатський В.О., Гадецька С.В. (2020) Статистичне оброблення та аналіз даних у структурних методах класифікації зображень (монографія), Харків, ФОП Панов А.Н., 128 с.
2. Daradkeh, Y.I., Tvoroshenko, I., Gorokhovatskyi, V., Latiff, L.A., and Ahmad, N. (2021) Development of Effective Methods for Structural Image Recognition Using the Principles of Data Granulation and Apparatus of Fuzzy Logic, IEEE Access, 9, pp. 13417-13428.
3. Daradkeh, Y.I., Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., Gadetska, S., and Al-Dhaifallah, M. (2021) Methods of Classification of Images on the Basis of the Values of Statistical Distributions for the Composition of Structural Description Components, IEEE Access, 9, pp. 92964-92973.
4. O. Gorokhovatskyi, V. Gorokhovatskyi, and O. Peredrii (2018). Analysis of Application of Cluster Descriptions in Space of Characteristic Image Features, *Data*, vol. 3, no. 4, p. 52.
5. Гороховатський, В.О., Творошенко, І.С. Методи інтелектуального аналізу та оброблення даних: навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2021. –92с.

УДК 519.87 + 519.176

¹ **Н.А. Гук**

доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних технологій

² **С.В. Диханов**

аспірант кафедри комп'ютерних технологій

¹⁻² *Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, Дніпро*

КЛАСТЕРИЗАЦІЯ СТОРІНОК ВЕБ-САЙТУ НА ОСНОВІ СХОЖОСТІ СТРУКТУРИ ТА СТИЛЮ

Враховуючи об'єм та різноманітність інформації в мережі Інтернет, керувати нею за допомогою звичайних інструментів практично неможливо, тому для управління необхідні нові інструменти обробки та методи автоматизації. Аналіз структури веб-сайту дозволяє покращити ряд характеристик, завдяки чому сайт становиться зручним та адаптивним для користувача, підвищується помітність сайту для пошукових робіт.

На даний момент структурна складність сайтів є доволі високою, тому розробка методів для аналізу структур веб-сайтів з метою покращення їх рейтингу та зручності для користувачів є актуальною задачею, для розв'язання якої широко застосовуються методи кластеризації.

В роботі пропонується здійснювати кластеризацію веб-сторінок на основі схожості структури та стилів.

Для представлення веб-сторінок використовується їх зображення у вигляді DOM (Document Object Model). Модель сторінок формується браузером у вигляді бінарного дерева на основі їх представлення на мові HTML. Це дозволяє порівнювати веб-сторінки між собою як деревовидні структури.

Для визначення структурної схожості застосовується алгоритм Zhang-Shasha [1]. Елементи в дереві індексуються в порядку їх додавання, починаючи від найглибшого рівня, дерево поступово будується з менших елементів, а відстань між двома деревами редагується шляхом поступового вирівнювання вузлів операціями вставки, видалення та переміщення.

Для визначення стилістичної схожості веб-сторінок застосовується коефіцієнт схожості Жаккара на основі класів стилів, присутніх у CSS-файлах (Cascading Style Sheets). Метрика обчислюється шляхом визначення частини стилів, що є спільними для двох веб-сторінок.

Загальна схожість двох веб-сторінок на основі їх структурної та стилістичної подібності обчислюється наступним чином:

$$sim = k * sim_{struct} + (1 - k) * sim_{style},$$

де sim_{struct} , sim_{style} – подібність за структурою та стилем відповідно, k – коефіцієнт. Для визначення кількості кластерів для набору веб-сторінок застосовується метод ліктя.

В рамках запропонованої методики в якості вихідних даних для кластеризації пропонується розглядати URL-адреси веб-сторінок. Для розробки відповідного

програмного забезпечення було обрано мову програмування Python та застосовано спеціалізовані бібліотеки та модулі Urllib, Lxml та інші, які дозволяють відкривати URL-адреси та отримувати дані про сторінку з мережі Internet, обробляти XML і HTML файли, здійснювати парсинг веб-сторінок.

Із застосуванням розробленого програмного забезпечення було проведено обчислювальний експеримент по дослідженню структури сайту шляхом кластеризації його сторінок. Експеримент проводився для двох веб-сайтів – сайту інтернет-магазину <http://semena-dnepr.org.ua> та сайту факультету прикладної математики Дніпровського національного університету <http://fpm.dnu.dp.ua>.

Сайт інтернет-магазину за будовою має чіткий поділ на категорії товарів. Для аналізу структурної та стилістичної подібності було обрано сторінки категорій товарів, сторінки товарів та головну сторінку. В результаті експерименту було отримано 3 кластери у кожному з яких опинились подібні сторінки, – кластер зі сторінками товарів, кластер зі сторінками категорій товарів, та кластер з головною сторінкою. Для визначення однорідності кластерів використовується показник середньоарифметичної подібності. Подібність між сторінками сайту інтернет-магазину, які опинились у одному кластері є високою – більш ніж 97%. Даний показник означає, що такі веб-сторінки мають майже ідентичну структуру та формуються динамічно, а контент, яким вони наповнені, зберігається у окремому місці, наприклад у базі даних, та змінюється у різних HTML-тегах при переході на певне посилання, яке вказує на конкретний товар або категорію.

При аналізі сайту підрозділу закладу вищої освіти було обрано сторінки з інформацією про кафедри, сторінки з загальною інформацією (головна, блог, новини тощо) та сторінки з інформацією для абітурієнтів.

За результатами експерименту отримано 4 кластери: головна сторінка утворила окремий кластер, подібність елементів у кластері Новини дорівнювала 94%, у кластері з інформацією для абітурієнтів – 82%, у кластері з інформацією про кафедри – 69%. Низький показник подібності означає, що веб-сторінки мають схожу структуру, але в їх DOM присутні елементи (HTML-теги), які відрізняються на подібних веб-сторінках. Це можуть бути додаткові панелі, що з'являються лише на певних веб-сторінках або ж інші опції, які відключені на одних сторінках, але присутні на інших.

Висновки. Отримані результати кластерного аналізу веб-сторінок можна застосовувати для аналізу структури окремого веб-сайту та групування різних сайтів за їх тематикою. Використання відокремлених кластерів дозволяє цілеспрямовано отримувати структуровані дані про товари з окремих асортиментних груп, не витрачаючи час на пошук необхідної інформації на кожній веб-сторінці сайту.

Список використаних джерел:

1. K. Zhang and D. Shasha. Simple fast algorithms for the editing distance between trees and related problems. SIAM J. Comput., 18(6):1245–1262, Dec. 1989.

¹ **О.Є. Іларіонов**

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інтелектуальних технологій.

² **А.О. Сірий**

Студент-бакалавр

³ **Н.А. Кліменкова**

Студент-бакалавр

¹⁻³ *Кафедра інтелектуальних технологій, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, місто Київ*

МОДЕЛЮВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО НАУКОВОГО ПРОСТОРУ НА ОСНОВІ НАЛІЗУ ДАНИХ ПРО ЗАХИСТ ДИСЕРТАЦІЙ

Наукові дослідження мають велике значення у формуванні знань, умінь і навичок науково-дослідницької діяльності людини в сучасному світі. Вони мають тисячолітню історію і давно стали фундаментальною опорою суспільного прогресу. Україна має розгалужену систему науково-дослідних закладів, які працюють над розвитком науки, а протягом років незалежності країни, було захищено понад 130 тисяч кандидатських та понад 20 тисяч докторських дисертацій [1]. Можна з упевненістю сказати, що дані складові формують науковий простір (НП), який у свою чергу є структурним елементом соціального простору і може розглядатися як складна слабкоструктурована система. НП зображує взаємодію об'єктів, які мають відношення до науки. Упорядкування цієї взаємодії, структурування різних областей НП сприятиме кращому його розумінню, підвищенню керованості та прогресивному розвитку. Дана робота присвячена дослідженню одного із видів наукових взаємозв'язків, який пов'язаний із захистом дисертацій.

Одним з шляхів дослідження даної задачі може бути аналіз мереж наукової співпраці [2; 3]. Наукові ступені, вчені звання слугують не лише мотивації наукових та науково-педагогічних працівників, але й структуруванню окремих складових НП. Деякі задачі дослідження науково дослідницької діяльності суб'єктів та об'єктів НП розглядаються у роботах [4; 5].

Для визначення взаємозв'язків між об'єктами та додаткового структурування НП можуть бути застосовані:

- міри схожості між об'єктами;
- задачі ранжування ключових слів;
- оцінка векторів вагових коефіцієнтів, одержана на основі абсолютних значень.

У ході роботи був запропонований алгоритм дослідження предметної області, який надав змогу підвищити структурованість НП. Даний алгоритм включав наступні етапи:

- виділення центрів наукових досягнень — міста, з якими пов'язаний захист дисертацій;
- обчислення частоти виконання та захисту дисертацій у різних містах та різних організаціях;

– визначення зв'язків між містами та візуалізація цих зв'язків у вигляді графа;

– візуалізація географії міст України, у яких виконувалися та захищалися кандидатські і докторські дисертації;

– візуалізація статистичних показників.

Також для структурування НП були досліджені такі аспекти взаємозв'язків:

– між організаціями, де виконувалися дисертації, та організаціями, де вони були захищені;

– між дисертантами, опонентами, науковими керівниками чи консультантами;

– на основі аналізу ключових слів.

У даній роботі детально досліджено поняття наукового простору та його особливості в Україні. Були наведені підходи до аналізу дисертацій, захищених в Україні протягом 1993-2020 років. Здійснено аналіз українських міст та визначено наукові центри країни. Таким чином реалізовано попереднє структурування НП в розрізі підготовки та захисту дисертацій. Розроблено моделі та визначно напрямки подальшого дослідження НП України.

Список використаних джерел:

1. Сайт державної служби статистики України [\[Електронний ресурс\]](#)
2. Moed H., Glanzel W., Schmoch U. Handbook of Quantitative Science and Technology Research. Springer Netherlands. 2004. 800 p. ISBN 978-1-4020-2755-0.
3. Ying Ding. Scientific collaboration and endorsement: Network analysis of coauthorship and citation networks. Journal of Informetrics. 2011. 5 (1). С. 187 – 203. doi: 10.1016/j.joi.2010.10.008
4. Biloshchytskyi A., Myronov O., Reznik R., Kuchansky A., Andrashko Yu., Paliy S., et al. A method to evaluate the scientific activity quality of HEIs based on a scientometric subjects presentation model. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 6, Issue 2 (90). – P. 16–22. doi: 10.15587/1729-4061.2017.118377
5. Biloshchytskyi A., Kuchansky A., Andrashko Yu., Biloshchytska S., Dubnytska A., Vatskel V. The Method of the Scientific Directions Potential Forecasting in Infocommunication Systems of an Assessment of the Research Activity Results. 2017 IEEE International Conference «Problems of Infocommunications, Science and Technology» (PIC S&T). 2017. P. 69–72. doi: 10.1109/INFOCOMMST.2017.8246352

УДК 519.8

¹ **І.В. Козін**

доктор фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри економічної кібернетики

² **О.О. Землянський**

Аспірант кафедри економічної кібернетики

¹⁻² *Запорізький національний університет, Запоріжжя***ФРАГМЕНТАРНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ЗАДАЧІ РЕДАГУВАННЯ КЛАСТЕРУ**

Вступ. Розглядається складна задача комбінаторної оптимізації, відома як задача редагування кластеру. Подібні задачі тісно пов'язана з задачею класифікації, часто виникають при створенні навчальних систем, в логістиці великих підприємств тощо. Запропоновано підхід до пошуку розв'язку цієї задачі на основі побудови фрагментарної моделі з використанням еволюційного алгоритму та інших метаевристик.

Постановка задачі. Задано неорієнтований граф $G=(V,E)$ з множиною вершин V та множиною ребер E . Задача редагування кластеру полягає в тому, щоб за мінімальну кількість операцій вилучення та додавання ребер перетворити граф в кластерний граф, тобто в граф в якому кожна компонента зв'язності є клікою $x[1,2]$. Відомо, що задача редагування кластеру відноситься до класу NP-повних задач. Таким чином для цієї задачі виправдано використання метаевристик.

Фрагментарна структура. Згідно з [3] фрагментарною структурою (X,E) на скінченній множині X будемо називати сімейство її підмножин $E=(E_1,E_2,...,E_n)$, де $\emptyset \in E$ і $\forall E_i \in E, E_i \neq \emptyset \exists x \in E_i$, такий, що $E_i \setminus \{x\} \in E$. Елементи з сімейства E будемо називати допустимими фрагментами. Таким чином, для будь-якого непорожнього допустимого фрагмента E_i існує нумерація його елементів $E_i = \{x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{ik}\}$ така, що $\{x_{i1}\} \in E$, $\{x_{i1}, x_{i2}\} \in E$, ..., $\{x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{ik}\} \in E$.

Показано, що задача редагування кластеру може бути переформульована як задача оптимізації на фрагментарній структурі. Розглянуто низку метаевристик на фрагментарних структурах для пошуку наближених розв'язків цієї задачі.

Список використаних джерел:

1. van Bevern, R., Froese, V. and Komusiewicz, C., 2018. Parameterizing edge modification problems above lower bounds. *Theory of Computing Systems*, 62(3), pp.739-770.
2. Böcker, S., 2012. A golden ratio parameterized algorithm for cluster editing. *Journal of Discrete Algorithms*, 16, pp.79-89
3. I. V. Kozin, N. K. Maksyshko, V. A. Perepelitsa Fragmentary Structures in Discrete Optimization Problems, *Cybernetics and Systems Analysis* November 2017, Volume 53, Issue 6, P 931–936. <https://doi.org/10.1007/s10559-017-9995-6>

¹ А.О. Куперман

² М.С. Таїрова

¹⁻² Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

ПРО МЕТОДИ ОПТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ВІДЕО

Були розглянуті два методи, побудовані за принципом згорткових нейронних мереж: метод Single Shot Multibox Detector (SSD)[6] та метод You Only Look Once (YOLOv3)[4]. Були розглянуті процес їх тренування, тестування, реалізації та проведено порівняльний аналіз з метою пошука оптимального рішення. Після тренування на зображеннях розглянуті методи були застосовані до розпізнавання об'єктів на відео.

Основна різниця між методами SSD та YOLOv3 полягає у різниці їх архітектур. Архітектура VGG-16[1] простіша ніж Darknet-53[3], але для того, щоб не втратити у точності, методу SSD доводиться використовувати досить коштовний важкий негативний майнінг[2]. Крім того, використання аналогу пірамідної мережі[5] дозволяє мережі YOLOv3 працювати з зображеннями абсолютно різної якості, що робить її більш зручною для вирішення сучасних задач. Але у той же час в YOLOv3 для класифікації об'єктів досі використовується метод k-середніх[7], який не є універсальним і може стати досить коштовним у разі достатньо великої вибірки.

Обидва методи попередньо треновані на зображеннях були успішно застосовані для розпізнавання об'єктів на відео. Як і у випадку з розпізнаванням зображень, обидва методи показують непогані результати незалежно від розмірів вибірки. YOLOv3 досягає більшої точності, але ціною багатьох часів тренувань. Метод SSD показує трохи меншу точність, але процес тренування проходить набагато швидше, що робить цей метод більш практичним при вирішенні загальних та невеликих завдань. Якщо ж нашою метою є досягання точності, максимально наближеної до ідеальної, то метод YOLOv3 підходить більше.

<i>n</i>	Час тренування (SSD)	Час тренування (YOLOv3)	Точність (SSD)	Точність (YOLOv3)
100	1.25	2.46	72.2%	74.8%
200	2.09	4.31	81.7%	86.4%
500	4.37	10.13	86.5%	93.2%
1000	9.13	20.47	92.4%	96.9%
1500	13.41	28.34	97.1%	98.5%

Табл. 1. Таблиця порівняння роботи двох методів в залежності від розміру вибірки

Список використаних джерел:

1. Uijlings, J.R., van de Sande, K.E., Gevers, T., Smeulders, A.W.: Selective search for object recognition. IJCV (2013)
2. He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J.: Deep residual learning for image recognition. In: CVPR.(2016)
3. Simonyan, K., Zisserman, A.: Very deep convolutional networks for large- scale image recognition. In: NIPS. (2015)
4. Joseph Redmon, Ali Farhadi: YOLOv3: An Incremental Improvement, University of Washington, 2018.
5. T.-Y. Lin, P. Dollar, R. Girshick, K. He, B. Hariharan, and S. Belongie. Feature pyramid networks for object detection. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 2117–2125, 2017.
6. Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, Alexander C. Berg: SSD: Single Shot MultiBox Detector, 2015.
7. А. Т. Яровий Багатовимірний статистичний аналіз: навчально-методичний посібник. / А. Т. Яровий, С. М. Страхов. – М:Астропринт, 2015. – 46с.

УДК 004.624

¹ А.А. Літвін

Аспірант

² В.Ю. Величко

К.т.н., доцент, с.н.с.

³ В.В. Каверинський

К.т.н., с.н.с.

^{1,2} Інститут кібернетики НАН України, Київ

³ Інститут проблем матеріалознавства НАН України, Київ

ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ СЕМАНТИЧНИХ ВІДНОШЕНЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПРИРОДНО-МОВНИХ ТЕКСТІВ

Однією з важливих задач комп'ютерного аналізу природно-мовних текстів є встановлення сенсу, ідеї, що подається автором. Іншою, не менш важливою, проблемою є автоматизована побудова баз даних і баз знань, спираючись на інформацію отриману з природно-мовних текстів. В обох випадках мова йде насамперед про семантичний аналіз, сутність якого полягає у встановленні семантичних (сміслових) типів висловлювань і відповідних понять, які конкретизують висловлювання певного типу.

Центральним питанням у рамках проблеми, що розглядається, є класифікація семантичних типів висловлювань. Роботи в даному напрямку ведуться вже протягом багатьох років, переважно лінгвістами і філософами. Відомі різні підходи, як то створення системи семантичних відмінків, класифікація елементарних висловлювань, семантична типізація зв'язків між словами, побудова універсальної семантичної метамови. Попре це, єдиної феноменологічної теорії типів семантичних зв'язків досі не створено. Натомість існують незалежно розроблені класифікаційні системи, що нараховують від кількох десятків до сотень типів семантичних зв'язків або семантичних відношень. Такі класифікації можуть бути частково подібними між собою, але тенденції об'єднання класифікацій на загальних принципах не спостерігається. Однією зі спроб створення ієрархічної системи семантичних категорій є теорія В.Н. Сагатовського. В рамках даної концепції здійснена спроба вивести систему семантичних категорій на основі базового аксіоматичного набору понять. Таким набором аксіоматичних типів за В.Н. Сагатовським є: «Елемент», «Множина», «Буття», «Небуття», «Змінення». Далі за допомогою комбінації цих базових понять і наступного поєднання таких комбінацій виводиться понад сотню семантичних категорій. Але недоліком системи В.Н. Сагатовського є те, що це скоріш філософська концепція, а не чітка логічна конструкція, а мотивування породження нових категорій на базі існуючих часто виглядає доволі суб'єктивно і навіть сумнівно. Тим не менш, теорія В.Н. Сагатовського є однією з небагатьох спроб побудувати чітку і струнку систему семантичних (сміслових) категорій, яка може бути універсальною і здатною до масштабування, а не побудованою суто для конкретної предметної області та практичних задач, які вирішуються дослідником.

Спираючись на підхід В.Н. Сагатовського, а також на системи семантичних відношень, які були запропоновані такими авторами, як Ю.Д. Апресян, Н.М. Леонтьєва, Ч. Філлмор та іншими, нами було запропоновано наступний принцип побудови типів семантичних відношень шляхом логічної комбінації. Запропоновано 8 базових аксіоматичних категорій: «Буття», «Час», «Простір», «Монада», «Постійність (константність)», «Множина», «Міра», «Заперечення». Кожна наступна категорія отримується шляхом комбінування двох інших. Комбінувати категорії можна довільно: базові з базовими, похідні з похідними, базові з похідними. Одночасне комбінування більш ніж двох категорій виглядає надлишковим, тому що подібне поєднання можна виконати за рахунок поєднання більш простих, бодай іноді і умоглядних комбінацій. Так, наприклад, потрібне поєднання категорій можна розкласти на три подвійних, які, в свою чергу, можна комбінувати як між собою так і з вихідними категоріями.

Наведемо приклади виведення семантичних категорій за запропонованим способом. Так безпосереднє комбінування категорій вищого рівня може дати наступні типи: «Буття» + «Простір» → «Матерія»; «Буття» + «Заперечення» → «Відсутність, небуття»; «Буття» + «Монада» → «Об'єкт»; «Постійність» + «Заперечення» → «Мінливість»; «Постійність» + «Міра» → «Тотожність»; «Постійність» + «Буття» → «Вічність»; «Монада» + «Простір» → «Точка у просторі»; «Час» + «Буття» → «Виникнення (абстрактне)».

Наведемо також декілька прикладів виведення семантичних категорій наступних рівнів: «Виникнення» + «Заперечення» → «Зникнення»; «Зникнення» + «Виникнення» → «Заміщення»; «Заперечення» + «Тотожність» → «Відмінність»; «Відмінність» + «Міра» → «Відношення»; «Множина» + «Відношення» → «Структура»; «Мінливість» + «Простір» → «Неоднорідність»; «Матерія» + «Мінливість» → «Дія (абстрактна)»; «Дія» + «Об'єкт» → «Вплив»; «Вплив» + «Об'єкт» → «Взаємодія»; «Міра» + «Взаємодія» → «Властивість». У такий спосіб нами було виведено 148 семантичних категорій, що включають у себе більшість семантичних типів, що були запропоновані Ю.Д. Апресяном, Н.М. Леонтьєвою, В.Н. Сагатовським та іншими авторами. Очевидно, що за таким принципом можна вивести будь-які семантичні категорії реального та умоглядного світу.

Побудова системної аксіоматичної класифікації семантичних відношень створює підґрунтя для розробки баз знань онтологічного типу та надає базову систему, на яку можна орієнтуватися при розробці методів аналізу природно-мовних текстів. Розробник може обмежити набір семантичних категорій, що використовується для конкретної задачі і предметної області та пошук яких планується здійснювати у тексті, або використовувати при створенні онтології та при побудові запитів до онтології на основі природно-мовного тексту. Окрім того, така система надає можливості для побудови додаткових висновків, ґрунтуючись на графівій базі даних онтологічного типу, в основі типізації зв'язків між вершинами якої, закладено запропоновану систему виведення семантичних категорій.

УДК 519.68

¹ **Ю.І. Мінаєва**

К.т.н., доцент, доцент кафедри інтелектуальних технологій

² **Н.А. Кліменкова**

Студент

^{1,2} *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ*

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОРУШЕНЬ МОЗКОВОГО КРУГООБІГУ

Проблема запобігання одного з найбільш серйозних захворювань головного мозку, а саме інсульту є надзвичайно актуальною в даний час. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) інсульт є другою провідною причиною смертності у всьому світі, що спричиняє приблизно 11% загальної кількості смертей [1]. Як відзначають експерти, у майбутньому кількість захворювань зростатиме, що пов'язано, по-перше, з постарінням населення, по-друге - зі збільшенням поширення в популяції багатьох країн таких чинників як ризики розвитку цереброваскулярні захворювання (ЦВЗ), артеріальна гіпертензія (АГ), цукровий діабет (ЦД), та ожиріння. У зв'язку з цим розробка ефективних профілактичних програм стає однією з найбільш актуальних завдань сучасної медицини.[2]

Одним з шляхів вирішення даної проблеми може бути застосування методів машинного навчання, яке дозволить підвищити ефективність та якість аналізу і візуалізації даних медичних показників, що стосуються порушень мозкового кровообігу, вдосконалив діагностику хвороби.

Авторами пропонується провести аналіз даних щодо захворюваності, який використовується для прогнозування того, чи може пацієнт отримати один із видів порушення кровообігу, а саме інсульт, на основі вхідних параметрів, таких як стать, вік, різні захворювання та статус куріння, застосовуючи такі методи машинного навчання, як логістична регресія, дерево рішень, метод опорних векторів та метод випадкового лісу.

Логістична регресія є видом нелінійної множинної регресії, що аналізує функціональну залежність між залежною змінною та кількома незалежними змінними.

Дерева рішень (дерева вирішальних правил) – один з методів автоматичного аналізу даних, що задає спосіб подання правил виду «Якщо – то» в ієрархічній послідовній структурі, де кожному об'єкту відповідає єдиний вузол, що дає рішення. [3]

Метод опорних векторів (support vector machine) —один з методів машинного навчання, що навчається на прикладах та застосовується для вирішення задач класифікації, регресійного аналізу.

Random forest — один з методів інтелектуального аналізу даних, який дозволяє вирішувати задачі класифікації, регресії. Даний метод використовує

побудову дерев прийняття рішень в процесі тренування моделі і отримання моди для класів або усередненого прогнозу для побудованих дерев.

Авторами розроблено систему, яка здатна реалізувати попередню підготовку даних, аналіз та візуалізацію даних, тестування методів машинного навчання, оцінку роботи моделей машинного навчання, визначення найвпливовіших факторів та порівняння отриманих результатів. Було розглянуто чотири основних методи машинного навчання, такі як: логістична регресія, метод опорних векторів, метод дерева рішень та метод випадкового лісу.

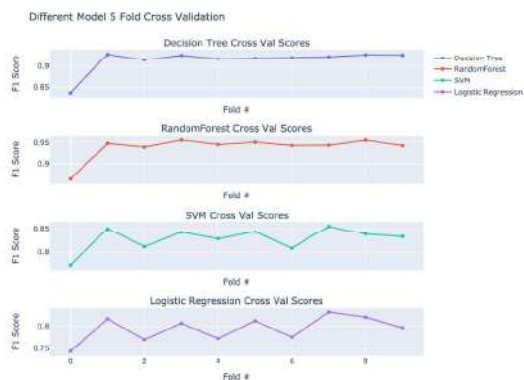


Рис. 1 Результат крос-валідації для навчальної вибірки даних.

У ході роботи було досліджено одну з найактуальніших проблем сучасної медицини, а саме порушення мозкового кровообігу. Проаналізовано проблематику даного питання та визначено шляхи, за допомогою яких можна підвищити ефективність та якість діагностики хвороби. Розроблено систему аналізу та візуалізації даних медичних показників, виявлення залежностей та більш впливових факторів на попередню діагностику інсульту.

Список використаних джерел:

1. Стан проблеми діагностики лікування гострих порушень мозкового кровообігу [Електронний ресурс]
2. Ахо К. Цереброваскулярные болезни среди населения: результаты совместного исследования ВОЗ / К. Ахо, П. Хармсен, С. Хатано // Бюллетень ВОЗ. — 1980. — Т. 58, № 1. — С. 84-102.
3. Інтелектуальний аналіз даних : навчальний посібник / А. О. Олійник, С. О. Субботін, О. О. Олійник. — Запоріжжя : ЗНТУ, 2012. — 87 с.

УДК 517.11+519.92

¹Ю.І. Мінаєва

К.т.н., доцент, доцент кафедри інтелектуальних технологій

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВИХ РЯДІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕНЗОРНИХ МОДЕЛЕЙ

Часові числові ряди належать до об'єктів, життєво важливих для людства, і які представляють собою природний спосіб отримання інформації. В загальному випадку часовий ряд являє собою хронологічно впорядковану послідовність статистичних показників(ознак).

Часовий ряд істотно відрізняється від простої вибірки даних, бо при аналізі враховується взаємозв'язок вимірювань з часом, а не тільки статистична різноманітність і статистичні характеристики вибірки. Саме тому аналіз часових рядів завжди знаходився у центрі уваги математиків – фахівців у різних напрямках математики: від математичної статистики до штучного інтелекту.

Останнім часом вимоги до аналізу ЧР суттєво ускладнились і розширились, що пояснюється, з одного боку, зміною характеру ЧР (ЧР стали багатовимірними, тому виникає потреба обробляти надвеликі обсяги даних), з іншого – наявністю деформованих або пропущених даних в ЧР, а також необхідністю отримувати приховані знання, які можуть мати надвеликі обсяги даних.

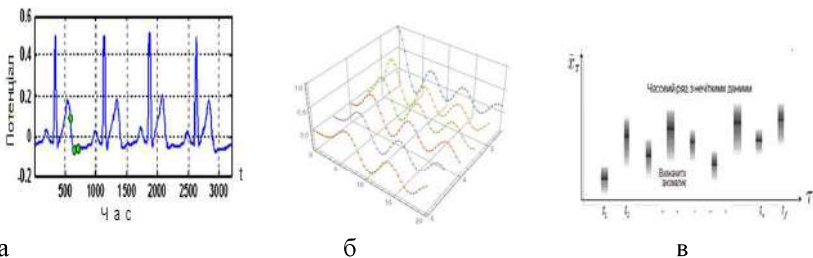


Рис.1. Типи часових рядів, які розглядаються: а- чіткий одновимірний ЧР, б – чіткі багатовимірні ЧР, в – нечіткий ЧР

В даний час новим напрямком аналізу ЧР є інтелектуальний аналіз даних(ІАД), який широко застосовується в різних галузях науки і техніки, що пов'язано з процесами всесвітньої глобалізації, в першу чергу, економіки, а також появою нового об'єкта досліджень, BIG DATA. Інтелектуальний аналіз даних описує напрямки інформаційних технологій, що застосовуються для видобутку і отримання знань, присутніх в неявному вигляді в великих масивах даних, їх обробки, та ін.

Тензорні декомпозиції представляють собою потужний апарат витягнення прихованих знань, що дозволяє суттєво розширити коло розв'язуваних задач за

умов невизначеності. Роль тензорних декомпозицій у розв'язку конкретних задач, пов'язаних з проблемою ІАД, показана в роботах [1,2].

Автором пропонується застосувати методи, які використовувались для розв'язання інших типів задач до аналізу числових рядів, зокрема, нечітких числових рядів, маючи на увазі застосування методів теорії нечітких множини, сфера застосування якої невпинно розширюється.

Окремо слід звернути увагу на нечіткі часові ряди, бо нехтування при аналізі чітких часових рядів фактів неточності даних, пропусків даних суттєво впливає, зокрема, на точність прогнозів. Для опису нечітких часових рядів [3] як моделі використовуються нечіткі реляційні рівняння, пропонується процедура використання нечітких часових рядів для прогнозування.

Зауважимо, що особливістю їхнього використання є теза про незаперечну можливість призначення ФН і практично непереборні труднощі відносно перевірки отриманого результату.

Одним з сучасних підходів до узагальнення методів аналізу чітких і нечітких ЧР є т.зв. гранулювання ЧР. Поняття гранульованого часового ряду розглянуте в роботі [4], базується на використанні можливостей гранулярних обчислень. Відомо, що традиційна сегментація (дискретизація) ЧР виконується методом ковзного вікна заданої ширини k на X . Якщо позначити через $W x k = \{w_i | i=1 \dots n-k+1\}$ множину всіх вікон на X k -ширини, задати міру, відстань між двома підпоследовностями w_i і виконати будь-яким з відомих способів кластеризацію таких підпоследовностей, то отримаємо s кластерів: $C_i (i=1, 2, \dots, s)$.

Перехід до гранулярності ЧР передбачає подання вищеописаних кластерів (інформаційних гранул) нечіткими множинами \tilde{A}_i . Запропоновано кластерний підхід до вилучення нечітких правил з символічних гранулярних ЧР і таким чином НЧР аналізується як система нечіткої логіки.

Автором запропоновані тензорні моделі НМ - (тензорні) гранули і алгоритми обробки нечітких даних на підставі гранулярних обчислень для вирішення задач інтелектуального аналізу часових рядів.

Список використаних джерел:

- 1 A. Cichocki. Tensor Decompositions: A New Concept in Brain Data Analysis? [Електронний ресурс] <https://arxiv.org/abs/1305.0395>
- 2 A. Cichocki. Era of Big Data Processing: A New Approach via Tensor Networks and Tensor Decompositions. Conference: International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, (SISA-2013) Sept.30–Oct.2, 2013, Nagoya, Japan.
- 3 Qiang Song, Brad S. Chissom. Fuzzy time series and its models. Fuzzy Sets and Systems. Volume 54, Issue 3, 25 March 1993, Pages 269–277.
- 4 Ярушкіна Н. Г. Современный интеллектуальный анализ нечетких временных рядов / Н. Г. Ярушкіна // Труды V-й Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления» (Коломна, 20-30 мая 2009 г.). В 2 т. Т. 1. – М.: Физматлит, 2009. – С. 19–29..

УДК 004.8

¹ **В.В. Моргун**

Аспірант

² **О.Ф. Волошин**

Доктор технічних наук, професор

^{1,2} *Факультет комп'ютерних наук та кібернетики КНУ імені Тараса Шевченка, м. Київ*

НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ЛЮДВИГА ВІТГЕНШТАЙНА І ЇХНЕ ВИКОРИСТАННЯ У КОГНІТИВНОМУ ПІДХОДІ ДО АНАЛІЗУ ТЕКСТІВ

Вступ. Людвіг Вітгенштайн – відомий австрійський філософ ХХ століття, один із засновників аналітичної філософії, в якій головною ціллю філософа вважається діяльність, що спрямована на аналіз мови і мовних виразів. У цьому напрямку філософії залишається важливим питання: як знання відрізняється від незнання та яким чином відбуваються наука і комплекс людського знання. Так чи інакше, всі людські знання формулюються в мові і задача філософа домогтися, щоб вирази, які використовують люди у прагненні до знання, були максимально адекватні заданій цілі [1]. Позицію вченого з приводу розумової комунікації та побутових стосунків у суспільстві Вітгенштайн висловив геніальним афоризмом у своєму “Логіко-філософському трактаті”: «Про те, що не можна сказати, треба мовчати». В своєму філософському трактаті вчений ставить два основних завдання світобудови: дослідження розумово-комунікативних властивостей природної мови, а також визначення зв'язків між пізнанням і мисленням. Таким чином, дослідник вперше визначає концептуальне поняття “Мовної картини світу”, яке виявилось дуже продуктивним і пізніше було розвинуто в когнітивістиці [2]. Трактат складається з семи афоризмів та сукупності їх пояснень та уточнень. Перші дві секції стосуються питань «онтології», в наступних чотирьох йде мова про образ світу і сьомий афоризм формулює невимовний аспект вмісту «Трактату». Важливим здобутком вченого можна вважати той факт, що він відійшов від суто лінгвістичного трактування речення як елемента тексту до речення як елемента когнітивного аналізу тексту — з боку відображення ним фрагментів реальної дійсності (таких, наприклад, як ситуація). А саме: дослідник розглядає речення як факт, що відзеркалює реальність і “вкладається” у мовний простір, а також виводить з нього когнітивні об'єкти, які даний факт складають. Отже, за Вітгенштайном, речення не є тотожним факту, а репрезентує його зміст.

Актуальність. Стрімкий розвиток інформаційних технологій актуалізує задачу встановлення розумної комунікації між людиною та інтелектуальною комп'ютерною системою. Досі в рамках окремих сучасних наук не вдалося отримати очікуваних результатів у створенні розумово-мовних систем, але в наш час основні дослідження в сфері Штучного інтелекту продовжуються в межах мультидисциплінарної науки — «когнітивістики», яка синтезує в собі методи психології, неврології, лінгвістики, інформатики, біології, соціології,

антропології, філософії свідомості та інших наук. Однією з важливих цілей на шляху когнітивного аналізу текстів, що написані природною мовою, є пропозиція і обґрунтування робочих структур — об'єктів операцій, які могли б стати так званими «Одиницями когнітивного аналізу» для розбору текстів з метою отримання Смислів. Людвіг Вітгенштайн сформулював свої теоретичні викладки у досить метафоричному вигляді — як «Мовні ігри» [3]. Застосовуючи літературний текст як матеріал для досліджень в широкому полі знань (наприклад, художні твори зі складною семантикою), вчений наблизився до розуміння того, що в діалозі партнери з комунікації намагаються «вловити» задуми одне-одного і тому мають спочатку побудувати смисли. Таким чином вчений наблизився до відкриття, що Смысл треба розглядати як когнітивне наближення до Задуму автора повідомлення. В той же час, повне співпадіння цих двох категорій є принципово проблематичним питанням. В «Філософських дослідженнях», автор запропонував підхід, оснований на пріоритеті правила, що не перенаправляє до інших понять. Тобто, «мовні ігри» — це поняття, що фіксує мовні системи комунікації, що є організованими за певними правилами, при порушенні яких відбувається вихід за межі конкретної гри. Тобто, дослідник вказує на те, що насправді під час контакту партнери з комунікації не завжди налаштовані говорити правду, а можуть «вести гру» за допомогою викривлення або ускладнення семантики чи прагматики власних тверджень. Тому існує комунікативна стратегія (Задум) партнера, яка реалізується тактикою спілкування (вибором адекватних лінгвістичних та психологічних засобів). Також при спілкуванні повинна існувати заборона на вихід за рамки спільного понятійного апарату; гра може бути зупинена.

Теоретичний підхід. Спираючись на ідеї видатного вченого минулого століття є доцільним розвинути деякі положення його теорії і застосувати до розробки нової когнітивної моделі «ТЕКСТ – СМИСЛ» [4]. В першу чергу для цього потрібно визначити поняття “розуміння” в термінах когнітивістики. Стосовно до автоматичного аналізу текстів природної мови, процес розуміння інформації являє собою сукупність операцій над Знаннями, і в цьому процесі повинні приймати участь Системи представлення Знань (онтології, Картини світу і т.ін.). Можна вважати, що інформація є зрозумілою для інтелектуальної системи, якщо вона активізувала певні “глибокі структури пам’яті” даної системи. Якщо активізація в системі відбулася, і при тому оцінена самою системою як прагматично-корисна, ми можемо розглядати цей акт як “засвоєння” інформації, тобто — її розуміння. Використовуючи аксіоми Вітгенштайна для створення онтології «Світ є сукупністю фактів, а не речей» і «Світ розпадається на факти», ми пропонуємо основні одиниці когнітивного аналізу текстів природної мови:

ОБ’ЄКТ/ІМ’Я = (Слово / Концепт)

ФАКТ = ІМ’Я.факт (Суб’єкт, Дія, Об’єкт, Атрибути) = (речення ПрМ)

ЯДРО ФАКТУ = (Суб’єкт, Дія, Об’єкт)

ПОДІЯ = ІМ’Я.подія (Причина, ФАКТ, Результат)

СИТУАЦІЯ = ІМ’Я.ситуація (слот1, слот2, слот3, ..., слот N),

де слоти 1, 2, 3 ... N являють собою страти Знань (тобто, відповіді на питання: Хто? Що відбулося? Де? Коли? Чому? Яким чином? Цілі? Результати? Яка оцінка? Та інші). Ситуація представляється у форматі Фрейма [5].

За допомогою наведених вище Одиниць когнітивного аналізу, які ускладнюються та створюють ієрархічну систему, стає можливим проаналізувати текст та розпізнати його Смысл. Смысл являє собою одне або декілька речень природної мови, які в максимально стислій формі і в мінімальному форматі відображують когнітивну (розумову) сутність фрагменту дійсності. Смысл є узагальненням тексту, яке націлене на виявлення авторського Задуму.

Висновки. Теоретичні ідеї, які є представленими в роботах Людвіга Вітгенштайна є актуальними для розробки сучасних методів смислового аналізу текстів ПрМ. Наприклад, “ігрові методи” вченого призвели до синтезу одиниць когнітивного аналізу. Вони можуть бути використані для подальшого розвитку парадигми “Розуміння через Смысл” і для більш глибокого розуміння текстів.

Список використаних джерел:

1. Святогор Л.А. Формалізація категорій для семантичного і прагматичного аналізу природно-мовних текстів. Міжнародна наукова конференція імені Т.А. Таран ІАІ- 2015. Збірник наукових праць. - К. Просвіта, 2015. - С. 203-210.
2. Вітгенштейн Л. Логіко-філософський трактат / Пер. з нім. і англ. І.С. Добронравов і Д.Г. Лахути. М.: Канон +; Реабілітація, 2008. 288 с
3. Вітгенштейн Л. Вибрані роботи / Пер. з нім. з англ. В. Руднева. М.: Територія майбутнього, 2005. 440 с
4. Мельчук І.А. Досвід теорії лінгвістичних моделей "Смысл – Текст". - М.: Школа «мови рос. культури», 1999 - 346 с.
5. Мінський М. Фрейми для представлення знань. М.: Мир, 1979.

УДК 519.8

Д.І. Ніколенко

Науковий співробітник

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

КОРПОРАТИВНА РОЗПОДІЛЕНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТУВАННЯ ТА ОБРОБКИ ФІНАНСОВИХ ДОКУМЕНТІВ З ЧИСЛОВИМИ І ТЕКСТОВИМИ ПОКАЗНИКАМИ У ТАБЛИЧНІЙ ФОРМІ

В корпоративних системах (міністерствах, національній і галузевих академіях наук тощо) ведеться централізоване планування та облік фінансових ресурсів підприємств, організацій, інших підрозділів у складі відповідної корпорації. Підготування та обробка електронних фінансових документів (ЕФД) у табличній формі є широко розповсюдженою і важливою частиною завдань централізованого планування та обліку фінансових ресурсів підрозділів корпорації.

Інформатизація процесів підготування, збирання та обробки ЕФД розглядається у доповіді на прикладі функціонально-орієнтованої підсистеми (ФОП) «Бюджет НАН України». Названа ФОП застосовується в НАН України для автоматизації обробки електронних документів, наряду з іншими РІТ такими, як РІТ науково-організаційної діяльності НАН України (РІТ НОД НАНУ), ФОП «Наукові і керівні кадри НАН України», Інтегрована система електронного документообігу Президії НАН України тощо [1, 2].

За допомогою ФОП «Бюджет НАН України» здійснюються такі технологічні операції над ЕФД у формі таблиць:

- підготування ЕФД у НУ НАН України;
- передавання підготовлених ЕФД у Президію НАН України;
- приймання ЕФД, перевірка, виявлення помилок та інформування наукових установ про виявлені помилки;
- завантаження у базу даних (БД) перевірених ЕФД;
- побудова зведених звітів;
- побудова аналітичних звітів.

ФОП «Бюджет НАН України» використовує типові процедури для приймання, перевірки, завантаження у БД таблиць різних форматів і призначення, як з числовою, так і з текстовою інформацією, а також для побудови зведених і аналітичних звітів. Гнучка структура БД дозволяє швидко налаштовувати довідники БД для зберігання, обробки різноманітних ЕФД нових типів, як з постійною, так і зі змінною структурою рядків і стовпців таблиць, з великою кількістю таблиць різної структури в кожному документі. Розроблено типову схему опису таблиць різної структури.

Це дозволяє досить швидко розробити нові шаблони для нового типу фінансових табличних документів (за тиждень), а також підготувати нові типові процедури для приймання, перевірки і завантаження у БД фінансових табличних

документів нового типу. Розробка процедур обробки документів нового типу здійснюється у декілька кроків.

Крок 1-й. Шаблони фінансових табличних документів розробляються і розсилаються до НУ разом з інструкцією щодо їхнього заповнення. Триває заповнення таблиць у НУ. **Крок 2-й.** Створюється типова структура БД для зберігання довідників і табличних документів, які будуть надходити. **Крок 3-й.** Розробляються типові процедури приймання, перевірки і завантаження у БД табличних документів нового типу. **Крок 4-й.** Автоматично приймаються ЕФД нового типу і одночасно доробляються нові типи автоматичних перевірок, якщо в цьому є потреба. **Крок 5-й.** Будуються типові процедури побудови зведених звітів. Структура, кількість, формати та інші особливості зведених звітів узгоджуються з замовником (здебільшого, це представники відділу фінансово-економічного забезпечення Президії НАН України). **Крок 6-й.** За окремими вимогами представників замовника створюються процедури для побудови аналітичних звітів.

Кроки з першого по п'ятий здійснюються в значній мірі паралельно один з одним. За рахунок цього від моменту появи завдання на обробку фінансових табличних документів нового типу до приймання електронних документів від НУ і побудови зведених звітів проходить не більше 25 днів (стандартний термін прийняття квартальних звітів від 180 НУ НАН України). У випадку табличних документів складної структури – до двох місяців, в окремих складних випадках – до трьох місяців. Аналітичні звіти потребують більше часу для підготовки за рахунок залучення даних за кілька років і нестандартної структури звітів, але і не вимагають великої терміновості (до місяця).

Висновки. Створена РІТ підготування та обробки фінансових планових і звітних документів у табличній формі може бути за короткий час впроваджена в інших корпоративних системах за рахунок використання типової структури бази даних і типових процедур для розглянутих технологічних операцій обробки ЕФД. Розробка аналогічних РІТ може здійснюватися з використанням сучасних мов програмування і сучасних середовищ розробки програмного забезпечення.

Список використаних джерел:

1. Gorbachuk V., Gavrilenko S., Golotsukov G., Nikolenko D. The digital tools for decentralized patent accounting and management. Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2021 (28 червня – 01 липня 2021 р.). Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. С. 135–139.
2. Хімич О.М., Івлічев В.П., Мальчевський І.А. та ін. Основи створення розподіленої інформаційної технології підтримки науково-організаційної діяльності НАН України. Наука та інновації, 2018, 14 (1):53–66.

УДК 004.67

С.П. Осипенко

інженер-програміст

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, м. Київ

СУЧАСНІ НАУКОВІ БІОМЕДИЧНІ ДОДАТКИ У КЛАСТЕРНИХ ТА ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Сучасні наукові дослідження стають все більш складними та ресурсомісткими. Зокрема це стосується і обчислень, пов'язаних із аналізом отриманих даних. Особливо добре це видно у сферах, які оперують великими об'ємами даних (фізика елементарних частинок, молекулярна біологія).

Щоб задовольнити потреби наукової спільноти у обчислювальних ресурсах створюються все більш потужні комп'ютерні платформи (CERN OpenStack Cloud, Cancer Genomics Cloud, Open Science Data Cloud, European Open Science Cloud), які містять сотні тисяч обчислювальних ядер, оперують екзабайтами інформації, та об'єднують тисячі науковців по всьому світу.

Всі ці досягнення спираються на сучасні підходи і технології, націлені не тільки на оперування великими обсягами інформації, але і на забезпечення відтворюваності наукових досліджень. Зокрема, це стосується і рішення про створення European Open Science Cloud. Найбільш популярними обчислювальними науковими платформами є хмарні платформи. По-перше, завдяки зменшенню витрат на колективне використання таких платформ. По-друге, завдяки гнучкості налаштувань та зручності використання. Наприклад, ці хмарні платформи дозволяють тимчасово розгортати складні віртуальні обчислювальні середовища. Прикладом такого середовища є віртуальний обчислювальний кластер (Slurm, MapReduce+Spark, Kubernetes та інші), який можна розгорнути з допомогою засобів автоматичного розгортання (Ansible, ElasticCluster) використовуючи хмарну платформу OpenStack, зокрема.

Нами набуто досвід тестового розгортання хмарного сервісу OpenStack, та використання в ньому віртуального кластера Slurm з метою тестування його можливостей в контексті сучасних наукових біомедичних обчислень та перенесення їх на більш класичний варіант кластера (СКІТ-4.5).

Проблема застосування сучасних програмних засобів на кластері полягає у тому, що програмні засоби стрімко розвиваються і стає складно тримати одночасно різні версії програм на одному кластері, для забезпечення відтворюваності обчислювальних середовищ.

Вирішити цю проблему допомагає технологія контейнеризації додатків Singularity, яка добре пристосована для використання у кластерних середовищах.

Було створено контейнеризований додаток для вирішення задач лінійної класифікації з використанням негладкої оптимізації (застосовано розроблений Ю.П. Лаптіним програмний модуль NonSmoothLC) у програмному середовищі R, яке де-факто є стандартним інструментом для проведення біомедичних обчислень [1-4].

Як на віртуальному кластері Slurm, розгорнутому у OpenStack, так і на «класичному» кластері перевірена можливість масштабування обчислень пов'язаних із задачею крос-валідації. Ця задача добре піддається масштабуванню, тому що незалежні процеси не мають потреби в інтенсивному обміні даними. Тестовий набір даних є множиною генних експресій (249 змінні, 152 спостереження) виокремленою з 20 тис., як найбільш інформативні ознаки для побудови моделі класифікації. Для тестування можливостей масштабування обчислень була обрана 36-кратна крос-валідація, та виконане емпіричне вивчення залежності часу обчислень від кількості паралельно працюючих процесів (див. рис. 1) на розділі SKIT-4.5 кластеру Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Одержано нелінійну залежність між розглянутими змінними. Оптимальна кількість процесів для цієї конкретної задачі дорівнює 4.

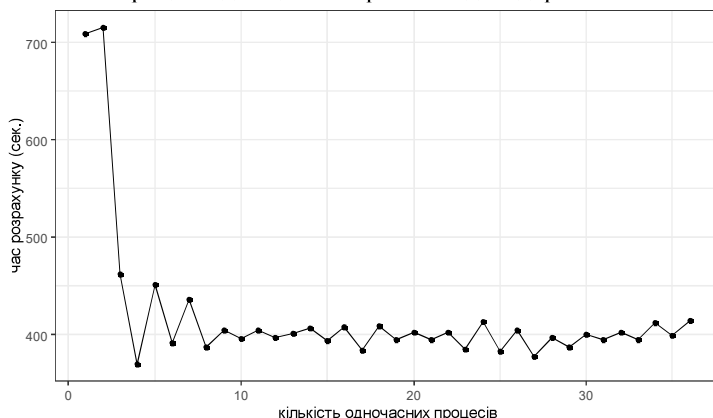


Рис.1 Залежність часу розрахунків від кількості паралельних процесів

Список використаних джерел:

1. Zhuravlev Y. I., Laptin Y. P., Vinogradov A., Zhurbenko N., Lykhovyd O., Berezovskyi O. Linear classifiers and selection of informative features // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2017. – Т. 27, № 3. – С. 426-432.
2. Шор Н. З., Журбенко Н. Г. Метод минимизации, использующий операцию растяжения пространства в направлении разности двух последовательных градиентов // *Кибернетика*. – 1971. № 3. – С. 51–59.
3. Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения. / Шор Н. З. – Киев: Наук. думка, 1979.
4. Bardadym T.O., Gorbachuk V.M., Novoselova N.A., Osypenko S.P., Skobtsov V.Yu., Intelligent analytical system as a tool to ensure the reproducibility of biomedical calculations // *Artificial Intelligence*, no. 3, pp. 65-78, 2020.

О.Провотар
О.Ількун
Т.Провотар

ДОСТОВІРНІСТЬ НЕЧІТКИХ РІШЕНЬ В ЗАДАЧАХ РОЗПІЗНАВАННЯ

В роботі розглядаються методи розпізнавання вторинної структури ДНК [1] за допомогою нечітких систем логічного виведення. Завдання полягає в наступному: необхідно побудувати нечітку систему логічного виведення, яка за довільною амінокислотною послідовністю визначала б вторинну структуру центрального залишку вхідної послідовності.

Для розв'язання цієї задачі, як відомо [2,3], необхідно спроектувати нечітку систему за навчаючими вибірками і скористатися процедурою логічного виведення Мамдані для розпізнавання вторинної структури центрального залишку.

Для задачі, яка сформульована вище (як і для багатьох інших класів задач), дуже важливим є питання точності розпізнавання. У зв'язку з цим в роботі пропонується підхід до обчислення достовірності одержаних результатів розпізнавання. В основі такого підходу лежить поняття нечіткої події

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in X\}$$

та, відповідно, ймовірності нечіткої події, яка може бути обчислена за формулою

$$P(A) = \sum_{x \in A} \mu_A(x) P(x),$$

де $P(x)$ – функція розподілу ймовірностей.

Ймовірності гіпотез (правил нечіткого логічного виведення) обчислюються як умовні за Демпстером ймовірності [4]. Тоді вторинна структура центрального залишку може бути визначена за узагальненою на нечіткий випадок формулою повної ймовірності

$$P(B') = \sum P(B_i / A_1, A_2, \dots, A_m) P(B' / A'_1, A'_2, \dots, A'_m),$$

де A'_1, A'_2, \dots, A'_m – входи системи, B' – вихід системи, A_1, A_2, \dots, A_m – умови окремих правил системи, B_i – виходи окремих правил системи.

Список використаних джерел:

1. Lesk, A.: Introduction to Bioinformatics (in Russian). *LabaratoriaZnaniy, Moscow* (2009)
2. Sergienko I.V., Provotar O.A. Recognition of DNA secondary structure by fuzzy inference systems. *International Scientific Journal Cybernetics and Systems Analysis*. 50, №1 (2014).
3. Provotar, A.I., Lapko, A.V., Provotar, A.A.: Fuzzy Inference Systems and Their Applications. *International Scientific Journal Cybernetics and Systems Analysis*. 49, 517 (2013).
4. Buckley J.J. Fuzzy Probabilities. *Physica-Verlag, Heidelberg, Germany* (2003).

¹ Д. Рошко

Здобувач вищої освіти факультету математики та цифрових технологій

² П. Мулеса

Доцент кафедри кібернетики і прикладної математики, кандидат технічних наук

¹⁻² Ужгородський Національний Університет

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Сприйняття - це відображення у психіці людини предметів і явищ навколишнього середовища загалом під час їхньої безпосередньої дії. Воно постає як цілісне відображення предметів та явищ під час їхнього впливу. Надалі цим оперує пам'ять, емоції, увага, почуття. Всім добре відомий факт, що зорове сприйняття набагато краще засвоюється та концентрує увагу, аніж слухове. Зважаючи на особливості мислення сучасної молоді, доцільно впроваджувати нові методики викладання. Ось чому візуалізація даних при вивченні значно полегшує роботу з складним матеріалом. Залучення технологій візуалізації дозволяє не тільки вирішити проблеми адаптації програмного забезпечення і матеріальні складнощі, але й сприяє розв'язанню однієї з перших проблем сучасної освіти, а саме - стимулювання інтересу до навчання, розвиток пізнавального інтересу, оскільки традиційні навчальні посібники не в повній мірі відповідають вимогам «цифрових велетнів», які прагнуть встигнути все і відразу, швидко абстрагуються від не цікавих моментів. [1]

Якщо ж дивитися з іншого боку, то часто виникає проблема в аспекті уваги, тому при поданні теми візуалізованими даними, потрібно пам'ятати про чіткість, лаконічність, та мінімалістичність. Варто відмовитись від надмірної анімації та інших речей, котрі відволікають увагу від основного матеріалу.

На сьогодні є створено багато інструментів для полегшення підготовки візуалізованих даних, наприклад : Visme (<https://www.visme.co/>), Easel.ly (<https://www.easel.ly/>), Google Charts (<https://developers.google.com/chart/>), Word it Out та багато інших. Всі вони допомагають швидко та якісно створювати інфограми, гістограми, шаблони та хмари слів. Ще одним чудовим методом є застосування технологій доповненої реальності, що дозволяє викладачеві показати об'єкти вивчення з різних боків, допомогти учням розкрити його нові властивості, побачити нові грані досліджуваного предмету. [2]

Проведене дослідження не вичерпує всієї глибини проблеми використання технологій візуалізації. Стоїть питання підготовки майбутнього викладача до ефективного застосування технологій візуалізації у власній педагогічній діяльності.

Список використаних джерел:

1. <https://sites.google.com/site/portfoliozukovskanv/opis-vlasnogo-dosvidu>
2. Ю.О. Лямов : Технология дополненной реальности // Современная техника и технологии. – 2014. – № 9.

УДК 004.67:004.8

¹ **А.В. Селіванова**

к.т.н., доцент кафедри ІТтаКБ

² **А.С. Винник**

магістр

^{1,2} *Одеська національна академія харчових технологій, Одеса*

МОНИТОРИНГ АКТУАЛЬНОСТІ ЗМІСТУ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН З МЕТОЮ ПРИВЕДЕННЯ ЙОГО У ВІДПОВІДНІСТЬ ДО ВИМОГ СТЕЙКХОЛДЕРІВ ІТ ГАЛУЗИ

Вступ. В наш час невід’ємною складовою наукової діяльності є якість освіти. Щоб досягти європейського рівня та увійти у світовий освітній простір Україні необхідне реформування та модернізація національної системи освіти. Для забезпечення цього процесу, а саме розширення мобільності та доступу до Європейської освіти використовується моніторинг системи освіти. Сьогодні більшість уваги приділяється підготовці потенційного спеціаліста та адаптація його до сучасного ринку праці. Розробка теоретичних основ організації процесу освіти студентів в інтегральному освітньому просторі вищого навчального закладу з урахуванням системного, компетентного і інтегративно-модульного підходів дозволяє виявити педагогічні умови для використання міжпредметних зв’язків як засобу освіти студентів у закладах вищої освіти [1]. Для визначення рівня освіти та якості освітніх програм сучасні закордонні заклади вищої освіти почали використовувати системи моніторингу. Такий метод допомагає не тільки викладачам відстежувати рівень освіти, а і студентам, як споживачам освітніх послуг, відстежувати якість освітніх програм, а саме змістове наповнення. Саме дисципліни, що викладаються є основною складовою професійної підготовки майбутніх кваліфікованих фахівців.

Дослідженню питання моніторингу освітнього процесу присвячені роботи багатьох науковців, зокрема Н. Байдацької [2], Г. Єльнікової [3], О. Ляшенко [4] та ін.

Розробка ефективних інформаційних систем моніторингу та підтримки прийняття рішень в освітній сфері пов’язана з необхідністю обробки великих обсягів різномірної інформації. Найбільш складним при створенні системи моніторингу навчальних дисциплін є виявлення критеріїв оцінки якості, що мають бути враховані при виробленні рекомендацій а також отримання даних від різних категорій користувачів, а саме викладачів, студентів, представників індустрії.

Дослідження публікацій останніх років та аналіз проблеми дозволить зробити припущення, що модель моніторингу навчальних дисциплін можна представити у вигляді (1):

$$M = f(F, V, S), \quad (1)$$

де

F – експертне судження ІТ фахівця;

V – експертне судження викладача;

S – оцінка студента;

Експертна думка фахівців та викладачів за дисципліною надається за наступними показниками:

$$F_i = \{T, M\}, \quad (2)$$

$$V_i = \{T, M\}, \quad (3)$$

де

T – стек технологій, що мають бути представлені у змісті дисципліни;

M – мови програмування, що мають бути застосовані при викладанні дисципліни;

Оцінка дисципліни студентом надається за наступними показниками:

$$S_i = \{T, M, O, F_p\}, \quad (4)$$

де

T – технології, які представлені у змісті дисципліни;

M – мови програмування, що застосовані при викладанні дисципліни;

O – оцінка якості викладання;

F_p – форми проведення занять, що застосовані при викладанні дисципліни.

На рис. 2 показана структурна схема веб-системи KitStat, у яку впроваджено модель (1) і яка здійснює процес моніторингу, забезпечує збір та аналіз інформації.



Рисунок 1 – Структурна схема системи KitStat

За допомогою вбудованих у систему анкет здійснюється опитування трьох категорій респондентів (студентів, викладачів та ІТ фахівців). За результатами опитування будуються рейтинги дисциплін, мов програмування та технологій. Також передбачено функцію для накопичення рекомендацій ІТ фахівців (рис. 2).

Висновки. Результати дослідження реалізовані у веб-додатку, який надає можливість проводити моніторинг якості викладання дисциплін з огляду на думку студентів та моніторинг сучасних технологій, що мають викладатись у дисциплінах з огляду на думку викладачів та ІТ фахівців, що дозволяє підвищити якість викладання дисциплін. Наразі зараз представлено результати для дисциплін ІТ галузі, зокрема веб-програмування. У подальшому планується доопрацювати модель та доповнити ресурс анкетами, що відповідають вимогам більш широкого кола дисциплін.

УДК 519.6

¹В. В. Семенов

д.ф.-м.н., професор кафедри обчислювальної математики

²С. В. Денисов

асистент кафедри обчислювальної математики

^{1, 2} Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

АЛГОРИТМ ОПЕРАТОРНОЇ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ ДЛЯ ВАРІАЦІЙНИХ НЕРІВНОСТЕЙ

Запропоновано новий алгоритм для розв'язання варіаційних нерівностей в банаховому просторі, який є адаптивним варіантом «forward-reflected-backward algorithm» [1], де використовується правило поновлення величини кроку, що не вимагає знання ліпшицевої константи оператора [2]. Крім того, замість метричної проекції на допустиму множину використовується узагальнена проекція Альбера. Для варіаційних нерівностей з монотонними, ліпшицевими операторами, що діють в 2-рівномірно опуклому та рівномірно гладкому банаховому просторі, доведена теорема про слабку збіжність методу.

Нехай E – 2-рівномірно опуклий та рівномірно гладкий банахів простір [3], C – непорожня підмножина простору E та A – оператор, що діє з E в спряжений простір E^* . Розглянемо варіаційну нерівність:

$$\text{знайти } x \in C : \langle Ax, y - x \rangle \geq 0 \quad \forall y \in C, \quad (1)$$

множину розв'язків якої позначимо S . Припустимо, що виконані умови: множина $C \subseteq E$ опукла та замкнена; оператор $A: E \rightarrow E^*$ монотонний та ліпшицевий з константою $L > 0$ на C ; $S \neq \emptyset$.

Розглянемо нормалізоване дуальне відображення $J: E \rightarrow 2^{E^*}$, що діє таким чином $Jx = \left\{ x^* \in E^* : \langle x^*, x \rangle = \|x\|^2 = \|x^*\|_*^2 \right\}$, та функціонал Альбера [4]

$$\phi(x, y) = \|x\|^2 - 2\langle Jy, x \rangle + \|y\|^2 \quad \forall x, y \in E.$$

Відомо, що для деякого $\mu \geq 1$ виконується нерівність

$$\phi(x, y) \geq \frac{1}{\mu} \|x - y\|^2 \quad \forall x, y \in E. \quad (2)$$

Нехай K – непорожня замкнена та опукла підмножина простору E . Відомо [4], що для кожного $x \in E$ існує єдина точка $z \in K$, така, що $\phi(z, x) = \inf_{y \in K} \phi(y, x)$.

Цю точку z позначають $\Pi_K x$, а відповідний оператор $\Pi_K: E \rightarrow K$ називають узагальненою проекцією E на K (узагальненою проекцією Альбера) [4].

Припустимо, що відома константа $\mu \geq 1$ з нерівності (2).

Алгоритм 1.

Обираємо $x_0 \in E$, $x_1 \in E$, $\tau \in \left(0, \frac{1}{2\mu}\right)$, $\lambda_0, \lambda_1 > 0$. Покладемо $n = 1$.

1. Обчислити

$$x_{n+1} = \Pi_C J^{-1} \left(Jx_n - \lambda_n Ax_n - \lambda_{n-1} (Ax_n - Ax_{n-1}) \right).$$

2. Якщо $x_{n-1} = x_n = x_{n+1}$, то СТОП, інакше перейти до 3.

3. Обчислити

$$\lambda_{n+1} = \begin{cases} \min \left\{ \lambda_n, \tau \frac{\|x_{n+1} - x_n\|}{\|Ax_{n+1} - Ax_n\|_*} \right\}, & \text{якщо } Ax_{n+1} \neq Ax_n, \\ \lambda_n, & \text{інакше.} \end{cases}$$

1. Покласти $n := n + 1$ та перейти до 1.

Ясно, що послідовність (λ_n) незростаюча та обмежена знизу числом $\min\{\lambda_1, \tau L^{-1}\}$. Для послідовності (x_n) , що породжена алгоритмом 1, має місце

$$\begin{aligned} -2 \langle \lambda_n Ax_n + \lambda_{n-1} (Ax_n - Ax_{n-1}), y - x_{n+1} \rangle &\leq \\ &\leq \phi(y, x_n) - \phi(x_{n+1}, x_n) - \phi(y, x_{n+1}) \quad \forall y \in C. \end{aligned} \quad (3)$$

Нерівність (3) дає обґрунтування правила зупинки. Дійсно, коли $x_{n-1} = x_n = x_{n+1}$, то з (3) випливає $\langle Ax_n, y - x_n \rangle \geq 0 \quad \forall y \in C$, тобто, $x_n \in S$.

Лема 1. Для породженої алгоритмом 1 послідовності (x_n) та $z \in S$ має місце нерівність

$$\begin{aligned} \phi(z, x_{n+1}) + 2\lambda_n \langle Ax_n - Ax_{n+1}, x_{n+1} - z \rangle + \tau\mu \frac{\lambda_n}{\lambda_{n+1}} \phi(x_{n+1}, x_n) &\leq \\ \leq \phi(z, x_n) + 2\lambda_{n-1} \langle Ax_{n-1} - Ax_n, x_n - z \rangle + \tau\mu \frac{\lambda_{n-1}}{\lambda_n} \phi(x_n, x_{n-1}) - \\ - \left(1 - \tau\mu \frac{\lambda_{n-1}}{\lambda_n} - \tau\mu \frac{\lambda_n}{\lambda_{n+1}} \right) \phi(x_{n+1}, x_n). \end{aligned}$$

Теорема 1. Нехай C – непорожня опукла та замкнена підмножина 2-рівномірно опуклого та рівномірно гладкого простору E , $A: E \rightarrow E^*$ – монотонний та ліпшицевий оператор, $S \neq \emptyset$. Припустимо, що нормалізоване дуальне відображення J секвенційно слабо неперервне. Тоді породжена алгоритмом 1 послідовність (x_n) слабо збігається до деякої точки $z \in S$.

Список використаних джерел:

1. Malitsky Y., Tam M. K. A Forward-Backward Splitting Method for Monotone Inclusions Without Cocoercivity. SIAM J. on Optim. 2020. Vol. 30. No. 2. P. 1451-1472
2. Denisov S. V., Semenov V. V., Stetsyuk P. I. Bregman Extragradient Method with Monotone Rule of Step Adjustment. Cybernetics and Systems Analysis. 2019. Vol. 55. Issue 3. P. 377-383.
3. Beauzamy B. Introduction to Banach Spaces and Their Geometry. Amsterdam: North-Holland, 1985. 307 p.
4. Alber Y. I. Metric and generalized projection operators in Banach spaces: properties and applications. In: Theory and Applications of Nonlinear Operators of Accretive and Monotone Type, vol. 178. New York: Dekker, 1996. P. 15-50.

УДК 519.8

¹ **Н.В. Семенова**

д. ф.-м. н., п. н. с.

² **В.О. Колечкін**

аспірант

^{1,2} *Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ*

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ВЕКТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ НА КОМБІНАТОРНИХ КОНФІГУРАЦІЯХ З НЕЧІТКО ЗАДАНИМИ ДАНИМИ

У даній роботі формулюється постановка задачі векторної оптимізації на комбінаторній конфігурації перестановок як задачі з нечітко заданими даними. Нечіткість задана у першому випадку у функціях критеріїв, у другому – в обмеженнях задачі. Таким чином, принцип Еджворта–Парето [1] поширюється на більш широкий клас багатокритерійних задач.

При формулюванні задачі багатокритерійної оптимізації як вимоги до оптимальності розв'язків вводиться умова обов'язкового задоволення всіх часткових критеріїв і обмежень, а саме: у точці оптимуму всі функції належності до множини оптимальних розв'язків мають бути відмінними від нуля, а критерії в точці оптимуму мають задовольнятися з максимально можливою мірою. При цьому збільшення значення узагальненого критерію не повинно відбуватися при поліпшенні значення одних показників якості за рахунок погіршення інших. У термінології теорії прийняття рішень остання вимога еквівалентна умові належності точки оптимуму множині Парето.

Розглядається векторна задача комбінаторної оптимізації

$$Z(F, X) : \max \left\{ F(x) \mid x \in X \subset R^n \right\}, F(x) = (f_1(x), \dots, f_l(x)),$$

$$f_i : R^n \rightarrow R, i \in N_l, X = \text{vert } \Pi_{nk}(A) \cap C \neq \emptyset, \Pi_{nk}(A) = \text{conv } P_{nk}(A),$$

де $P_{nk}(A)$ – комбінаторна множина перестановок, $C \subset R^n$ – опуклий многогранник. На множині X задана нечітка підмножина $\tilde{X} = \{x, \mu_{\tilde{X}}(x)\}$, $x \in X$, а $\mu_{\tilde{X}}(x) : X \rightarrow [0, 1]$ – функція належності нечіткій множині \tilde{X} [2]. Як максимізацію будемо розуміти вибір нечіткої підмножини \tilde{D} з нечіткої множини \tilde{X} , якій відповідає найбільше значення, як векторної функції F , так і функції належності $\mu_{\tilde{X}}(x)$ нечіткій множині альтернатив. Ці альтернативи в задачах багатокритерійної оптимізації називаються ефективними (оптимальними за Парето). У роботах [3, 4] досліджено векторні задачі на нечітко заданих комбінаторних множинах. Цікавим є випадок, коли багатокритерійна задача оптимізації є задачею з нечіткою метою. Нечіткою метою на допустимій множині X будемо називати деяку її нечітку підмножину.

Отже, розглянемо оптимізаційну задачу з нечітко заданим векторним критерієм. Така задача передбачає знаходження допустимих розв'язків $x \in X$, які

задовольняють обмеження: $f_i(x) \in \tilde{G}_i$, $f_i: R^n \rightarrow R$, $i \in N_I$, $x \in \tilde{X}$,

де \tilde{G}_i , $i \in N_I$, нечітка множина з функцією належності вигляду:

$$\mu_{\tilde{G}_i}(x) = \begin{cases} 1, & f_i(x) \leq g_i, \\ 1 - \frac{f_i(x) - g_i}{t_i}, & g_i < f_i(x) < g_i + t_i, \\ 0, & f_i(x) \geq g_i + t_i. \end{cases}$$

Тут $g_i, i \in N_I$, — задані значення критеріальних функцій $f_i(x)$, досягнення яких вважається достатнім з погляду особи, що приймає рішення, для виконання поставленої мети. Отже, вхідну задачу сформулюємо у вигляді задачі досягнення нечітко визначеної мети, до якої можна застосувати підхід Беллмана–Заде [5], що полягає у розгляді мети і допустимої множини як рівноважливих нечітких множин деякої універсальної множини X . Це дозволяє в залежності від специфіки задачі подати її розв'язок у відносно простому вигляді. Множину допустимих альтернатив на множині X з функцією належності $\mu_{\tilde{F}}(x)$ позначимо

символом \tilde{F} . Отже, нечітким розв'язком \tilde{D} задачі досягнення нечіткої мети називається перетин нечітких множин мети й обмежень, тобто $\tilde{D} = \tilde{G} \cap \tilde{F}$. Функція належності $\mu_{\tilde{D}}(x)$ розв'язку буде мати такий вигляд:

$$\mu_{\tilde{D}}(x) = \min \{ \mu_{\tilde{G}}(x), \mu_{\tilde{F}}(x) \}.$$

Для розв'язування зазначеної задачі використовується двоетапний підхід, який полягає на першому етапі у зведенні методом ідеальної точки векторної задачі до скалярної (однокритеріальної), яка на другому етапі розв'язується горизонтальним методом комбінаторної оптимізації [6] з використанням нечітких графів многогранників комбінаторних конфігурацій.

Список використаних джерел:

1. Ногин В. Д. Принцип Эджворта–Парето и относительная важность критериев в случае нечеткого отношения предпочтения. *Журнал вычислит. математики и мат. физики*. 2003. Т. 43, № 11. С. 1666–1676.
2. Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Inform. and Control*. 1965. V. 8. P. 338–353
3. Семенова Н.В., Колечкіна Л.М. Векторні задачі дискретної оптимізації на комбінаторних множинах: методи дослідження та розв'язання. К.: Наук. думка, 2009. 266 с.
4. Семенова Н.В., Колечкіна Л.Н., Нагорная А.Н. Векторные задачи оптимизации с линейными критериями на нечетко заданном комбинаторном множестве альтернатив. *Кибернетика и систем. анализ*. 2011. № 2. С. 77–87.
5. Bellman R.E., Zadeh L.A. Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*. 1970. Vol. 17, N 4 P. 141–164.
6. Донець Г.П., Колечкіна Л.М. Екстремальні задачі на комбінаторних конфігураціях. Полтава: РВВ ПУЕТ, 2011. 309 с.

УДК 519.816

Д.І. Симонов

Аспірант

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ

ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНОЇ НЕКООПЕРАТИВНОЇ ГРИ ДЛЯ ПОШУКУ РІШЕННЯ ПРО РОЗВИТОК ПРОДУКТУ

Вступ. Стрімке зростання населення планети разом з різким прискоренням промислового виробництва в багатьох частинах світу спровокували безпрецедентні за масштабом зміни природного середовища. Як наслідок, в Україні стає актуальним питання якості процесу водопостачання яке виконує монополіст – державні установи, тобто споживач не має можливості обирати постачальника та безпосередньо впливати на його рішення. Що є класичними умовами некооперативної гри [1].

Основна частина. На сьогоднішній день переважна більшість регіонів України отримує послуги незадовільної якості: вода подається за графіком, а її якість не дозволяє використовувати її без додаткового очищення. Припустимо, що оптимальний рівень послуг $X(t)$, а $F(X(t))$ – функція потенціалу використання ресурсу для надання якісних послуг. Розрахунок досягнення оптимального рішення єдиного власника ресурсу, де постачальник і споживач не мають можливості формувати коаліції і координувати свої дії, буде продемонстровано за допомогою динамічної некооперативної гри [2].

Вважаючи, що постачальник послуг повинен забезпечити відшкодування витрат на виробництво товарів і послуг, то доцільно розглядати ситуацію з позиції економічних показників. Відповідно, розглядатиме $X(t)$ як форму природного капіталу. Передбачається, що послуги, що надаються споживачам, задовольняють санітарним нормам. Динаміка запасів водних ресурсів, які перетворюються у «послугу», впливають на рівень технологічного навантаження для отримання якісного продукту, можливо виразити як:

$$\frac{dx}{dt} = F(X(t)) - V(t) \quad (1)$$

Зміна запасу водних ресурсів з часом дорівнює різниці споживання та поповнення, отже функція виробництва послуг отримає вигляд:

$$V(t) = kT(t)X(t) \quad (2)$$

де k - коефіцієнт виконання плану виробництва, а T - рівень технологічного навантаження для отримання якісного продукту (води).

Припустимо, що початковий вектор $X(0) = X_0$, а рівень запасів $X(t) \geq 0$. Фінансовий результат від надання послуг водопостачання в кожен момент часу:

$$F(X(t), T(t)) = pV(t) - cT(t) = T(t)(pkX(t) - c) \quad (3)$$

де F – фінансовий результат, p – ціна на послугу, а c – собівартість на одиницю.

Відповідно, цільова функція, де PV – наведена вартість:

$$PV(T(t)) = \int_0^{+\infty} e^{-\delta t} (pkX(t) - c) dt \quad (4)$$

Так як вплинути на рівень наповнення водойм за допомогою опадів не має можливості, то зростання цільової функції можливо досягти за допомогою технологічних та процесних покращень, що дозволить в подальшому надавати послуги відповідної якості. Після досягнення оптимального рівня $X(t)$, який позначимо як $X^*(t)$, виконавець послуг водопостачання буде надавати якісні послуги в повному обсязі на постійній основі. Таким чином, знайти $X^*(t)$, та норму прибутку можливо за допомогою наступного рівняння:

$$F'(X^*(t)) - \frac{c'(X^*)F(X^*)}{p - c(X^*)} = F'(X^*(t)) - \frac{c'(X^*)F(X^*)}{p - \frac{c}{kX}} = \delta, \quad (5)$$

Оцінку оптимального шляху розвитку виробництва: організації технологічних та процесних покращень, тобто при досягненні $X(t) = X^*$, можна розрахувати за допомогою змін значення $T(X)$.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } X(t) < X^* \\ F(X^*)/kX^*, & \text{якщо } X(t) = X^* \\ T_{max}, & \text{якщо } X(t) > X^* \end{cases} \quad (6)$$

Рівняння (6) демонструє, що якщо $X(t) < X^*$, то доцільно робити інвестиції в розвиток технології та процесів. Якщо $X(t) > X^*$, то рекомендовано переглянути інвестиційну програму та скоротити інвестування в $X(t)$. Якщо $X(t) = X^*$, то досягнута оптимальна норма фінансування, керівництво на власний роздум обирає подальшу стратегію інвестування, або відмови від інвестицій в $X(t)$.

Висновки. Наведена модель розрахунку демонструє лише можливості використання власних ресурсів державного монополіста з водопостачання. Але враховуючи сферу послуг, та її соціальну важливість, для прискорення досягнення необхідного рівня якості повинна бути розроблена державна програма підтримки. Застосування динамічної моделі надає можливість оперативного корегування дій організації відповідно до отриманих результатів на певній ітерації.

Список використаних джерел:

1. Горбачук В.М. Методи індустріальної організації. Кейси та вправи: Економіка та організація виробництва. Економічна кібернетика. Економіка підприємства. Київ: А.С.К. 2010. – с.20-21.
2. Marilda Sotomayor, David Pérez-CastrilloFilippo Castiglione. Complex Social and Behavioral Systems. Game Theory and Agent-Based Models. New York: Springer, 2020. P. 61-82.

Г.В. Сугак

студент 2 курсу магістратури

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОГОДИ

Підвищення достовірності прогнозу погоди і пов'язаних з цим надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань інтелектуального аналізу метеорологічних даних.

Тривалий час дані про погоду для її прогнозу збиралися виключно на великих метеостанціях, що не давало можливості відслідковувати погодні умови на невеликих ділянках. Але з появою мікроконтролерів і поширенням інтернету з'явилася можливість збирати дані з різних датчиків [1], через що з'явилась велика кількість метеорологічних даних, які потребують аналізу для можливості отримання більш точного прогнозу погоди.

Метою даної роботи є визначення найкращих методів та їх комбінацій для аналізу метеорологічних даних.

Задачі, які вирішувались в даній роботі, були наступними:

1. Проаналізувати вже існуючі статистичні методи аналізу даних, які були визнані корисними дослідниками клімату для вивчення різних властивостей кліматичної системи.

2. Застосування методів аналізу даних на реальних метеорологічних даних для отримання висновків щодо ефективності певних методів для досліджень погоди.

У даній роботі представлені такі статистичні методи, як: кореляційний аналіз, частотний розподіл, аналіз часових рядів, корекція упередженості, аналіз екстремальних значень, регіоналізація та ансамбль методів.

Фундаментальною концепцією аналізу двовірних наборів даних (двох змінних) є кореляційний аналіз — це кількісна міра того, наскільки сильно взаємопов'язані змінні.

Частотний розподіл описує випадкові компоненти клімату за допомогою розподілу значень, які може приймати змінна клімату. За допомогою цього метода можливо зробити: сортування даних вибірки за розміром; поділ на класи; підрахунок кількості точок даних, які потрапляють до певного класу; побудова графіків частоти появи за допомогою таблиці частот або гістограм.

Завдання аналізу часових рядів полягає у використанні даних для оцінки параметрів, що описують тенденцію, мінливість та інші компоненти. Для даного аналізу представлені такі методи, як: лінійна регресія, ковзна середня, гнучкий аналіз тенденцій, порівняння різних часових зрізів. Мінливість кліматичних змінних може бути розкладена на різні класи.

У контексті кліматичного моделювання упередження означає систематичне відхилення змінної кліматичної моделі від спостережуваного аналога. Зазвичай вважається, що упередженість пов'язана з неадекватними формулюваннями

моделей, корінням яких є наші неповні знання про кліматичні процеси та обмежені можливості наших комп'ютерів [2]. Одним із засобів вирішення цієї дискомфортної ситуації є виправлення результатів кліматичної моделі таким чином, щоб упередженість зникала.

Аналіз екстремальних значень вибирає екстремальні значення з набору даних для аналізу максимальних значень за певні часові періоди.

Методи регіоналізації уточнюють просторову інформацію за результатами глобальних кліматичних моделей, що називається зменшенням масштабу. Існує два підходи до зменшення масштабування — через вкладені регіональні кліматичні моделі та через статистичні моделі.

Ансамбль методів в статистиці використовує кілька алгоритмів з метою отримання кращої ефективності прогнозування, ніж могли б отримати від кожного алгоритму окремо [4]. Ансамбль моделювання моделей може складатися з різних моделей, але лише з одного сценарію (мультимодельний ансамбль), однієї моделі та різних сценаріїв (ансамбль із декількох сценаріїв), однієї моделі та різних схем параметризації (багатопараметричний ансамбль) або одна модель, одна схема параметризації та різні реалізації (багаточленний ансамбль).

Список використаних джерел:

1. Історія та майбутнє інтернету речей, 2019.
2. URL: <https://www.itransition.com/blog/iot-history/>
3. Kallache M, Vrac M, Naveau P, Michelangeli P-A, Nonstationary probabilistic downscaling of extreme precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 2011
4. Regional climate projections, Christensen JH, Hewitson B, Busuioc A, Chen A, Gao X, Held I, Jones R, Kolli RK, Kwon WT, Laprise R, Magaña Rueda V, Mearns L, Menéndez CG, Räisänen J, Rinke A, Sarr A, Whetton P, 2007
5. Ensemble Methods: Foundations and Algorithms, Zhou Zhihua, Chapman and Hall/CRC, 2012

УДК 519.11.176

Н.К. Тимофієва

МННЦІТiС НАН та МОН України, м.Київ

ДЕЯКІ СПОСОБИ ВИХОДУ ІЗ СИТУАЦІЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ЗАДАЧАХ СЕМАНТИКИ

Вступ. Прикладні задачі різних класів, як правило, розв'язуються в умовах невизначеності. Вивченню цієї проблеми та її вирішенню присвячено багато літератури, наприклад [1, 2]. Ця ситуація різної природи в тому чи іншому вигляді виникає в процесі розв'язання задач семантики і є загальним випадком, а прийняття рішень без її врахування – частковим випадком. Нижче розглядаються різні види невизначеності, які виникають при розв'язанні задач цього класу.

Постановка проблеми та мета дослідження. Для знаходження оптимального результату при розв'язанні задач семантики в умовах невизначеності, який би задовольняв меті дослідження, необхідно провести аналіз цієї ситуації та встановити її причину. Це дає можливість визначити підхід до її усунення шляхом використання відомих підходів, або розробляти нові.

Основна частина. Задачі семантики потребують встановлення суті певного об'єкта та відносяться до задач розпізнавання. До задач цього класу віднесемо розпізнавання образів, мовлення, дитячого, жіночого, чоловічого голосів, задача багатодикторного мовлення, задача клінічної діагностики порівняння текстів з метою встановлення плагіату, криптографія, дешифрування забутих писемностей, переклад текстів з однієї мови на іншу. В літературі, як правило, досліджують ситуацію невизначеності, пов'язану з неповною вхідною, поточною та нечіткою інформацією. Але невизначеність в задачах семантики має інші прояви. Вона пов'язана з неоднозначністю результату, одержаного за змодельованою цільовою функцією або вибраною мірою подібності у разі нечіткої вхідної інформації, який не задовольняє меті дослідження; з вибором способу оцінки точності роботи певного алгоритму; з особливою структурою множини комбінаторних конфігурацій, що є аргументом цільової функції; з нечітко розробленими правилами обробки та оцінки інформації; з неоднозначністю при виборі оптимального розв'язку за кількома критеріями в багатокритеріальній оптимізації та інші. Вирішення цієї ситуації проводиться різними способами в залежності від її видів.

Оскільки задачі цього класу зводяться до задач комбінаторної оптимізації, аргументом цільової функції в яких є комбінаторні конфігурації, то ситуація невизначеності може бути пов'язана з особливою структурою їхніх множин. Цей вид невизначеності виникає внаслідок того, що комбінаторна множина складається з підмножин ізоморфних комбінаторних конфігурацій і на певному їхньому впорядкуванні закономірність зміни значень змодельованої цільової функції однакова незалежно від вхідних даних, а результат розв'язку задачі – неоднозначний.

Для виходу з цієї ситуації необхідно уводити кілька цільових функцій або оптимізацію проводити за кількома критеріями, які зводяться до зваженого критерію (лінійної згортки). За кожним критерієм розглядаємо частковий розв'язок, для якого обчислюється часткова цільова функція. Якщо з використанням чергового критерію виникає ситуація невизначеності, вводяться додаткові змінні критерії. Вони використовуються як один раз так і багато разів в ітераційному режимі. Знаходження оптимального розв'язку проводиться самоналагоджувальними алгоритмами з урахуванням постійних та змінних критеріїв, які вводяться в процесі розв'язання задачі. Тобто, в процесі роботи алгоритму генерується додаткова поточна інформація (критерії якості), яка впливає на прогнозування майбутніх результатів.

Ситуація невизначеності проявляється і внаслідок нечітко розроблених правил обробки та оцінки інформації, а також з неоднозначністю при виборі оптимального розв'язку за кількома критеріями в багатокритеріальній оптимізації. Для виходу з цієї ситуації розробляються самоналагоджувальні алгоритми, використовують введення в процесі розв'язання задачі формальних параметрів, за допомогою яких генерується допоміжна поточна інформація, яку неможливо задати у вхідних даних.

В розпізнаванні, крім кількості операцій, затрачених на знаходження глобального розв'язку, ураховуються і міри подібності, які в задачах цього класу відіграють основну роль і від вибору яких в значній мірі залежить сам розв'язок. В цьому разі при вирішенні ситуації невизначеності використовуються способи зведення нерозв'язних задач до розв'язних.

Висновок. Отже, в задачах семантики невизначеність пов'язана з неоднозначністю результату, одержаного за змодельованою цільовою функцією, має місце при виборі способу оцінки точності роботи певного алгоритму, виникає внаслідок особливої структури множини комбінаторних конфігурацій, що є аргументом цільової функції, виникає внаслідок неповної вхідної та поточної інформації, в багатокритеріальній оптимізації а також пов'язана з нечітко розробленими правилами обробки та оцінки інформації. Розглянуті ситуації невизначеності не є повними. Спосіб виходу із цієї ситуації залежить від виду невизначеності.

Список використаних джерел:

1. Іваненко В.И., Лабковский В.А. *Проблема неопределенности в задачах принятия решений*. К.: Наук. думка, 1990. – 136 с.
2. Тимофієва Н.К. Про розв'язання задач комбінаторної оптимізації в умовах невизначеності. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2012 – № 6.– С. 157–162.

УДК 004.93

К.С. Хабарлак

Аспірант

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро***ПРО АДАПТАЦІЮ МЕТА-НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

Вступ. В [1] було показано, що лише невелика частина авторів сучасних наукових робіт задається питанням часу виконання нейронних мереж. В роботі [2] було запропоновано оптимізаційний метод навчання нейронних мереж за невеликою кількістю прикладів (наприклад, від 1 до 10 прикладів на клас), тобто алгоритм так званого «мета-навчання». Перевагою саме цього алгоритму є застосовність до будь-якої архітектури нейронних мереж, а його недоліком – дуже повільна фаза адаптації. В даній роботі ми дослідимо залежність якості навчання від ряду факторів, зокрема кількості кроків адаптації.

В таблиці 1 показані типові сценарії тестування алгоритмів мета-навчання. Авторами було запропоновано використовувати 10 кроків адаптації. В той самий час нами показано, що якщо зменшити кількість кроків адаптації до п'яти або трьох, точність передбачення нейронною мережею зменшується незначно (табл. 1), проте робота нейронної мережі пришвидшується в 2-3 рази.

Таблиця 1 – Проведені дослідження якості адаптації

Кроків адаптації	1 прик лад 2 класи (%)	5 прикладів 2 класи (%)	1 приклад 5 класів (%)	5 прикладів 5 класів (%)
1	74.3	86.0	36.8	20.4
3	76.6	87.2	49.3	70.0
5	77.0	87.4	51.6	70.2
10	77.2	87.6	51.7	70.3

Висновки. Проведене дослідження дозволить значно пришвидшити фазу адаптації оптимізаційного мета-навчання. А це, в свою чергу, дозволить ширше використовувати такі методи, в тому числі на більш дешевому обладнанні.

Список використаних джерел:

1. Khabarлак K. Fast Facial Landmark Detection and Applications: A Survey / K. Khabarлак, L. Koriashkina // arXiv:2101.10808 [cs]. – 2021.
2. Finn C. Model-Agnostic Meta-Learning for Fast Adaptation of Deep Networks / C. Finn, P. Abbeel, S. Levine // Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning: Proceedings of Machine Learning Research. – PMLR, 2017. – Vol. 70. – P. 1126-1135.

Худяков А.С

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

CODEX - СИСТЕМА МАШИННОГО НАВЧАННЯ, ЩО ПЕРЕТВОРЮЄ НАТУРАЛЬНІ МОВИ НА ПРОГРАМНИЙ КОД.

Дослідницька компанія зі штучного інтелекту OpenAI оголосила про розробку системи ШІ, яка переводить природну мову на мову програмування - під назвою Codex, принаймні поки що система випускається як безкоштовний API.

Codex - це скоріше розвиток продуктів OpenAI, а не щось абсолютно нове. З цим продуктом користувачі отримуватимуть пропозиції, подібні до тих, що зустрічаються при автозаповненні в Google, за винятком того, що це допоможе завершити рядки коду. Codex зробив величезний крок уперед, прийнявши речення, написані англійською мовою, та переклавши їх у робочий код. Наприклад, користувач може попросити систему створити веб - веб сторінку з певним ім'ям у верхній частині та чотирма панелями рівного розміру під номерами від одного до чотирьох. Тоді Codex спробує створити сторінку, створивши код, необхідний для створення такого сайту будь - якою мовою (JavaScript, Python тощо), яка вважалася за доцільну. Після цього користувач може надіслати додаткові команди англійською мовою для побудови веб - сайту поштучно.

Codex аналізує письмовий текст, використовуючи модель генерації мов OpenAI - він здатний генерувати і аналізувати код, що дозволило користувачам використовувати Copilot власними способами - одним із таких способів було створити код на основі того, що був написаний іншими для репозиторіїв на GitHub. Це змусило багатьох з тих, хто брав участь у проекті, звинуватити OpenAI у використанні їх коду для отримання прибутку - звинувачення, яке також можна було б стягнути з Codex, оскільки більшість коду, який він генерує, просто скопійовано з GitHub

У цій доповіді ми детально розглянемо принцип роботи Codex та Copilot, та спробуємо створити застосунок за допомогою цих технологій.

Список використаних джерел:

1. <https://openai.com/blog/openai-codex/>.

¹ Н.В. Юрченко

к. ф.-м. н., доцент, доцент

² Ю.А. Юрченко

^{1,2} ДВНЗ «УжНУ», м. Ужгород

АВТОМАТИЗОВАНЕ ВПОРЯДКУВАННЯ ФОТОАРХІВУ

Вступ. Сучасні активні люди зберігають велику кількість зображень на своїх смартфонах та ПК. Для економного зберігання та зручного пошуку часто доводиться сортувати фотографії (за датою, подією, тематикою) чи видаляти дублікати та фотографії низької якості вручну. Метою дослідження є автоматизація вищезгаданих процесів з використанням методів комп'ютерного зору.

Основна частина. Розглянемо основні підходи автоматизованого впорядкування фотографій та шляхи їх реалізації:

1.Впорядкування за датою та локацією. Час зйомки та координати GPS зберігаються у вигляді метаданих, вбудованих у файли фотографій. Групування по даті відбувається по періодах часу, вказаних користувачем (день, тиждень, місяць). Для групування фотографій за місцем зйомки пропонується застосувати алгоритм кластеризації DBSCAN [1] до GPS координат для виокремлення загальніших частоповторюваних локацій.

2.Впорядкування за тематикою. Користувач визначає категорії поділу зображень за шуканими об'єктами (люди, архітектура, ліс, тварини). Після цього пропонується використання сегментаційної моделі (ми використали DeepLabv3 [2]) для знаходження об'єктів на фото. Фотографія розподіляється до категорії того об'єкту, відношення площі якого до загальної площі зображення є найбільшим серед усіх категорій.

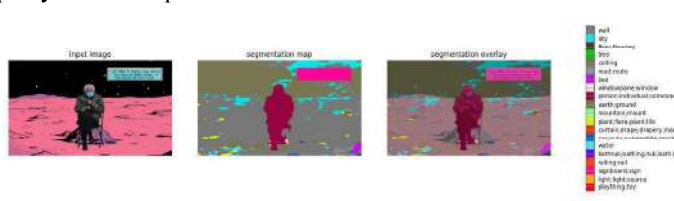


Рис. 1. Приклад роботи сегментаційної моделі DeepLabv3

3.Виявлення дублікатів. Хешування і порівняння хешів — альтернатива піксельному порівнянню зображень. Два зображення вважаються дублікатами, якщо їх хеші однакові або близькі за значенням.

До відомих алгоритмів хешування зображень [3] належать:

- aHash розбиває матрицю зображення на прямокутні області, хешує їх середні значення;
- pHash — повторює кроки aHash, після чого застосовує дискретне косинусне перетворення, що дозволяє виділити “області важливості” зображення;
- dHash (difference hash) — хешує градієнти пікселів зображення;

- colorHash — хешує гістограми зображення.

4. *Виявлення розмитих зображень.* Для вирішення цієї задачі ми тренували бінарний класифікатор на базі згорткової нейронної мережі, який класифікує зображення як розмите або чітке. Датасет складався з чітких зображень (взятих з готового датасету imagewang бібліотеки TensorFlow [4]) та штучно розмитих з допомогою Гаусівського фільтру [5] для двовимірного випадку.



Рис. 2. Зразки зображень датасету imagewang

Висновок. Отже, запропоновані нами ідеї та рішення дозволяють автоматизувати впорядкування фотоархіву та покращити зручність перегляду та роботи зі збереженими фотографіями.

Список використаних джерел:

1. Ester, Martin; Kriegel, Hans-Peter; Sander, Jörg; Xu, Xiaowei. *A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise.*
2. DeepLab: Deep Labelling for Semantic Image Segmentation <https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/deeplab>
3. Describing and testing image hash functions <https://content-blockchain.org/research/testing-different-image-hash-functions/>
4. Imagenet dataset <https://www.tensorflow.org/datasets/catalog/imagenet>
5. Bob Fisher, Simon Perkins, Ashley Walker and Erik Wolfart. Department of Artificial Intelligence. University of Edinburgh. *Hypermedia Image Processing Reference*

X МІЖНАРОДНА ШКОЛА-СЕМІНАР
«ТЕОРІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ»

- *Моделі та методи підтримки прийняття рішень*
- *Теорія нечітких рішень*
- *Штучний інтелект у теорії рішень*
- *Інтелектуальні інформаційні технології*
- *Прогнозування соціально-економічних процесів*
- *Прийняття рішень в умовах невизначеності*
- *Метаевристичні та кооперативні алгоритми*

UDC 519.816

¹ **A. Bashtova**

student

² **H. Hnatiienko**

PhD, Deputy Dean for Research

^{1,2} *Faculty of Information Technologies of Taras Shevchenko National University of Kyiv*

QUICK-SEYFORD MEDIUM NEAR SEARCH METHOD IN THE PROBLEM OF DETERMINING THE RESULTING OBJECTIVES

The task of arranging a set of objects according to the degree of manifestation of some properties is one of the most common tasks of expert evaluation. To increase the objectivity of the ranking of objects, this procedure is carried out by a group of experts or by various methods, and in this case there is a problem of agreeing on the opinions of experts or finding a collective ranking of objects. The expert group often includes specialists in various fields, which provides the opportunity for a comprehensive analysis of objects. The collective judgment of experts is considered more reasonable than the individual.

Examples of ranking problems for different subject areas:

- loading and unloading of vehicles when solving problems of transport logistics;
- solving a set of warehousing logistics problems;
- survey of students in determining the best teachers of the department, faculty, etc.;
- formation of offers at work of online store;
- generating a recommended list of references in the library;
- preparation of a list of sources when searching the site;
- ranking of search results in the search engine;
- determining the priority of information security measures of the organizational system [1].

Let k the experts set the order on many n objects with multiple indexes $l \in L = \{1, \dots, n\}$.

Significantly through $R^i = (r_1^i, \dots, r_n^i)$ – rankings, won from the i –th expert.

The most common method of determining the resultant ranking of alternatives ϵ calculating the median given rankings. The task of a person who is also important is the ranking of the objects, as if the senses are the most suitable for the tasks. Such a decision in the theory of choice and acceptance of the solution was given the name of the algebraic approach. At the same time, it is entered into a number of objects. The number of objects is steel. Zminyuvati can be deprived of the position of the objects and in such a rank they approach the optimum. A group of methods for publicizing expert information the most reliable and mathematically rimmed. The assignment of tasks, which begin when the metric is determined and the criterion is determined by the medians assigned by the experts of the linear order.

Denote the set of all possible rankings n of alternatives by Ω^R . The set of rankings given by experts and the binary relations corresponding to them will be denoted by R^A .

One of the common metrics used in problems in this class is to determine the distances between rankings by the rank mismatch metric, also called the Cook metric:

$$d^r(R^i, R^j) = \sum_{l=1}^n |r_l^i - r_l^j|. \quad (1)$$

For Cook's metric when using the additive criterion are calculated:

– Cook-Seyford median [2, 3]:

$$R^{CS} \in \Omega^{CS} = \text{Arg min}_{R \in \Omega^R} \sum_{l \in L} d^r(R, R^l); \quad (2)$$

– modified Cook-Seyford median [4, 5]:

$$R^{MCS} \in \Omega^{MCS} = \text{Arg min}_{R \in R^A} \sum_{l \in L} d^r(R, R^l) \quad (3)$$

The task of determining the median of given rankings in the space of all possible permutations of n objects is NP-complex. Therefore, even with $n > 10$ objects there are problems with direct search: there is an effect of «curse of dimension». To determine the median of the species (2) when using the distance of the species (1) in some studies, methods of branches and boundaries or schemes of sequential analysis of variants are used.

Consider a new method of finding the median Cook-Seyford median in the problem of determining the resulting ranking of objects. In this case, it is logical to choose a modified Cook-Seyford median of the form (3) as the reference solution.

Step 1. Calculate the minimum values of the additive criterion of the form (3) among all possible rankings of n objects.

Step 2. Generate $(n-1)$ rankings based on the Cook-Seyford median, followed by a pairwise change of object ranks.

Let be $R^0 = (r_1^0, \dots, r_n^0)$ – the vector of the ranks of the objects in the modified Cook-Seyford median.

We take (a_1^0, \dots, a_n^0) the ranking as a basis and look for all possible rankings that are at a distance of 2. The number of such rankings is equal $(n-1)$ – that is, in this ranking alternately swap adjacent elements: $(a_1^0 \leftrightarrow a_2^0)$, then $(a_2^0 \leftrightarrow a_3^0)$ and so on, to $(a_{n-1}^0 \leftrightarrow a_n^0)$.

That is, a cycle is organized by: $t = 1, \dots, n$: $R^t = (r_1^t, \dots, r_n^t)$, where $r_i^t = r_i^0$ for a $i \neq t$, $i \neq t+1$, but for, $r_i^t = r_{i+1}^0$, $r_{i+1}^t = r_i^0$.

After each such replacement, we check whether the ranking, which is at a distance of 2 from $(a_1^0 \leftrightarrow a_2^0)$ closer to all the rankings set by experts, than the one we took as a basis, that is (a_1^0, \dots, a_n^0) .

Determination of distances from the next formed ranking to the initial rankings set by experts.

Step 3. If we have improved the result, ie found a ranking that is better than the reference (that is the modified Cook-Seyford median), it becomes the reference and look further.

Step 4. After finding new rankings, their distance to the given rankings is calculated alternately by experts according to the metrics of mismatch of ranks. Based on the distances found, the value of the additive criterion is calculated. If the value of the found additive criterion has improved - the ranking, from which it was obtained, becomes a new median. The algorithm continues until none of the newly generated rankings will give a better than the previous value of the additive criterion.

Thus, an approach to the gradual improvement of the solution of the problem of determining the resulting ranking in the problem of group arrangement of objects is proposed. At the first stage, the reference median is determined, the complexity of the calculation of which is commensurate with the method of string sums. In the future, in the immediate vicinity of the reference median, the rankings are determined, which give the best value to the additive criterion of the form (2).

References:

1. Hnatiienko H., Tmienova N., Kruglov A. (2021) Methods for Determining the Group Ranking of Alternatives for Incomplete Expert Rankings. In: Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020). MODS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1265. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_21. Pp. 217-226.
2. Voloshin O.F., Mashchenko S.O. Models and methods of decision making: textbook for students of higher educational institutions – 2nd edition. – Kyiv: Kyiv University Publishing and Printing Center, 2010. – 336 p.
3. Gnatiienko G.M., Snytyuk V.E. Expert decision-making technologies: Monograph. – K.: Ltd «McLaut», 2008. – 444p.
4. Орлов А.И. О средних величинах / Управление большими системами, 2013, выпуск 46, С. 88–117.
5. Орлов А.И. Средние величины и законы больших чисел в пространствах произвольной природы / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №05(89). – С. 554 – 584. IDA [article ID]: 0891304038. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/38.pdf>

UDC 519.816

¹ **H. Hnatiienko**

PhD, Deputy Dean for Research

² **V. Hnatiienko**

student

¹*Faculty of Information Technology of Taras Shevchenko National University of Kyiv*

²*Institute of Applied Systems Analysis of the National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

MODELING OF SYSTEM ADAPTATION OF INTERTARIFIFIC RELATIONS AT THE ENTERPRISE

The global economic crisis is fully affecting the Ukrainian economy. Crisis phenomena cause a deterioration not only of the solvency of enterprises, but also a decrease in income of employees of these enterprises. The desire of politicians, who often make populist decisions, to reduce social tensions leads to the fact that the main financial burden is borne by enterprises. As a result, the government's desire to influence the increase of social justice often leads to the opposite results.

In particular, this applies to the situation of regular increase of the minimum wage in Ukraine, which is mandatory for enterprises of all forms of ownership. In order to significantly influence the work of state-owned enterprises, sectoral and intersectoral agreements are concluded, which heuristically regulate the notion of social justice and have the status of bylaws. And at the enterprises of other forms of ownership for structuring of labor collectives and the systematic approach to definition of a salary of various categories of workers internal documents regulating inter-tariff coefficients are created.

The purpose of this work is to describe the scheme of building a decision support system in the problems of system adaptation, which is created to restore the pay ratio of different categories of employees of the organization, disturbed under the influence of the external environment. This allows you to solve several problems simultaneously:

- increase the manageability of the workforce;
- increase the company's profit;
- to improve the corporate culture of the organization;
- increase the company's profit;
- increase the loyalty, involvement and motivation of employees.

Systematic adaptation of inter-tariff relations in the organization will be called a purposeful compromise change of inter-tariff relations in order to restore or improve social justice within the resources that are currently available in the organization and allocated specifically to achieve this goal.

We describe the mathematical model of the organization for which there is a need for systematic adaptation of inter-tariff relations.

Let the organization determine n the ranks: r_1, r_2, \dots, r_n by which all the staff of the organization is distributed. Moreover, the first ranks are assigned to the highest

positions, and the rank r_n – the lowest. Without reducing the generality, we also introduce heuristics.

Heuristics H1. The level of wages of the lowest-ranking employees is equal to $a_n = z_{\min} + g$, where z_{\min} – defined by law, the minimum wage in the country, g – a fixed number $g \geq 0$, that expresses the company's policy on the relationship between the minimum wage in the country and the tariff grid, which is a management tool for a particular company.

The functional dependence that reflects the "ideal" inter-tariff coefficients will be denoted by

$f^0 = f^0(a_1, \dots, a_n)$, where a_1, \dots, a_n – the levels of wages of employees who belong, respectively, to the ranks r_1, \dots, r_n .

Moreover, we will assume that there are the following ratios between the levels of wages of workers of different ranks:

The function that describes the «deformed» under the influence of external circumstances inter-tariff coefficients, we denote by

$$f^t = f^t(a_1, \dots, a_n), \quad t = 1, 2, \dots$$

The number of employees who are classified r_1, \dots, r_n , will be denoted by b_1, \dots, b_n .

Thus, the total number of staff at the enterprise is equal to $B = \sum_{i=1}^n b_i$. The salary fund

of the enterprise in this case is $D = \sum_{i=1}^n a_i b_i$.

In real situations, salaries in enterprises may be included in some range of values. In addition, there may be ranges of variable wages. To model such situations, it is necessary to use the apparatus of fuzzy sets, which is not the subject of this work.

When modeling the system adaptation of inter-tariff relations in the organization should also take into account and use to increase the certainty of the problem some additional heuristics.

Heuristics H2. The controllability of the company's employees in the personnel management system increases as the «deformed» inter-tariff ratios approach the «ideal».

Heuristics H3. The manageability of employees in the personnel management system further increases in the formation of income of employees with a fixed and variable part of wages.

Heuristics H4. With an increase in the variable part of wages increases the manageability of employees.

Moreover, there is a limit to the level of bonuses: at low levels of bonuses, control is lost, levers in the board are lost and can even lead to the opposite effect – demotivation.

Heuristics H5. The motivation of the company's staff increases with the application of the following influences:

- salary increase is carried out in absolute terms;
- salary increase is carried out at the expense of a variable part;
- inter-tariff ratios in salaries and wages are observed.

Note that when the manageability of staff decreases, the observance of confidentiality of information on the level of wages does not increase productivity of employees.

Heuristics H6. Deformation of the established relations between the ranks both in the direction of increase and in the direction of decrease, leads to demotivation of the personnel.

It is obvious and repeatedly proved in practice that leveling leads to significant demotivation of staff.

The main factors that affect the quality of the personnel management system of the organization are staff motivation, management of departments and certain categories of employees, the budget for the organization's personnel.

To bring the «deformed» system of inter-tariff relations closer to the «ideal» one should ensure the solution of the multicriteria optimization problem in the following form:

$$\mu(f^t, f^0) \rightarrow \min,$$

$$D^{t+1} - D^t \rightarrow \min,$$

where $\mu(f^t, f^0)$ – the degree of similarity between the current and «ideal» structure of inter-tariff agreements;

D^t, D^{t+1} – accordingly, the current and calculated as a result of solving the optimization problem of the salary fund of the enterprise.

The approaches described in [1-3] can be used to manage the preferences of the decision maker.

The system developed by the authors will provide the organization's management with alternatives for choosing the distribution of wages for each category of employees and calculate the corresponding costs for each of the alternatives. Thus, the decision maker will be able to receive recommendations from the system in the form of alternatives and choose the one that will be most appropriate for the organization.

References:

1. Hnatiienko H.M., Snytyuk V.E. Expert decision-making technologies: Monograph. – K.: Ltd «MacLaut», 2008. – 444 p.
2. Hnatiienko H. Choice Manipulation in Multicriteria Optimization Problems / Selected Papers of the XIX International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Security" (ITS 2019), pp. 234–245 (2019).
3. Hnatiienko H., Snytyuk V. A posteriori determination of expert competence under uncertainty / Selected Papers of the XIX International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Security" (ITS 2019), pp. 82–99 (2019).

¹ **Ivohin E.V.**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

² **Vavryk P.R.**

PhD student

³ **Makhno M.F.**

Candidate of technical sciences, assistant

¹⁻³ *Taras Shevchenko National University of Kyiv*

APPROACH FOR ESTIMATING OF AUDIENCE SETS OVERLAPS IN THE SOCIAL MEDIA

With growing number of users in recent years, social media platforms have become not only the prime place for public discourse, but also a main source of news for many people. This massive development increased a need of their analysis on structural and content levels. Every level has its own state of the art tools and methods of research. But in many cases, understating of influence on social media requires performing analysis on both levels simultaneously and mapping “influencers” and ordinary users serving as their audiences. To map social media influencers to their audiences we explore a general approach for building Audience overlap networks (AONs). AONs can be used for multitude of applied problems e.g., detecting groups of users spreading disinformation, coordinated messaging campaigns, general community detection, etc. AONs can be built for most of modern social media platforms (e.g., Facebook, Twitter, or YouTube), the only condition we require for these platforms is to have a follower-follower connections structure.

In this paper, our aim is to provide a general definition of the AON, data processing steps needed for creating AON and the challenges faced when building AONs for social media platforms with minimal amount of public data available.

To demonstrate challenges faced while working with limited input data we first use Twitter to provide a baseline AONs which can be used for any out-of-sample testing. Our first pick was Twitter because not only Twitter holds the position of one of the most popular social networks but also Twitter was designed in way that all interaction between users remain visible to everyone else. Twitter also has a flexible public application programming interface (API).

We will follow definitions in [1], where audience overlaps were computed by link and cross-link similarity.

Data processing. In this section there are describe the topics and data we picked to feed our algorithms and outline our audience and content overlaps algorithms.

- Topics and influencers

We consider four topics and influencer groups:

T1 Democratic primaries. Conversations about the 2020 Democratic Party presidential primaries. Influencers are selected from the top presidential contenders.

T2 Airline geeks. Conversation related to the airline industry and business air travel. Influencers include reviewers of frequent flyer programs, travel experience bloggers and industry insiders.

T3 Global issues. Conversations about reporting, analysis and opinions on global environmental, climate and energy issues.

T4 Technology investment. Conversations on technology investment, emerging technologies and entrepreneur-ship. Influencers include prominent venture capitalists and industry publications.

Influencers were selected for both relevance and focus on a topic and ability to generate engagements with their content. Table 1 lists selected influencers for every topic in alphabetical order for entities and last name for individuals.

Table 1

ID	Name	Influencers
T1	Democratic primaries	Joe Biden, Mike Bloomberg, Pete Buttigieg, Kamala Harris, Amy Klobuchar, Bernie Sanders
T2	Airline geeks	Boarding Area, French Painter, One Mile at a Time, Runway Girl, Secret Flying, Wander Me
T3	Global issues	Inside Climate, Ro Khanna, Sierra Club, The Economist, World Bank, Yale E360, Chris J. Zullo
T4	Technology investors	Adam Scrabble, Epsilon Theory, Eric R. Weinstein, Fast Company, Naval, Nick Timiraos

Influencers were selected for both relevance and focus on a topic and ability to generate engagements with their content. Table 1 lists selected influencers for every topic in alphabetical order for entities and last name for individuals.

In most of the cases the analysis of social networks is more effective when applied to specific subset of conversation (posts) and authors (users).

We define social media topic as all authors and conversations which mention specific keywords. In our case keyword can represent a name or multiple spellings of author as well as some general expressions related to the area of interest.

Audience overlaps network. We define AON as graph with influencers as vertices, where the weight of the edge between vertices (influencers) defined as the number of shared followers between them (audience overlap). Let we have identified influencers A and B and some followers. We calculate the audience overlap between A and B as

$$O(A, B) = \frac{|F_A \cap F_B|}{|F_A|},$$

where F_A and F_B denote sets of followers of A and B respectively. After downloading all followers for each influencer, we built the AON for every topic.

We defined a function for comparing similarity of two influencers based on the features produced by Bag-of-Words method [2]. We identified the role of Audience overlap networks as a powerful tool for analysis of social media. We described a general approach for building AONs while having full understating of follower-follower relations. Using four topics, we showed that it is possible to build an approximation of AON using only minimal amount of input data. We are also certain that by applying better content similarity measures it is possible to improve process of building AONs and remove the need in knowing full structure of the followers.

References:

1. Subhayan Mukerjee, Silvia Majó-Vázquez, and Sandra González-Bailón. Networks of Audience Overlap in the Consumption of Digital News// Journal of Communication, 2008. - V.68. - Iss.1. - Pp.26–50.
2. Zhang Y., Jin R., Zhou Z.H. Understanding bag-of-words model: A statistical framework// International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 2010. - 1(1). - Pp.43-52.

УДК 04.9

¹ P.S. Nosov

Candidate of technical sciences, associate professor

² S.M. Zinchenko

Candidate of technical sciences, associate professor

³ Yu.O. Prokopchuk

Doctor of Technical Sciences, associate professor

^{1,2} Kherson State Maritime Academy, Ukraine³ Institute of Technical Mechanics of National Academy of Sciences, Ukraine

DEVELOPMENT OF A INFORMATIONAL MODEL OF INFLUENCE THE “HUMAN FACTOR” TO ERGATIC MARITIME SYSTEM

In the course of development, on the basis of practical and experimental data, sources of factors were collected with which the navigators (cadets) operates to make decisions [1-4]. Having identified the main significant factors affecting the ergatic navigation system, it became possible to build a generalized model of the influence of the “human factor” on ergatic navigation systems for critical situations (Fig. 1).

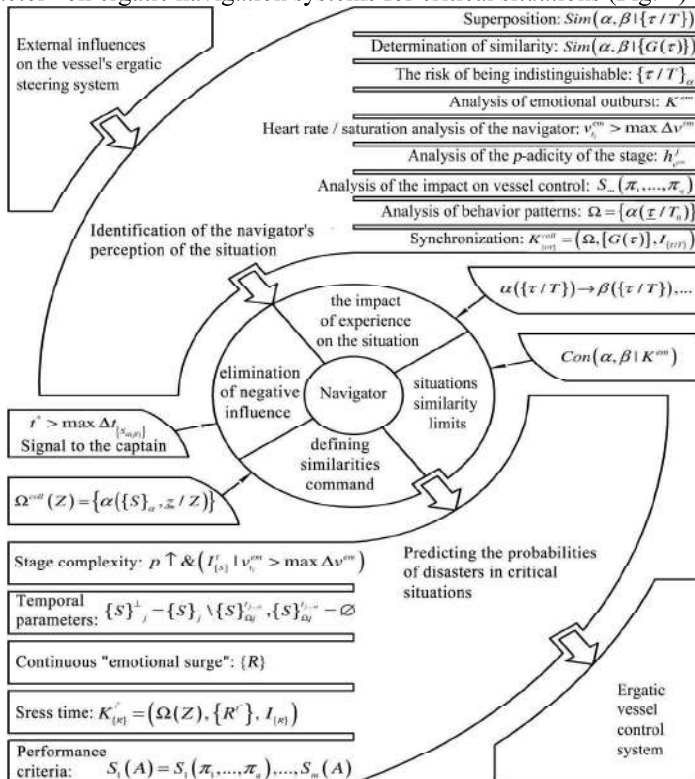


Fig. 1. Informational model of “human factor” influence to ergatic navigation systems

Conclusions. The use of the navigation safety control system significantly influenced the stabilization of the vessel trajectory in situations when the navigator could not make an adequate decision for the situation, and the captain did not have time to strengthen. At the same time, in contrast to switching to fully automated vessel control [5-9], a combination of decision-making under conditions of optimal separation of control functions between the captain and the automated system was selected in this study.

References:

1. Rudolf, DI & Triyanti, Vivi. (2020). Designing a Device for Measuring Human Reaction Time. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 847. 012051. DOI:10.1088/1757-899X/847/1/012051.
2. Popovych, I. S., Cherniavskiy, V. V., Dudchenko, S. V., Zinchenko, S. M., Nosov, P. S., Yevdokimova, O. O., Burak, O. O. & Mateichuk, V. M. (2020). Experimental Research of Effective “The Ship’s Captain and the Pilot” Interaction Formation by Means of Training Technologies. Revista ESPACIOS, Vol. 41(№11). Page 30.
3. Nosov, P., Ben, A., Zinchenko, S., Popovych, I., Mateichuk, V., Nosova, H.: Formal approaches to identify cadet fatigue factors by means of marine navigation simulators. CEUR Workshop Proceedings, 2732, 823-838 (2020).
4. Носов П.С., Тонконогий В.М. 3D оценивание траектории обучения студента // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса: ОНПУ, 2007. — Вып. 2(28).— С. 129-131.
5. Nosov P.S., Palamarchuk I.V., Safonov M.S., Novikov V.I. Modeling the manifestation of the human factor of the maritime crew // Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro) № 5 (77). — 2018. Pages 82-92. DOI:10.15802/stp2018/147937.
6. Nosov P.S., Zinchenko S.M., Popovych I.S., Ben A.P., Nahrybelnyi Y.A., Mateichuk V.M. Diagnostic system of perception of navigation danger when implementation complicated maneuvers // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2020. - № 1. — P146-161. DOI:10.15588/1607-3274-2020-1-15.
7. Nosov P., Ben A., Safonova A., Palamarchuk I. Approaches going to determination periods of the human factor of navigators during supernumerary situations // Radio Electronics, Computer Science, Control № 2(49). - 2019. Pages 140-150. DOI:10.15588/1607-3274-2019-2-15.
8. Serhii Zinchenko, Oleh Tovstokoryi, Pavlo Nosov, Ihor Popovych, Vitaliy Kobets, Gennadii Abramov. Mathematical support of the vessel information and risk control systems P. 335-354. // CEUR Workshop Proceedings, 2805. <http://ceur-ws.org/Vol-2805/paper25.pdf>.
9. Nosov P.S., Popovych I.S., Cherniavskiy V.V., Zinchenko S.M., Prokopchuk Y.A., Makarchuk D.V. Automated identification of an operator anticipation on marine transport // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2020. - № 3. — P 158-172. DOI:10.15588/1607-3274-2020-3-15.

¹ K.M. Petrash

² V.P. Solntsev

³ A.M. Shakhnovsky

⁴ T.A. Solntseva

^{1,2,4} *Ivan Frantsevich Institute for Problems of Materials Science, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

³ *Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine*

PROSPECTS OF APPLYING COMPUTATIONAL INTELLIGENCE IN THE STUDY OF REACTION SINTERING OF HETEROGENEOUS SYSTEMS IN POWDER METALLURGY

The rapid development of modern technology requires material scientists to develop new alloys with improved or unique properties. The traditional foundry-based metallurgy fails quite often to meet these increasing demands. In particular, the melting points and the density of the components of the created alloy may vary significantly, which makes it impossible to obtain a homogeneous material. A possible solution could be fabricating alloys of complex composition using powder metallurgy methods. These methods involve mixing the components of the alloy in the form of finely dispersed powders, followed by pressure molding and further sintering. If the mixture contains at least two strongly interacting components, then the so-called reaction sintering occurs. The alloys obtained by reaction sintering are distinguished by good performance characteristics; in many cases, they can be used for products operating under extreme conditions, for example, for the manufacturing of heat-shielding structures of reusable spacecraft [1].

When finding the optimal conditions for the reaction sintering process, whether an experimental approach or a theoretical approach is used, significant difficulties arise. In a heterogeneous reaction system, the process can be initiated at any point of contact of two interacting finely divided particles. In addition, the initiation of the reaction can begin simultaneously at several different points in the volume of the workpiece, and the resulting several reaction fronts can collide with each other, enhancing or weakening the interaction, like waves colliding in one or opposite phases. The consequences of such interaction were recorded experimentally in many reaction-sintered systems [2]. At the same time, given the specifics of the processes under study (complexity, cost, long duration and significant danger of experiments), theoretical research should play a special role.

Unfortunately, the currently used "traditional" methods of theoretical research, first of all, mathematical modeling, do not always allow predicting with a high degree of accuracy the thermokinetic behavior of the studied powder systems during reaction sintering. A deterministic mathematical model often makes it possible to assess the nature of such behavior only in general terms.

In particular, the authors of [3] focused on the study (using a differential derivatives model) of the thermal behavior of a powder system during its laser sintering; in [4], the processes occurring in powder systems during reaction sintering

were simplified in the form of competing dissolution processes, chemical transformation, crystallization with the corresponding competition of thermal effects of these processes, taking into account heat exchange with the environment. Although scientifically reliable conclusions were obtained in the mentioned works even based on the results of numerical experiments with the simplified mathematical description, it should be recognized that such models do not take into account all the nuances of real systems. It is known that the behavior of a real powder system in the process of reaction sintering is determined by the change in hundreds of different parameters, applicable separately to each of the Gaussian set of particles, as well as by many different directions of the reaction front movement, etc. The theoretical study of such complex objects requires the use of new approaches that differ from the traditional deterministic mathematical modeling. It is promising to predict of the thermokinetic behavior of reaction sintering processes using the methods of computational intelligence. In particular, a significant array of experimental data available was used to supervised learning of the artificial neural network. The dynamics of the reaction sintering process was described using the Hopfield neural network, as well as complex multilayer neural networks of the TensorFlow library [5].

References:

1. Solntsev V.P. Development of a dispersion-hardened powder alloy based on nichrome and the technology of manufacturing a model of a metal heat-shielding structure from it [Text] / V.P. Solntsev, I.A. Gusarova, G.A. Frolov, T.A. Solntseva, K.N. Petrash, V.A. Nazarenko et al. // Poroshkova metallurgia, No. 11/12. Kyiv. 2018. P. 23-32. (in Russian).
2. Solntsev V.P. Thermokinetics of reaction processes initiated by contact melting in powder metal mixtures based on nickel with aluminum [Text] / V.P. Solntsev, V.V. Skorokhod, K.N. Petrash, T.A. Solntseva // Collection of scientific papers "Adhesion of melts and soldering of materials", issue 47. Kyiv. 2014. P. 25-34. (in Russian).
3. Samantaray M., Sahoo S., Thatoi D. Computational modeling of heat transfer and sintering behavior during direct metal laser sintering of AlSi10Mg alloy powder [Text] / Comptes Rendus Mécanique. 2018. doi:10.1016/j.crme.2018.08.006
4. Petrash K.N. The role of heat transfer by radiation in high-temperature reaction processes in the synthesis of the NiAl intermetallic compound [Text] / K.N. Petrash, V.V. Skorokhod, V.P. Solntsev, T.A. Solntseva // Poroshkova metallurgia. No 7 / 8. Kyiv. 2017. P. 39-46. (in Russian).
5. Gulli A., Pal S. Deep Learning with Keras. Implement neural networks with Keras on Theano and TensorFlow. Moscow: DMK Press, 2018. 294 p.

¹ **Volodymyr Polishchuk**

PhD, Associate professor of Department of Software Systems

² **Yu. Mlavets**

PhD, Associate professor of Department of Cybernetics and Applied Mathematics

³ **M. Kelemen**

PhD student of Department of Flight Training

^{1,2} *Uzhhorod National University, Narodna Square 3, Uzhhorod, 88000, Ukraine*

³ *Technical University of Košice, Rampova 7, Košice, 04121, Slovakia*

METHODOLOGY OF PRESENTATION AND PROCESSING OF FUZZY KNOWLEDGE

Abstract. The problem of building a knowledge management system, the need, and the relevance of the presentation of fuzzy knowledge on the use of fuzzy sets is described. The stages of development of the methodology of presentation and processing of fuzzy knowledge are formalized. The advantages and disadvantages of presenting and processing fuzzy knowledge based on a methodological approach.

Keywords: fuzzy knowledge, fuzzy set, membership function, expert assessment, decision-making.

The use of information technology in various spheres of public life is associated with the use of clear and vague knowledge bases, including the construction of expert and intelligent systems. Data-driven innovations are already bringing benefits to citizens, improving their quality of life. An effective modeling tool in many cybernetics and artificial intelligence problems dealing with fuzzy is the fuzzy knowledge base, which is a collection of facts, linguistic variables, and related membership functions that are a valuable source for describing fuzzy concepts, extracting data, and making heterogeneous decisions in various fields of science, business, and production. Today, decision support systems are widely used that uses the knowledge gained from experts. The problem of multi-criteria evaluation of objects lies in the plane of selection tasks, which are an integral part of the tasks of decision support systems.

During the design and development of an intelligent system, knowledge undergoes a similar transformation of data — from more generalized sets to narrower, specific to a given subject area. In the development of intelligent systems, knowledge about a particular subject area is very rarely complete and reliable. The use of accurate methods does not allow taking into account the verbal inaccuracy and subjectivity of expert information, which in turn imposes restrictions on the quality of knowledge for decision-making.

Given the above, there is an urgent problem of building a knowledge management system. Knowledge management is a set of processes that control the creation, dissemination, processing and use of knowledge within the object of study. When developing knowledge management systems, we can identify a number of the following processes.

1. Accumulation of information about the object of study and it's functioning.

2. Extraction as a process of knowledge extraction for expert systems.
3. Structuring - the structure of information presentation.
4. Formalization - structured information to describe data and knowledge.
5. Maintenance - adjustment of formalized data and knowledge.

Therefore, for various applications, taking into account any type of data, there is a need and relevance to present fuzzy knowledge on the application of fuzzy sets to build information models. Information modeling of the presentation of fuzzy knowledge will provide an opportunity to adequately approach the evaluation of alternative decisions while increasing the degree of validity of decision-making.

The study of the presentation and processing of fuzzy knowledge is divided into three stages:

1. Research and development of information models for the presentation of fuzzy knowledge on the example of various applied problems;
2. Development of a conceptual model for the presentation of fuzzy knowledge, taking into account any type of data, and innovative software as a means of technical support for systems analysts and its implementation in the educational process;
3. Approbation of the model of representation of fuzzy knowledge on applied problems of various spheres of application and testing of the software.

In the context of the above, the development of a methodology for presenting and processing fuzzy knowledge can be divided into five stages:

- I. Carry out preparatory work on data sets, namely: identify research objects, collect data, process, classify, etc.;
- II. Define evaluation criteria (content);
- III. Determine the type, type, and number of membership variables. Here, you can use approaches to formalize qualitative and hybrid data;
- IV. Calculate the parameters of membership functions, using various known approaches to their definition;
- V. Construct a one-dimensional or multi-dimensional membership function, to formalize fuzzy input data.

Building a methodology for presenting and processing fuzzy knowledge has a number of advantages, namely: accuracy, work with abstractions, transfer of information in a logically uniform way and increase the objectivity of expert and quantitative assessments, reveals the subjectivity of experts, quantifies informal tasks. The disadvantages of the methods, models, and tools of this approach include the use of different models of membership functions and the definition of their parameters, which can lead to ambiguity of the final results.

УДК 519.8

А.Ю. Брила

к. ф.-м. н., доц., доц. каф. системного аналізу та теорії оптимізації
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород

ЗНАХОДЖЕННЯ ДОСЯЖНИХ ОПТИМАЛЬНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ ЗАДАЧ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ІЗ ЗАЛЕЖНИМИ КРИТЕРІЯМИ

Розглядається лінійна задача багатокритеріальної оптимізації з критеріями $c_i(x), i=1,2,\dots,q$, які можуть мати різну важливість. При цьому критерії можуть бути розділені на групи, що призводить до одержання багаторівневих задач багатокритеріальної оптимізації [1]. У [1] запропоновано підхід, що дозволяє звести часткові випадки багаторівневих задач оптимізації до задач лексикографічної оптимізації. У [2, 3] пропонується зведення такого роду задач до задач скалярної оптимізації, з використанням лінійних згорток критеріїв з відповідними коефіцієнтами $\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_1, \dots, \bar{\alpha}_q$.

Задача вибору ускладнюється, коли на деякі з критеріїв $c_l(x), l \in D$ вводяться обмеження допустимості застосування критеріїв, пов'язані з досягненням необхідного мінімального значення $c_l(x) \geq m_l, i=1,2,\dots,q$ та обмеження допустимості, пов'язані з допустимістю інших критеріїв вищого рангу $c_i(x), i \in I_l \subset \{1,2,\dots,q\}$ [2, 3]. Тоді застосовуємо згортку

$$z = \alpha_1 c_1(x) + \alpha_2 c_2(x) + \dots + \alpha_q c_q(x)$$

та додаткові обмеження на коефіцієнти

$$\alpha_l = \bar{\alpha}_l y_l, l = 1, 2, \dots, q,$$

$$\sum_{j \in I_l} y_j \geq y_l, l \in D,$$

$$y_l \in \{0, 1\}, l = 1, 2, \dots, q.$$

У випадку, коли на критерій накладається одночасно залежність від декількох критеріїв пропонується використовувати обмеження

$$\sum_{j \in I_l} y_j \geq d_l y_l, l \in D, d_l = |I_l|.$$

Список використаних джерел:

1. Червак Ю.Ю. Оптимізація. Непокращуваний вибір/Ю.Ю. Червак – Ужгород: Ужгород. нац. ун-т, 2002. – 312с.
2. Брила А.Ю., Гренджа В.І. Лексикографічна задача про покриття з альтернативними критеріями / А.Ю. Брила, В.І.Гренджа // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Матем. і інформ. – 2016. – Вип. 1 (28). – С. 53–59.
3. Брила А.Ю. Достижимость оптимальных решений линейной задачи многокритериальной оптимизации с альтернативными критериями в транзитивной субординации/ А.Ю. Брила// Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики». – 2011. – №4. – С. 68-72.

¹ А.М. Бровді² М.М. Шаркаді^{1,2} ДВНЗ « Ужгородський національний університет»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Сьогодні створення високоякісного програмного забезпечення(ПЗ) є одним з найважливіших завдань розвитку науки та виробництва. Від того, наскільки вдало зроблено програмне забезпечення системи, залежить в кінцевому результаті її життєздатності.

В сучасних проектах розробки ПЗ існує потреба у попередньому плануванні витрат часу та коштів ще на початкових етапах проекту. Одним з головних параметрів, за яким оцінюються витрати часу, є складність задач, які необхідно виконати. А отже, постає проблема оцінки складності задачі на початкових етапах розробки ПЗ.

Зазвичай, дуже важко оцінювати важкість або складність роботи, яку потрібно виконати. Особливо для розробників ПЗ це одна з найскладніших задач, так як варто врахувати велику кількість факторів, на основі яких власник продукту приймає рішення, які впливають на всю команду і навіть на компанію.

У розробці програмного забезпечення agile - це набір практик, призначених для підвищення ефективності фахівців, команд та організацій із розробки програмного забезпечення. Він передбачає виявлення вимог та розробку рішень за допомогою спільних зусиль самоорганізованих та багатофункціональних команд та їх клієнтів/кінцевих користувачів. Agile виступає за адаптивне планування, еволюційний розвиток, раннє впровадження та постійне вдосконалення, а також заохочує гнучку реакцію на зміни вимог, доступність ресурсів та розуміння проблем, які необхідно вирішити.[1]

Можна виділити такі підходи до оцінки складності задач.

В рамках розробки agile задача власника продукту - розкласти пріоритети в беклозі (backlog). Беклог - це так званий умовний список роботи, який має короткий опис всіх можливостей і виправлень. Беклог має бути реалізований в продукті. Власник продукту формулює вимоги зі сторони компанії, але не завжди до кінця розуміє всі тонкощі їх(вимог) реалізації. Щоб зрозуміти, скільки зусиль потрібно затратити на виконання кожної окремої задачі, власнику продукту допоможе правильна оцінка, і уже на її основі він зможе виставити пріоритет кожної задачі.

Agile-оцінка - це в першу чергу командна робота, тому варто залучити всіх учасників команди - розробників, дизайнерів, тестувальників і т.д. Кожен по своєму бачить продукт і роботу, яка необхідна для виконання конкретної задачі.

При оцінці складності завжди варто брати до уваги думку більшої частини команди, яка займається продуктом. Це допоможе отримати точні результати, укріпити командний дух (так як команда не буде вважати, що її думку проігнорували) і зберегти якість програмного забезпечення.

При традиційному підході команди розробників ПЗ дають оцінку в одиницях вимірювання часу: годинах, днях, тижнях і місяцях. Однак, багато команд agile надають перевагу оцінюванню складності в умовних одиницях.[2]

Умовні одиниці відображають загальні трудовитрати, які необхідні щоб повністю реалізувати елемент беклогу продукту або виконати будь-яку іншу робочу задачу. Команди нараховують умовні одиниці в залежності від складності задачі, а також можливих ризиків або невизначеності. Ці числові значення потрібні для того, щоб більш ефективно розбити роботу на невеликі частини і позбутися невизначеності. Завдяки такому підходу, з часом, команди розуміють, скільки вони можуть виконати роботи за визначений період часу, виробляють загальне уявлення і притримуються його.[3]

Список використаних джерел:

1. Інтернет ресурс <http://agilemanifesto.org/>.
2. Farahneh, H. O. and Issa, A. A. A Linear Use Case Based Software Cost Estimation Model. World Academy of Science, Engineering and Technology, 32(2011).
3. Wen, J., Li, S., Lin, Z., Hu, Y. and Huang, C. Systematic literature review of machine learning based software development effort estimation models. Inf. Softw. Technol., 54, 1 (2012).

¹ О.Ф. Волошин

² М.М. Маляр

³ І.І. Половко

⁴ М.М. Шаркаді

¹ Київський національний університет ім. Т. Шевченка

²⁻⁴ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

КОНЦЕПТУАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ СУСПІЛЬСТВА

Прийняття управлінських рішень як у галузі економіки, так і у соціальному середовищі – це дуже складна розумова діяльність людини, що визначається як вибір напрямлення дій для досягнення мети. Сучасні тенденції розвитку науки, нових інформаційних технологій дозволяють сприяти докорінному перетворенню стратегії забезпечення безпеки життєдіяльності особистості та держави в цілому.

Використання інформаційних технологій у різних сферах людської діяльності супроводжується розробкою інтелектуальних систем, які використовують зв'язок знань у загальному випадку з навколишнім світом. Постановка і розв'язання будь-якої задачі зв'язана з конкретними предметними областями, які, як правило, є погано або слабо структурованими. Тенденція обробки великих обсягів інформації та їх аналіз неможлива без використання методів інтелектуального аналізу даних та їх подальшого використання у сфері життєдіяльності людини. У сучасних умовах глобалізації бізнесу надзвичайно актуалізуються питання національної безпеки в цілому, та економічної і соціальної безпеки зокрема.

Захищеність людини у суспільстві та національних інтересів держави залежить від того, наскільки система забезпечення соціальної безпеки здатна реагувати на реальні і потенційні виклики і загрози. Соціальна безпека у суспільстві як важлива складова національної безпеки досягається тоді, коли забезпечується нормальний рівень життя населення, що відображає ступінь задоволення матеріальних і духовних потреб людини, який характеризується розміром реальних доходів та обсягом економічних благ, що споживається людиною, стабільними цінами економічних благ, забезпеченістю житлом, доступністю освіти, медичного, культурного обслуговування, екологічної безпеки тощо [1].

Аналіз та оцінка стану соціальної безпеки вимагає використання певної методики. Соціальну безпеку можна виразити через систему параметрів та показників. Під параметрами (індикаторами) соціальної безпеки розуміється конкретний набір характеристик соціальної безпеки як соціального явища, а під показниками – конкретні кількісні і якісні значення відповідних параметрів [2]. Важливою актуальною задачею є побудова моделей інтегральних індексів на основі різного математичного апарату.

Існують різні підходи до оцінювання соціальної безпеки. Наприклад, соціальна безпека аналізується як окрема складова, до складу інтегрального індексу якої входять 14 індикаторів [3].

Центр перспективних соціальних досліджень Міністерства праці та соціальної політики України та НАН України пропонує систему індикаторів соціальної безпеки з наступними блоками [3]:

1. Рівень життя
 - Стан розвитку людського потенціалу;
 - Боротьба з бідністю;
 - Рівень доходів та витрат населення країни;
 - Заробітна плата;
 - Стан заборгованості із виплати зарплат;
 - Пенсійне забезпечення;
 - Соціальна допомога.
2. Якість життя
 - Охорона здоров'я;
 - Житло;
 - Продовольче забезпечення та харчування;
 - Сім'я та діти;
 - Освіта;
 - Культура та мистецтво;
 - Право на вільне пересування, туризм.
3. Ринок праці.
4. Демографічне становище.
5. Соціальне середовище.

Перспективними напрямками досліджень, для визначення поточного стану соціально-економічної безпеки та передбачення його на перспективу, можна вважати науково-практичну розробку системи критеріїв й індикаторів та їх моделей з використанням апарату теорії нечітких множин.

Список використаних джерел:

1. Антошкін В.К. Рівень і якість життя населення регіонів та їх вплив на соціально-економічну безпеку / В.К. Антошкін // Вісник Бердянського ун-ту менеджменту і бізнесу. – 2014. – № 1. – С. 95–99.
2. Гнатенко І.А. Параметри та показники соціальної безпеки населення України / І.А. Гнатенко, В.О. Рубежанська // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2016. – № 1. – С. 242–249.
3. Про затвердження Методики розрахунку рівня економічної безпеки України, наказ від 02.03.2007 № 60 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1022.4251.0>

¹ В. Григорків

д. ф.-м. н., завідувач кафедри економіко-математичного моделювання, професор

² М. Григорків

д.е.н., доцент кафедри економіко-математичного моделювання, доцент

^{1,2} *Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА СОЦІАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ ЯК ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЇЇ ПРОЦЕСІВ ТА ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Проблеми екологізації та соціалізації економіки у сучасному світі набули особливої гостроти та актуальності, причому вони тісно взаємопов'язані, оскільки нехтування екологічними нормативами у виробництві та споживанні вкрай негативно впливає на якість життя незалежно від його рівня. Тому, коли йдеться про суспільний добробут чи добробут окремої людини, то його економічні, екологічні та соціальні компоненти повинні бути гармонійно збалансовані та задовольняти відповідні критерії для визначення рівня добробуту. Отже, екологічні та соціальні аспекти економіки є актуальними для наукових досліджень.

Для вивчення зазначеної вище проблематики сьогодні використовуються різні методологічні та методичні підходи, однак одним із найбільш ефективних є математичне моделювання, яке у поєднанні із сучасними комп'ютерно-інформаційними технологіями дозволяє імітувати поведінку досліджуваних процесів і систем та отримувати нові знання про ці об'єкти, які одержати іншими дослідницькими технологіями не вдається. Що стосується таких складних об'єктів дослідження як еколого- та соціально-економічні системи, то ефективність методу моделювання є очевидною. Справа у тому, що навіть найпростіші моделі, наприклад економічної чи еколого-економічної динаміки, містять значну кількість співвідношень, змінних, параметрів, без яких адекватний опис реальної поведінки економіки у часі неможливий, не кажучи про більш складні моделі, але практично усі вони можуть бути використані для експериментальних досліджень реальних економічних процесів і систем.

Авторами запропоновано динамічні моделі економіки, у яких враховано екологізацію процесів виробництва та споживання і соціально-економічну кластеризацію суспільства. У виробництві основного агрегованого продукту (ОАП) цієї економіки безпосередньо задіяні власники виробництв (виробники) та працівники сфери виробництва. Моделі є диференціальними та призначені, як уже було підкреслено раніше, для проведення експериментальних досліджень з ними, що у кінцевому результаті дає можливість дослідити основні тенденції та закономірності розвитку досліджуваної економіки. Отримані при цьому результати формують інформаційну базу для прогнозування процесів, які відбуваються у цій економіці, а також підготовки та прийняття відповідних рішень.

УДК 519.6

¹ М.В. Демидюк

к. фіз.-мат. н., ст.н.с.

² В.М. Демидюк

інженер-програміст

¹ Інститут прикладних проблем механіки і математики ім.Я.С.Підстригача НАН України, м. Львів

² ТОВ “ДевКрафт”, м. Львів

ЧИСЕЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ПОНТРЯГІНА В ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДВОЛАНКОВИМ МАНІПУЛЯТОРОМ

Вступ. Досліджуємо задачу оптимального керування рухом дволанкового маніпулятора, який виконує транспортну операцію в горизонтальній площині. Розв’язок задачі будемо на підставі принципу максимуму Понтрягіна, використовуючи один із варіантів числової схеми: методику “стрільби” та процедуру мінімізації відповідної нев’язки. Мета дослідження — алгоритмічно-програмна реалізація методу Понтрягіна, числове моделювання оптимального динамічного процесу дволанкового маніпулятора та його порівняння із субоптимальним процесом, побудованим методом параметричної оптимізації [1, 2].

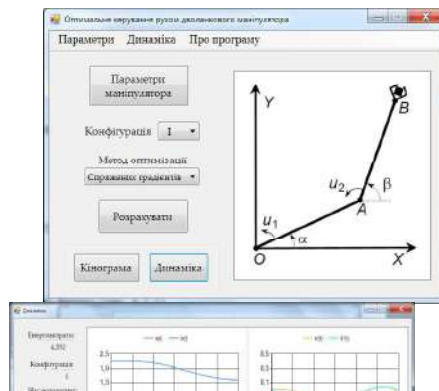
Постановка задачі та алгоритм методу Понтрягіна. Дволанковий маніпулятор під дією керувань u_1 , u_2 (моментів сил у шарнірах) виконує транспортну операцію: за заданий час T переносить вантаж із заданого початкового положення (α_0, β_0) в задане кінцеве (α_T, β_T) , де (α, β) — узагальнені координати маніпулятора. Швидкості руху ланок маніпулятора на початку та в кінці операції вважаємо нульовими. Зазначена операції з фіксованим часом виконання притаманна маніпуляторам, у яких початкове й кінцеве положення та тривалість робочого циклу строго регламентовані умовами технологічного процесу.

Для моделювання руху маніпулятора використовуємо плоску систему двох твердих тіл з ідеальними циліндричними шарнірами. Формулюємо таку задачу оптимального керування: визначити керування $u_1^*(t)$, $u_2^*(t)$, $t \in [0, T]$, які забезпечать виконання маніпулятором заданої транспортної операції з мінімальним значенням квадратичного функціонала $\Phi = \int_0^T [u_1^2(t) + u_2^2(t)] dt$. Введений функціонал часто використовують у задачах оптимізації маніпуляційних систем. Мінімізація цього функціонала дає можливість зменшити величину керуючих зусиль маніпулятора, зменшивши цим самим енергозатрати на його переміщення.

Рівняння керованого руху розглядуваного дволанкового маніпулятора являють собою систему чотирьох диференціальних рівнянь першого порядку, які є суттєво нелінійними та взаємозалежними між собою (за фазовими змінними). Для розв’язання сформульованої задачі використовуємо принцип максимуму Понтрягіна, згідно з яким оптимальні керування $u_1^*(t)$, $u_2^*(t)$ записуємо в явному вигляді, залежному від чотирьох спряжених змінних. У кінцевому підсумку по-

будова шуканих керувань зводиться до дослідження відповідної крайової (двоточкової за часом t) задачі для Пі-системи (вісім диференціальних рівнянь першого порядку). Для розв'язання останньої використовуємо методику “стрільби” в поєднанні з процедурою мінімізації (за початковими значеннями спряжених змінних) відповідної квадратичної нев'язки, яка оцінює відхилення термінальних значень основних змінних від їхніх заданих значень. Для мінімізації нев'язки використовуємо числові процедури нелінійного програмування, задачу Коші для Пі-системи розв'язуємо методом Рунге-Кутти.

Наведений алгоритм реалізовано у вигляді відповідної комп'ютерної програми (у середовищі MS Visual C# 2012), за допомогою якої проведено низку числових експериментів з моделювання оптимального руху дволанкового маніпулятора. На рис. 1 (а, б) показано окремі скріншоти розробленої програми.



Висновки. Для дволанкового маніпулятора, що виконує задану транспортну операцію, розроблено алгоритм розрахунку оптимального динамічного процесу. В основі алгоритму лежить принцип максимуму Понтрягіна та числова схема методу “стрільби”. Алгоритм реалізовано у вигляді комп'ютерної програми зі зручним інтерфейсом для введення й редагування конструктивних параметрів маніпулятора та параметрів транспортної операції, аналізу і збереження розрахованих оптимальних кінематичних та динамічних характеристик.

Аналіз отриманих числових даних свідчить про повну (у межах заданої точності) ідентичність оптимальних процесів дволанкового маніпулятора, побудованих методом максимуму Понтрягіна та методом параметричної оптимізації [1, 2].

Список використаних джерел:

1. Демидюк М.В., Гошовська Н.В. Параметрична оптимізація транспортних операцій дволанкового маніпулятора. *Мат. методи та фіз.-мех. поля.* 2016. 59, №4. С. 142-152.
2. Демидюк М.В., Гошовська Н.В. Параметрична оптимізація руху дволанкового маніпулятора з використанням ортогональних поліномів. *Прикл. проблеми механіки і математики.* 2016. Вип. 14. С. 168-175.

¹ Л.П. Добуляк² Г.Г. Цегелик^{1,2} Львівський національний університет імені Івана Франка

ЗАДАЧА ПЛАНУВАННЯ НАЙЯКІСНІШОГО ЗАМОВЛЕННЯ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Задачам підтримки прийняття рішень в підприємницькій діяльності в тій чи іншій постановці присвячено чимало наукових праць, монографій і посібників зокрема [1, 2]. В більшості випадків за критерій оптимальності в таких задачах приймається прибуток підприємства. Разом з тим, не менш важливим є критерій якості продукції. Тому в даній статті розглянемо задачу планування замовлення на найякіснішу продукцію.

Припустимо, що торгівельна фірма хоче замовити на підприємствах малого бізнесу в певному обсязі продукцію декількох видів. Відомо: малі підприємства, що займаються виготовленням потрібної продукції; кількість видів продукції, потрібної замовнику; пріоритет продукції кожного виду; рейтинг продукції кожного виду кожного підприємства; максимальна потреба в замовленні продукції кожного виду; собівартість одиниці продукції кожного виду на кожному підприємстві; обсяг коштів, що може використати кожне підприємство. Задача полягає в складанні такого плану замовлення, за якого замовлена продукція була б найякіснішою.

Нехай: n — кількість видів продукції, що цікавлять замовника; m — кількість малих підприємств, що виготовляють продукцію, потрібну замовнику; α_i — пріоритет i -ї продукції; r_{ij} — рейтинг i -ї продукції j -ого підприємства; p_i — максимальна потреба в продукцію i -го виду; c_{ij} — собівартість одиниці продукції i -го виду на j -му підприємстві; V_j — обсяг грошових коштів, що може використати j -те підприємство; x_{ij} — кількість одиниць продукції i -го виду, що планується замовити на j -му підприємстві (шукані величини).

Тоді математична модель задачі буде такою:

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_i r_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

за умов

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m x_{ij} &\leq p_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} &\leq V_j, \quad j = 1, 2, \dots, m, \\ x_{ij} &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m. \end{aligned}$$

Алгоритм розв'язання задачі складається із низки кроків, на кожному з яких визначається замовлення на окрему продукцію згідно пріоритету таким чином, щоб забезпечити максимальне значення цільової функції.

Не зменшуючи загальності, вважатимемо, що $\alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_n$. На першому кроці визначаємо замовлення на продукцію з найбільшим пріоритетом, тобто продукція з пріоритетом α_1 . Нехай $\max_j r_{1j} = r_{1k_1}$. Визначимо величину y_{1k_1} з умови

$$y_{1k_1} c_{1k_1} = V_{k_1}. \text{ Одержимо } y_{1k_1} = \frac{V_{k_1}}{c_{1k_1}}.$$

Якщо $p_1 \leq y_{1k_1}$, то покладемо $x_{1k_1} = p_1$ і на цьому перший крок завершується. При цьому у випадку $p_1 < y_{1k_1}$ на підприємстві з індексом $j = k_1$ певні ресурси ще зберігаються.

Якщо $p_1 > y_{1k_1}$, то покладемо $x_{1k_1} = y_{1k_1}$ і визначаємо $\max_{j \neq k_1} r_{1j}$. Нехай $\max_{j \neq k_1} r_{1j} = r_{1k_2}$.

Тоді визначаємо $y_{1k_2} = \frac{V_{k_2}}{c_{1k_2}}$. Якщо $p_1 - x_{1k_1} \leq y_{1k_2}$, то покладемо $x_{1k_2} = p_1 - x_{1k_1}$ і на цьому перший крок завершується. При цьому у випадку $p_1 - x_{1k_1} < y_{1k_2}$ на підприємстві з індексом $j = k_2$ ще певні ресурси залишаються.

Якщо $y_{1k_2} < p_1 - x_{1k_1}$, то покладемо $x_{1k_2} = p_1 - x_{1k_1} - y_{1k_2}$ і визначаємо $\max_{j \neq k_1, k_2} r_{1j}$. Нехай $\max_{j \neq k_1, k_2} r_{1j} = r_{1k_3}$. Тоді визначаємо $y_{1k_3} = \frac{V_{k_3}}{c_{1k_3}}$.

Якщо $p_1 - x_{1k_1} - x_{1k_2} \leq y_{1k_3}$, то покладемо $x_{1k_3} = p_1 - x_{1k_1} - x_{1k_2}$ і на цьому перший крок завершується. При цьому у випадку $p_1 - x_{1k_1} - x_{1k_2} < y_{1k_3}$ на підприємстві з індексом $j = k_3$ ще певні ресурси залишаються. Якщо ця умова не виконується, то перший крок продовжується.

Після завершення першого кроку переходимо до визначення замовлення продукції з пріоритетом α_2 і т. д.

Зауважимо, що якщо $p_1 = y_{1k_1}$, то V_{k_1} стає рівним нулю і в наступних кроках індекс $j = k_1$ не розглядається. Аналогічно, якщо $p_1 - x_{1k_1} = y_{1k_2}$ і $p_1 - x_{1k_1} - x_{1k_2} = y_{1k_3}$, то індекси $j = k_2$ і $j = k_3$ не розглядаються.

Список використаних джерел:

1. Цегелик Г. Г. Математичне програмування: навч. посіб. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2011.
2. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій: навч. посіб. для студ. ВНЗ. – К.: ЗАТ “ВІПОЛ”, 2000.

М.С. Дунаєвський

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова, Київ, Україна

ЕМПІРИЧНІ СЕРЕДНІ В ЗАДАЧАХ СТОХАСТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Анотація Розглянуто задачу стохастичної оптимізації та метод емпіричних середніх

Ключові слова: стохастичне програмування, оптимізація на основі емпіричних середніх

Вступ Багато складних бізнес задач сучасності містять компонент стохастичності. Відповідно, їх розв'язання потребує застосування підходів стохастичного програмування та оптимізації на основі симуляцій.

Виклад основного матеріалу Загалом задача стохастичної оптимізації (СЗ) може бути задана у наступній формі (формула 1):

$$z^* = \min_{x \in X} Ef(x, \xi), \quad (1)$$

де x вектор змінних управлінського рішення з детерміністичною допустимою областю значень $X \subset R^d$, ξ – випадковий вектор, а f функція, що набуває дійсних значень зі скінченним математичним очікуванням $Ef(x, \xi)$ для всіх $x \in X$.

Зазвичай розрахувати точне значення $Ef(x, \xi)$, навіть для фіксованих значень x практично неможливо. Якщо розмірність випадкового вектора ξ невелика застосовують чисельні апроксимаційні методи розв'язку, – в протилежній ситуації та за умов неперервності ξ застосовують підходи на основі симуляцій (зокрема найбільш популярний та ефективний метод Монте-Карло)[1].

При найпростішому підході на основі зовнішніх вибірок з розподілу ξ генеруються незалежні та ідентично розподілені (н.і.р.) ξ^1, \dots, ξ^n та формують наближену задачу (формула 2).

$$z_n^* = \min_{x \in X} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Ef(x, \xi^i) \quad (2)$$

В багатьох випадках, завдяки підходу симуляції, відносно просто оцінити ефективність субоптимальних рішень \hat{x} . Наприклад, очікуваний ефект від субоптимального рішення \hat{x} в функції $Ef(\hat{x}, \xi)$ відповідно до стандартної незміщеної оцінки емпіричного середнього може бути розрахована за формулою 3.

$$U_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(\hat{x}, \xi^i) \quad (3)$$

В рамках дослідницького проекту “Аналітичні методи та машинне навчання в теорії керування і прийнятті рішень за умов конфлікту та невизначеності” автором було розроблено R пакет “empravg” з М-оцінками в основі, – в

термінології П. Дж. Хюбера найбільш природний клас надійних (робастних) оцінок [2, 3].

В функції `get_empravg` пакету `empravg` за початкове наближене значення береться середнє абсолютне відхилення (реалізоване функцією `mad` базової R бібліотеки `stats`)(формула 4).

$$MAD = \text{median}_i \{Y_i - \text{median}_j (Y_j)\} \quad (4)$$

Нехай існує n незалежних спостережень Y_i з ймовірнісною функцією щільності розподілу $f(y - \mu)$ для функції f симетричної відносно нуля. Звідки μ буде центральною мірою (медіаною чи середнім значенням) розподілу Y_i [4]. Також, припускається що розподіл ймовірно є наближеним до нормального. Найбільш очевидними оцінками є середнє значення, медіана та MLE (оцінка максимальної ймовірності) розраховані на основі вибірки даних.

Оцінки використані в функції `get_empravg` є M-оцінками (M від MLE). Нехай f функція щільності, тоді можемо задати $\rho = -\log(f)$. Відповідно MLE буде рішенням (5)

$$\min_{\mu} \sum_i -\log(f(y_i - \mu)) = \min_{\mu} \sum_i \rho(y_i - \mu) \quad (5)$$

Нехай існує $\psi = \rho'$. Тоді $\sum_i \psi(y_i - \hat{\mu}) = 0$ чи $\sum_i \omega_i (y_i - \hat{\mu}) = 0$ де $\omega_i = \psi(y_i - \hat{\mu}) / (y_i - \hat{\mu})$. Що приводить нас до ітеративного методу розв'язку при зміні ваг на кожному кроці [4]. Оцінка за підходом найбільшої ймовірності отримується шляхом розв'язання

$$l = -0,5 * n * \ln(2 * \pi) - 0,5 * n * \ln(\sigma^2) - \frac{1}{2 * \sigma^2} \sum_i (y_i - \mu)^2 \quad (6)$$

функцією `optim` базової R бібліотеки `stats`. Останньою ітерацією є та, на якій не вдається покращити оцінку більш ніж на 10^{-6} (заданий рівень точності).

Список використаних джерел:

1. Morton D.P., Popova E. (2001) Monte-Carlo Simulations for Stochastic Optimization. In: Floudas C.A., Pardalos P.M. (eds) Encyclopedia of Optimization. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/0-306-48332-7_305, pp. 2337-2345.
2. Huber, P. J. (1981) Robust Statistics. Wiley.
3. Кнопов, P.S. Asymptotic properties of some classes of M-estimates.// Cybernetics and Systems Analysis - 1997. - N 4. (in russian.)
4. Venables, W. N. and Ripley, B. D. (2002) Modern Applied Statistics with S. Fourth edition. Springer.

¹ Є.В. Івохін² Л.Т. Аджубей³ Ю.О. Науменко¹⁻³ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, факультет комп'ютерних наук та кібернетики

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НА ОСНОВІ РІВНЯНЬ ДИФУЗІЇ З НЕЧІТКИМ ВИМІРЮВАННЯМ ЧАСУ

Широке застосування теорії нечітких множин дозволяє сформувати нечіткі аналоги відомих математичних понять, створювати необхідний формальний апарат для моделювання різних фізичних, економічних та інших процесів, а також процесів, пов'язаних з інформаційним розповсюдженням, впливом інформації на формування соціального світогляду та виникнення подій у сучасному суспільстві.

В роботі пропонується підхід до формулювання та знаходження розв'язків скалярних рівнянь дифузії з урахуванням нечіткого сприйняття плину часу в процесах поширення фізичних речовин та інформаційних потоків. Описування нетрадиційного способу обліку термінів часових інтервалів ґрунтується на використанні нечітких структурованих числових множин, в основу чого покладений принцип формування нечіткого оригіналу з подальшою реплікацією його на числовій вісі.

Для моделювання процесів інформаційного поширення пропонується застосувати дифузійне рівняння, яке описує динаміку у часі з урахуванням спостережень за швидкістю плину часу. Формалізація суб'єктивного сприйняття часового обліку здійснюється на основі нечіткого подання кожного одиничного інтервалу часу у вигляді нечіткого трикутного числа.

Отримано розв'язки однорідного та гібридного за просторовою змінною рівнянь дифузії, які дозволяють визначити стан процесу інформаційного розповсюдження в соціальному середовищі з урахуванням різних темпів плину часу.

Для конструктивного застосування формалізації нечіткого сприйняття плину часу розглянуто альтернативний спосіб опису нечіткого числа.

Означення. [1] Нечітким числом \tilde{b} називають впорядковану пару функцій $(u(r), v(r))$, $r \in [0,1]$, які задовольняють таким умовам:

1. $u(r)$ обмежена, неперервна зліва, неспадна функція на $[0,1]$;
2. $v(r)$ обмежена, неперервна зліва, незростаюча функція на $[0,1]$;
3. $u(r) \leq v(r)$, $r \in [0,1]$, $u(1) = v(1) = b$.

При цьому, величина параметра $r \in [0,1]$ задає рівень міри належності, а значення $v(r) - u(r)$ визначає розмір множини рівня $r \in [0,1]$ нечіткого числа і позначається $B_r = \{x \in X : \mu_{\tilde{b}}(x) \geq r\}$.

Для довільної строго зростаючої функції $f(x)$, область визначення якої подається правими трикутними нечіткими числами, кожне нечітке число $\tilde{b} = (b, b, c)$ описуємо парою функцій $u(r)$ та $v(r)$, $r \in [0,1]$, $u(r) = b \leq v(r)$, $r \in [0,1]$,

$v(0) = c$. Тоді, справедливим буде подання нечіткого образу $f(\tilde{b})$ нечіткого аргументу \tilde{b} у вигляді пари функцій $(U(r), V(r))$, $r \in [0,1]$, де $U(r) = f(u(r))$ та $V(r) = f(v(r))$, $U(r) = f(b) = B \leq V(r)$, $r \in [0,1]$, $V(0) = f(c)$, $V(1) = B$. Отже, маємо трикутне подання нечіткого образу, визначеного на відрізку $r \in [0,1]$.

Розглянемо динаміку дифузійного процесу, що описується однорідним скалярним рівнянням дифузії [2] вигляду

$$\frac{\partial w(x,t)}{\partial t} = -k(t) \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2} \quad (2)$$

з початковою умовою $w(x,0) = g(x) \geq 0$, $0 \leq x \leq 1$, та крайовими умовами $w_x(0,t) = w_0 \geq 0$, $w_x(1,t) = w_1 \geq 0$, $t \in [0,T]$, де $k(t)$, $k(t) > 0$ – коефіцієнт дифузії, $g(x)$ – задана початкова функція.

Враховуючи другий закон Фіка та ефект сорбції, вважаємо, що коефіцієнт дифузії є спадною функцією у часі, а сам часовий інтервал $[0,T]$ складається з заданої кількості одиниць часу, що дозволяє досліджувати динаміку процесу дифузії в умовах звичайного ритму вимірювання часу.

З урахуванням таких припущень розв'язок рівняння (2) будемо шукати у вигляді

$$w(x,t) = w(x) + af(t), \quad (3)$$

де $f(t)$ – задана зростаюча функція, $f(t) \geq 0$, $t \in [0,T]$, $f(0) = 0$, похідна від якої $f'(t)$ є спадаючою функцією, $a > 0$ – деяка константа, а невідома функція $w(x)$ з урахуванням зростання концентрації речовини, що розповсюджується, записується у вигляді

$$w(x) = \int_0^x R(s) ds, \quad (4)$$

з шуканою функцією $R(s)$, $s \in [0,1]$.

За наведених умов дифузійне рівняння (2) зводиться до вигляду

$$af'(t) = -k(t)R'(x) \quad (5)$$

з початковою умовою $w(x) = g(x) \geq 0$, $0 \leq x \leq 1$, та крайовими умовами $R(0) = w_0 \geq 0$, $R(1) = w_1 \geq 0$, $t \in [0,T]$.

Проведено чисельні експерименти, в рамках яких отримано розв'язки дифузійних рівнянь без урахування та з урахуванням нерівномірності часового плину. Проведено їх аналіз, який підтвердив необхідність врахування впливу нечіткого сприйняття часового обліку при дослідженні динаміки процесів у часі. В отриманих чисельних розрахунках продемонстровано цікаві ефекти моделювання процесів інформаційного розповсюдження в соціальному середовищі з урахуванням різних темпів плину часу.

Список використаних джерел:

1. Amir Sadeghi, Ahmad I.M. Ismail, Azhana Ahmad, Ehsan Abbasnejad. A note on solving the fuzzy Sylvester matrix equation/ A.Sadeghi, A.I.M. Ismail, A.Ahmad, E. Abbasnejad. // Journal of Computational Analysis and Applications, 2013. – V.15. – №1. – P.10-22.
2. Араманович И.Г. Уравнения математической физики/ И.Г. Араманович, В.И.Левин. – М.: Наука. – 1969. – 288 с.

¹ **М.О. Кітєв**

к.т.н., доцент

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ФОРМУЛЮВАННЯ ІНТЕГРОВАНОГО КРИТЕРІЮ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ MICROGRID ТА SMART-ТЕХНОЛОГІЙ

Обґрунтуванню ефективності застосування відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) активно займаються вчені КНР, Євросоюзу, Бразилії [1, 2] та ін. Єдиного критерію оцінки енергоефективності технологій і устаткування при виробництві сільськогосподарської продукції на сьогоднішній день немає. Розробці систем та рішень щодо моніторингу якісних показників електроенергії присвячено ряд наукових досліджень як в Україні, так і за кордоном. В роботі Л.О. Копилової [3] розроблено інтелектуальну автоматизовану систему керування електроспоживанням та електропостачанням промислового підприємства. Інтелектуальні методи керування представлені нечіткою логікою. Визначенню оптимальних варіантів приєднання ВДЕ до електричних мереж присвячено дослідження І.С. Гончаренко [4]. В роботі визначаються оптимальні місця приєднання, потужності та типи ВДЕ. Коректно вибрані точки приєднання джерел до мережі та потужність агрегатів можуть покращити роботу мережі, забезпечити додаткові економічні переваги для споживачів енергії. Автор пропонує інтегральний показник для порівняння варіантів приєднання, який представляє собою систему критеріїв - економічного та технічного критерію. Тобто задача є багатокритеріальною.

Метою дослідження є аналіз схем енергозабезпечення с/г підприємств для отримання критерію оцінки енергоефективності інтегрованих систем споживання на базі MicroGrid та SMART-технологій [5]. У с/г виробництві в якості енергоресурсів в основному використовується електро-, тепла енергія та моторне паливо. При децентралізованому енергопостачанні електроенергію отримують від: дизельних, сонячних, вітро- та гідроелектростанцій; газотурбінних, когенераційних, біогазових установок. Критерій оцінки технологій, які використовують електроенергію, представлений на рис. 1. Позначення: $\Delta W_{\text{норм}}$ і ΔW_{ϕ} - нормативні та фактичні втрати енергії в системі електроспоживання, W_{ϕ} і $W_{\text{опт}}$ - масиви фактичної й оптимальної витрати енергії на виробництво продукції по підприємству за заданий період, K_e - критерій оцінки технологій споживання енергоресурсів, $K_{\text{исп}}$ - коефіцієнт використання обладнання; $K_{\text{ел}}$ - коефіцієнт переведення в кВт-год; V - об'єм випускаємої продукції, тон; C_1 - зменшення втрат електроенергії та економію коштів при застосуванні певного варіанту підключення джерела ВДЕ; C_2 - економічна ефективність застосування ВДЕ: α_1 , α_2 - вагові коефіцієнти технічного та економічного компонентів цільової функції відповідно. A - втрати електроенергії для i -го варіанта приєднання відновлюваних джерел енергії до електричної

мережі, кВт·год; $A0$ – втрати електроенергії у початковій схемі електричної мережі, до приєднання джерел, кВт год. $P_{ВДЕ}$ – встановлена потужність джерела, $T_{ВДЕ}$ – тариф на електроенергію, вироблену джерелом, $C_{ВДЕ}$ – питома вартість спорудження ВДЕ, $K_{пр}$ – коефіцієнт приєднання ВДЕ.

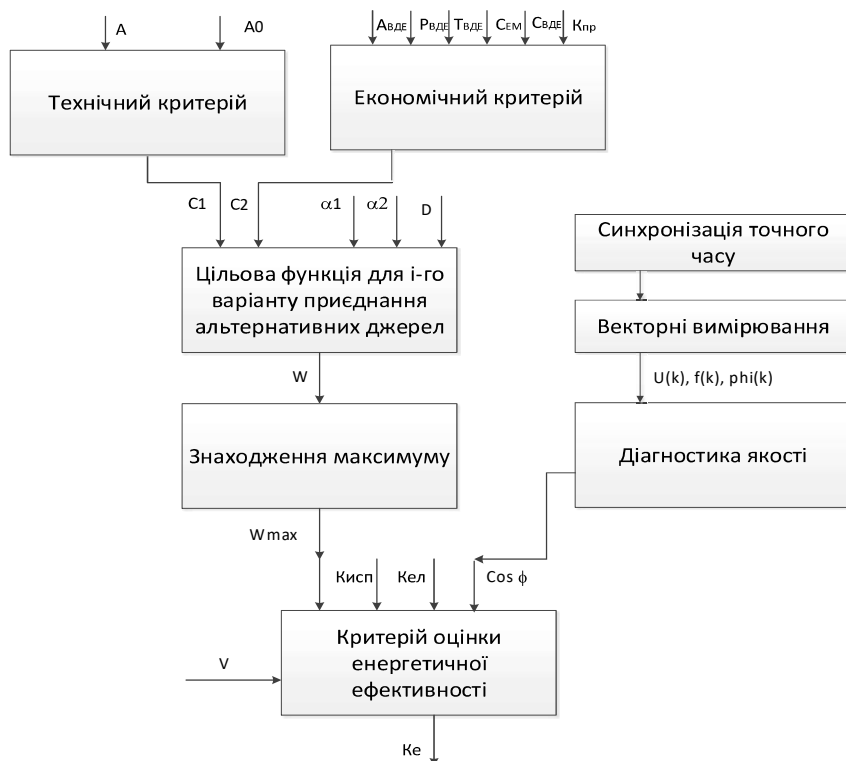


Рис. 1 – Блок-схема формулювання критерію оцінки енергетичної ефективності систем електроспоживання

Список використаних джерел:

1. Dileep G. A survey on smart grid technologies and applications. Renewable Energy, Vol. 146, February 2020, Pages 2589-2625.
2. Abinash Singh, Balwinder Singh Surjan. Microgrid: a Review . IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology eISSN: 2319-1163 | pISSN: 2321-7308.
3. Копилова Л.О. Інтелектуальна автоматизована система керування електроспоживанням та електропостачанням промислового підприємства. Дисертація на здобуття наук. Ступеня канд. техн. наук. – К., НУХТ, 2018. – 248 с.
4. І.С. Гончаренко. Визначення оптимальних варіантів приєднання відновлюваних джерел енергії до електричних мереж. Дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. К., ІЕД НАН України, 2017. – 145 с.
5. Kiktev N. The concept of the intelligent automated system for diagnostics of the quality of electric power. XXXVI International Conference «Problems of Decision Making Under Uncertainties» (PDMU-2021), Kyiv, May 11 – 14, 2021. – p.48.

УДК 519.8

¹ **Н.К. Максишко**

доктор економ. наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики

¹ **І.В. Козін**

доктор фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри економічної кібернетики

¹ **О.І. Баштаник**

ст. викладач кафедри економічної кібернетики

¹⁻³ *Запорізький національний університет, Запоріжжя*

ПРО МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ В ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ

Розглядається актуальна задача оптимізації структури системи закладів освіти на територіях новостворених територіальних громад [1]. Задача на сьогодні є актуальною, проте рішення щодо її розв'язку, як правило, приймається директивно без аналізу необхідної інформації. Тому ці рішення викликають багато нарікань і вимагають надлишкових витрат із бюджетів громад. З іншого боку, вся необхідна інформація для планування освітніх послуг на часовому горизонті до 10 років в громадах існує. Для розв'язання задачі потрібно, по-перше, перевести цю інформацію в цифровий формат, по друге, розробити систему підтримки прийняття рішень, яка міститиме метод розв'язання задачі з умовами багатоваріантності та різного роду невизначеності даних. Навіть для невеликих територіальних громад задача є складною і потребує нетрадиційних підходів.

У роботі пропонується модель та метод розв'язання задачі розміщення закладів освіти з багатьма умовами на основі використання метаевристик на фрагментарних структурах.

За [2] фрагментарною структурою (X, E) на скінченій множині X будемо називати сімейство її підмножин $E = (E_1, E_2, \dots, E_n)$, де $\emptyset \in E$ і $\forall E_i \in E, E_i \neq \emptyset \exists x \in E_i$, такий, що $E_i \setminus \{x\} \in E$. Елементи з сімейства E будемо називати допустимими фрагментами. Таким чином, для будь-якого непорожнього допустимого фрагмента E_i існує нумерація його елементів $E_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}\}$ така, що $\{x_{i1}\} \in E$, $\{x_{i1}, x_{i2}\} \in E$, ..., $\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}\} \in E$.

Запропонований підхід дає можливість розробляти нові та удосконалювати існуючі системи підтримки прийняття рішень для задачі розміщення закладів освіти з урахуванням багатьох умов, деякі з яких важко формалізуються.

Список використаних джерел:

1. Сайт «Децентралізація». <https://decentralization.gov.ua/gromadas>
2. Козин І.В., Перепелица В.А., Максишко Н.К. Фрагментарные структуры в задачах дискретной оптимизации. Кибернетика и системный анализ. 2017. № 6. С. 125–131.

¹ А.І. Мамашова² Є.В. Малахов^{1,2} Одеський національний університет ім. І.І Мечникова

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧІ ПІДБОРУ ЕКІПАЖУ СУДНА

У зв'язку з розвитком логістики зростає потреба кадрів на торговельному флоті. Проте через пандемію і міжнародні обмеження свободи пересування по світу виникають додаткові вимоги і критерії підбору екіпажу на судна. У багатьох базах даних, в тому числі, і в базі розглянутого підприємства є можливість пошуку інформації за допомогою фільтрів сортування даних. Але часто цього не достатньо для якісного відбору кандидатів на вакансії компаній-партнерів і, до того ж, займає багато часу на відбір. Отже доцільним є створення системи, яка б дозволила спростити цю задачу і могла надати кілька рішень, які максимально підходять користувачеві, для вибору особою, що приймає рішення.

Відповідно, при роботі з великою кількістю інформації (big data) можливим рішенням є застосування алгоритмів побудови кластерів на основі наявних даних, що є актуальним завданням для дослідження. Користувачами системи виступають менеджери круїнговою компанії, завдання яких знайти та підготувати кандидатів на відкриту вакансію замовника.

У роботі було розглянуто методи рішення задач систематизації працевлаштування кандидатів на судна іноземних судновласників за допомогою кластеризації. Проведено аналіз сучасних методів рішення задач систематизації, зокрема, найбільш ефективних та сучасних методів кластеризації, які дозволять вирішувати поставлену задачу швидким і ефективним способом. На підставі результатів аналізу і враховуючи деякі моменти специфіки предметної області було прийнято рішення використовувати алгоритм t-SNE та метод k-середніх для побудови системи.

Для реалізації кластеризації було обрано наступні засоби :

- Anaconda Distribution (Spyder) для реалізації функціональних вимог до системи за допомогою мови програмування Python;
- середовище розробки Spyder;
- база даних мовою SQL.

Шляхами вдосконалення проєкту є створення єдиної моделі, застосування системи таксономічної ідентифікації для предметної області та використавши більш досконалих ідентифікаційних ключів.

Мета цього проєкту була досягнута та реалізована в повному обсязі. Планується впровадження створеного алгоритму кластеризації в роботу бази даних підприємства.

Список використаних джерел:

1. Kimball R., Caserta J. The Data Warehouse ETL Toolkit: Practical Techniques for Extracting, Cleaning, Confirming and Delivering Data. Wiley, 2004.
2. Институт Национальный открытый университет, Курс «Академия Big data» [электронный ресурс] - <https://intuit.ru/studies/courses/12385/1181/info>

¹**І. А. Миц**

Кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики

²**В. В. Ніколенко**

Кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри інформаційних управляючих систем та технологій

³**О. В. Варцаба**

Аспірант кафедри кібернетики і прикладної математики

⁴**Д. С. Динис**

Аспірант кафедри кібернетики і прикладної математики

^{1,2,3,4} ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

МЕТОД ЗНАХОДЖЕННЯ БАЗИСІВ СИСТЕМ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ

У даній роботі описуються усі базиси булевих функцій, арність яких не перевищує три. Запропонований метод дозволяє знаходити усі базиси для довільного набору булевих функцій.

Ключові слова: базис, характеристика Поста, відношення еквівалентності

Задачі пошуку, побудови базисів систем булевих функцій досліджуються у роботах [1,2,3]. Відомо, що з булевих функцій арність яких не перевищує два, можна побудувати 17 базисів: два одномісних, дев'ять двомісних та шість тримісних.

Кожній булевій функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ поставимо у відповідність 5-мірний булевий вектор, який вказує належність функції до одного з п'яти класів Поста [4]: $\chi(f) = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$, де $v_i = 1$ тоді і тільки тоді, коли f не належить відповідному класу Поста і $v_i = 0$ у протилежному випадку. Вектор $\chi(f)$ називається характеристикою Поста функції f .

Означення 1. Булеві функції f_1 і f_2 називаються еквівалентними за характеристикою Поста, якщо $\chi(f_1) = \chi(f_2)$.

Позначимо через σ_x відношення еквівалентності за характеристикою Поста. Якщо K – клас булевих функцій, то фактор-клас K/σ_x складається з 32 елементів, які утворюють 5-мірний куб Поста. У вершинах кубу вказуються характеристики Поста функцій, які входять у відповідний суміжний клас, а також їх кількість n_l (рис. 1). Проведені дослідження показали, що в кубі Поста 17 класів є порожніми, а саме класи з номерами 1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 27, 28.

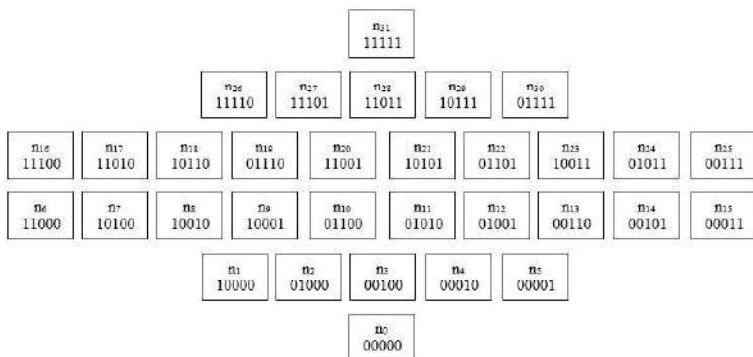


Рис.1 – Вершини кубу Поста

Використовуючи непорожні класи кубу Поста, а також операції над характеристиками, отримуємо теорему.

Теорема 1. Для довільної системи булевих функцій S можна побудувати:

- $N_1 = n_{31}$ однофункціональний базис;
- $N_2 = n_{26}(n_{29} + n_{30} + n_{23} + n_{24} + n_{25} + n_9 + n_{12} + n_{14}) + n_{29}(n_{30} + n_{17} + n_{24} + n_{12}) + n_{30}(n_{17} + n_{23} + n_9) + n_{17}n_{14}$ двофункціональних базисів;
- $N_3 = n_{17}n_{24}n_3 + n_{23}n_{24}(n_{25} + n_{13} + n_{14} + n_3) + n_{24}n_{25}n_9 + n_{17}n_9(n_{13} + n_3) + n_{23}n_{12}(n_{13} + n_{14} + n_3) + n_9n_{12}n_{13}$ трифункціональних базисів;
- $N_4 = n_9n_{12}n_{14}n_4 + n_9n_{12}n_3n_4$ чотирифункціональних базисів.

Для класу M_3 тримісних булевих функцій знайдено розподіл функцій за суміжними класами: $n_6 = 3$; $n_3 = 23$; $n_4 = 105$; $n_9 = 1$; $n_{12} = 1$; $n_{23} = 3$; $n_{24} = 3$; $n_{25} = 41$; $n_{26} = 4$; $n_{25} = 60$; $n_{30} = 60$; $n_{31} = 56$.

Використовуючи цей розподіл і теорему 1, отримаємо теорему 2.

Теорема 2. У класі M_3 можна побудувати 10646 базисів: 56 однофункціональних базисів, 5356 двофункціональних базисів, 1244 трифункціональних базисів, 3990 чотирифункціональних базисів.

Список використаних джерел:

1. G. Birkhoff, On the structure of abstract algebras: Proceedings of the Cambridge philosophical society, volume 31, 1935, pp. 433-454.
2. А. Г. Курош. Лекции по общей алгебре. Москва: Наука, 1973. С. 3-393.
3. Р. Сикорский. Булевы алгебры. Москва: Мир, 1969. 375 с.
4. С. В. Яблонский, Г. П. Гаврилов, В. П. Кудрявцев. Функции алгебры логики и классы Поста. Москва: Наука, 1966. 120 с.

¹І. А. Мич

Кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики

²В. В. Ніколенко

Кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри інформаційних управляючих систем та технологій

³О. В. Варцаба

Аспірант кафедри кібернетики і прикладної математики

^{1,2,3}ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

БАЗИСНА ЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ У КЛАСІ УНІВЕРСАЛЬНИХ БУЛЕВИХ АЛГЕБР

У роботі вводиться поняття базисної еквівалентності, будується фактор-решітка класу алгебр M_2 , знаходиться зріз M_2 / σ за всіма базисами.

Ключові слова: універсальна булева алгебра, сигнатурний граф, базисна еквівалентність

У роботі продовжуються дослідження класу універсальних булевих алгебр, сигнатура яких складається з операцій, арність яких не перевищує два.

Кожній алгебрі $U_i = \langle A, \Omega \rangle \in M$ поставимо у відповідність 17-мірний булевий вектор $H_i = \{\alpha_1^i, \alpha_2^i, \dots, \alpha_{17}^i\}$, де $\alpha_j^i = 1$, якщо з операцій Ω можна утворити j -базис і $\alpha_j^i = 0$ у іншому випадку. Вектор H_i називається характеристичним базисним вектором алгебри U_i . Позначимо через $B(U_i)$ множину усіх базисів алгебри $U_i = \langle A, \Omega_i \rangle$ з операцій, що входять в Ω .

Означення 1. Алгебри U_1 і $U_2 \in M$ називаються базисно еквівалентними $U_1 \overset{\sigma}{=} U_2$, якщо $B(U_1) = B(U_2)$.

Якщо алгебри $U_1 = \langle A, \Omega_1 \rangle$ і $U_2 = \langle A, \Omega_2 \rangle$ мають характеристичні базисні вектори $H_1 = \{\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_{17}^1\}$ і $H_2 = \{\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_{17}^2\}$, то $U_1 \leq U_2$ тоді і тільки тоді, коли $H_1 \leq H_2$, тобто $\alpha_i^1 \leq \alpha_i^2$, $\forall i = 1, 2, \dots, 17$.

Означення 2. Алгебра $U_1 = \langle A, \Omega_1 \rangle$ називається базисною підалгеброю алгебри $U_2 = \langle A, \Omega_2 \rangle$, якщо $U_1 \leq U_2$.

Означення 3. Алгебра $U_i = \langle A_i, \Omega_i \rangle$ називається максимальною в класі алгебри M_t , якщо $\forall U_j \in M_t, U_j \geq U_i$.

Означення 4. Базисною решіткою M / σ класу алгебр M називається фактор-решітка за базисною еквівалентністю σ .

У базисній решітці M / σ сімнадцять ярусів, на k -му ярусі знаходяться всі алгебри з сигнатури операцій яких можна скласти k базисів. У сигнатурних графах ребра несли інформацію про операцію, яка змінювала сигнатури алгебр,

що їх з'єднували. У базисних графах ребра вказують на базис, який змінює два суміжні класи M / σ . Ребро у базисних графах вказує на операції, які змінюють сигнатури канонічних алгебр, що входять до відповідних змінених класів. Оскільки така зміна може призвести до виникнення додаткових базисів, то ребра в базисних графах можуть з'єднувати суміжні класи, які знаходяться в не сусідніх ярусах. Аналогічно, як в роботах [1, 2] розіб'ємо M_2 на класи: M_2^1 , M_2^2 , M_2^3 , M_2^4 і опишемо суміжні класи M_2^1 за базисними еквівалентностями σ .

Найбільше алгебр класу M_2^1 мають характеристичний базисний вектор $(0,0,\dots,0)$. Це вісімдесят вісім функціонально неповних алгебр [1]. Є два суміжні класи K_{10}^1 , K_{10}^2 , до складу яких входять десять алгебр і ці класи мають ізоморфні сигнатурні графи. Три класи K_8^1 , K_8^2 , K_8^3 мають у своєму складі по вісім алгебр; чотири класи K_7^1 , K_7^2 , K_7^3 , K_7^4 мають у своєму складі по сім алгебр; двадцять два класи $K_4^{t_1}$, $t_1=1,2,\dots,22$, до класу яких входить чотири алгебри; тридцять класів $K_2^{t_2}$, $t_2=1,2,\dots,30$ – по дві алгебри і сто сімдесят шість $K_1^{t_3}$, $t_3=1,2,\dots,176$ – по одній алгебрі.

У роботі побудовано базисну решітку фактор-класу M_2 / σ . Вершини решітки будуть кодуватися бінарними кодами базисів або сигнатурним кодом канонічних алгебр, які входять до відповідного класу. Ребра будуть кодуватися або номерами базисів або номерами базисів або кодами операцій, які з'єднують канонічні алгебри.

У кожному елементі фактор-класу є одна канонічна алгебра, а решта алгебр вільні. Тому фактор решітку можна побудувати використовуючи множину канонічних алгебр.

Оскільки між канонічними алгебрами і базисними векторами існує взаємнооднозначна відповідність, то базисна решітка ізоморфна сигнатурній решітці канонічних алгебр, яка описана в [1].

Теорема 1. Потужність класу M_2 / σ рівна 1060 алгебр.

Список використаних джерел:

1. І. А. Мич, В. В. Ніколенко, О. В. Варцаба. Дослідження сигнатурного кубу універсальних булевих алгебр. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Математика і інформатика». 2020. Вип. 2 (37), С. 157–167. DOI: [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2020.2\(37\).157-167](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2020.2(37).157-167).
2. І. А. Мич, В. В. Ніколенко, О. В. Варцаба. Структура сигнатурного кубу булевих алгебр. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Математика і інформатика». 2021. Вип. 1 (38), С. 149–156. DOI: [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2021.38\(1\).149-156](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2021.38(1).149-156)

УДК 5196

¹ Ніколенко В.В.

к. ф.-м. н., доцент кафедри інформаційних управляючих систем та технологій

² Роспопа П.М.

аспірант

³ Харук С.С.

аспірант

¹⁻³ Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

АПРОКСИМАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ РЯДІВ ЗУБЧАТИМИ РЯДАМИ

В роботі вивчаються зубчаті ряди, які використовуються для визначення потенціалів динамічних рядів [1].

Динамічний ряд $V = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ – це числова послідовність, яка задана на множині $T \subset \mathbb{N}$, де T – це множина часових відліків. Кількість елементів в ряді називається його довжиною. Послідовність $V_i = \{z_{i_1}, z_{i_2}, \dots, z_{i_n}\}$ називається підрядом V , якщо $\forall z_{i_k} \in V, \exists z_{j_k} \in V$ таке, що $z_{i_k} = z_{j_k}$ і $i_{k_1} < i_{k_2} \Rightarrow j_{k_1} < j_{k_2}$.

Відрізки це підряди ряду без пропусків і дублювання елементів. Вони визначаються в ряді V заданням першого елемента z_i і довжиною відрізка K .

Відрізок часового ряду $z_{i_1}, z_{i_2}, \dots, z_{i_k}$ ряду V називається монотонно зростаючим (спадаючим), якщо $z_{i_1} \leq z_{i_2} \leq \dots \leq z_{i_k}$, ($z_{j_1} \geq z_{j_2} \geq \dots \geq z_{j_k}$).

Точка $z_j \in V$ називається точкою максимуму (мінімуму), якщо $z_{i-1} \leq z_i \leq z_{i+1}$, ($z_{j-1} \geq z_j \geq z_{j+1}$).

Крім того першу точку z_1 і останню z_n ряду V будемо вважати точками мінімуму, якщо $z_1 \leq z_2$; $z_n \leq z_{n-1}$ і точками максимуму якщо, $z_1 \geq z_2$; $z_n \geq z_{n-1}$. Точки максимуму і мінімуму традиційно називаються точками екстремума.

Таким чином кожний динамічний ряд починається і закінчується точкою екстремумів, а решта точки екстремумів знаходяться на перетині кінців монотонно зростаючих і спадаючих відрізків. Точки локальних максимумів чергуються з точками локальних мінімумів.

Підряд називається екстремальним, якщо він складається тільки з екстремальних точок.

Твердження 1. Для кожного динамічного ряду \exists єдиний екстремальний підряд максимальної довжини існує чотири типи екстремальних підрядів:

- 1) тип W_1 починається і закінчується точками локальних мінімумів;
- 2) тип W_2 починається точкою мінімуму і закінчується точкою максимуму;
- 3) тип W_3 починається точкою максимуму і закінчується точкою мінімуму;
- 4) тип W_4 починається і закінчується точкою максимуму.

Нехай $z_{a_1}, z_{a_2}, \dots, z_{a_k}$ всі точки локальних мінімумів ряду V , а $z_{b_1}, z_{b_2}, \dots, z_{b_m}$ – всі точки локальних максимумів [2]. Для

$$W_1 \quad k = m + 1$$

$$W_2 \quad k = m$$

$$W_3 \quad k = m$$

$$W_4 \quad k = m - 1$$

якщо W_1, W_2, W_3, W_4 експериментальні підряди ряду V максимальної довжини, то потенціал ряду буде визначатись по одній з формул:

$$P(W_1) = \prod_{i=1}^m \frac{z_{b_i}}{z_{a_i}}$$

$$P(W_2) = \prod_{i=1}^k \frac{z_{b_i}}{z_{a_i}}$$

$$P(W_3) = \prod_{i=2}^m \frac{z_{b_i}}{z_{a_i}}$$

$$P(W_4) = \prod_{i=2}^k \frac{z_{b_i}}{z_{a_i}}$$

Два динамічні ряди V_1 і V_2 називаються екстремально еквівалентними, якщо їх екстремальні підряди максимальної довжини співпадають.

Динамічний ряд називається зубчастим, якщо всі його точки являються або точками локальних екстремумів, або лежать на прямих, що з'єднують ці екстремуми.

Твердження 2. Для довільно динамічного ряду V існує єдиний екстремально еквівалентний зубчастий ряд K і $P(V) = P(K)$.

Справедливість твердження безпосередньо впливає з приведених вище означень.

Зубчастим фільтром називається алгоритм h , який довільному динамічному ряду $V = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ ставить у відповідність екстремально еквівалентний зубчастий ряд $K = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$.

Побудуємо зубчастий фільтр h для ряду V $h(z_1) = u_1$, якщо z_1 – точка екстремума, $u_i = z_i$.

Якщо z_i знаходиться між найближчими екстремальними точками z_{i-t} і z_{i+p} то u_i буде знаходитись на прямій, що з'єднує ці екстремуми.

Проведемо пряму, що проходить через точку $(i-t, z_{i-t})$ і $(i+p, z_{i+p})$

$$\frac{x - (i-t)}{i+p - (i-t)} = \frac{g - z_{i-t}}{z_{i+p} - z_{i-t}};$$

$$\frac{x - i + t}{p + t} = \frac{g - z_{i-t}}{z_{i+p} - z_{i-t}}$$

Звідси пряма має вигляд:

$$g = z_{i-t} \frac{(z_{i+p} - z_{i-t})(x - i + t)}{p + t}, \text{ тоді}$$

$$u_i = g(i) = z_{i-t} + \frac{(z_{i+p} - z_{i-t})(i - i + t)}{p + t} = z_{i-t} + \frac{(z_{i+p} - z_{i-t})t}{p + t}$$

Розглянемо питання стиску інформації зубчастим фільтром h .

Для передачі динамічного ряду $V = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ при рівномірному кодуванні по теоремі Хартлі необхідно $I_v = n * \log_2 |A|$ біт інформації, де $|A|$ потужність шкали вимірювання числень динамічного ряду.

Для передачі зубчастого ряду K досить передати екстремальні точки. Нехай $v \in K$, $u_{j1}, u_{j2}, \dots, u_{jt}$ – множина всіх екстремумів. Для передачі кожного екстремума необхідно знаходити його значення і координати в динамічному ряді $I_k = t (\log_2 |A| + \log_2 n) = t \log_2 |A|n$.

Коефіцієнт стиску $K = \frac{I}{I_k} = \frac{n \log_2 |A|}{t \log_2 |A|n}$.

Для динамічного ряду нехай $|A| = 256$, тобто $z_i \in [1, 255]$, і $n = 32$, $t = 8$, тоді $K = \frac{32 \log_2 256}{8 \log_2 256 * 32} = \frac{32 * 8}{8 * 13} \approx 2,5$.

Величина коефіцієнта стиску залежить від співвідношення $q = \frac{n}{t}$. Звідси випливає твердження $K > 1$, якщо

$$q > \frac{\log_2 |A|n}{\log_2 |A|}.$$

Нехай V динамічний ряд, h – зубчастий фільтр, і $h(V) = K$.

Похибка фільтрації S буде визначатись як середнє квадратичне відхилення між відповідними елементами рядів V і K .

Нехай K – зубчастий ряд (n_1, n_2, \dots, n_n) і $n_{j1}, n_{j2}, \dots, n_{jt}$ – всі екстремуми цього ряду. Знайдемо динамічний ряд V_k такий, що похибка зубчастої фільтрації якого буде максимальною.

Динамічним рядом V_k буде ряд елементи якого

$$Z_i = u_{j_t}, \text{ якщо } j_t \leq i < j_{t+1}$$

пряма, що проходить через точку (z_{ik}, i_k) і точку $(z_{i_{k+1}}, i_{k+1})$

$$g = z_{ik} + \frac{\frac{x - i_k}{i_{k+1} - i_k} = \frac{g - z_{i_k}}{z_{i_{k+1}} - z_{i_k}}}{\frac{(x - i_k)(z_{i_{k+1}} - z_{i_k})}{i_{k+1} - i_k}},$$

похибка на цьому відрізку:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i_{k+1}}^{(j-j_k)^2 (z_{i_{k+1}} - z_{i_k})^2}{i_{k+1} - i_k}}.$$

Якщо таких відрізків u :

$$S = \sqrt{\sum k = 1 \sum j = i_n * \frac{(j - i_k)^2 (z_{i_{k+1}} - z_{i_k})^2}{(i_{k+1} - i_k)^2}}$$

Список використаних джерел:

1. Берзлев О.Я., Маляр М.М., Ніколенко В.В. – Багаторівневі адаптивні моделі в задачах передбачування // Науковий вісник Ужгород університету, серія математика та інформатика – 2009р. Вип. 19, ст 4-11.
2. Мич І.А., Ніколенко В.В., Потенціали деяких класів динамічних рядів // Науковий вісник Ужгород університету, серія математика та інформатика – 2015р. Вип. 27, ст 94-97.

УДК 004.85

¹ О.В. Орловський

аспірант

² С.Е. Остапов

доктор ф.-м. наук, професор, завідувач Кафедри програмного забезпечення

^{1,2} Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці

ВИКОРИСТАННЯ ПРЕДТРЕНОВАНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПОБУДОВІ КЛАСИФІКАТОРА ТЕКСТОВИХ ДАНИХ

Анотація. В роботі представлено дослідження можливостей по залученню предтренированих моделей при побудові класифікатора текстових даних, що покликано суттєво скоротити необхідність у підготовці великих масивів даних для тренування при збереженні відносно високих показників точності класифікації.

Вступ. Використання значних, навіть гігантських об'ємів даних при навчанні нейронної мережі для вирішення задачі класифікації залишається типовим підходом в більшості випадків, коли очікується якомога вищий показник точності роботи класифікатора. Чимало компаній можуть сконструювати систему по якісному збору, обробці та аналізу потоків ключових для свого бізнесу даних. Тим не менш, нерідко трапляються й кейси, при яких “достатньо високий” показник точності може бути цілком прийнятним, а от даних для тренування в наявності кілька десятків прикладів і їх подальший збір або синтетичне конструювання може бути невиправдано ресурсозатратним. Саме для таких випадків особливо актуальними є підходи, що дозволяють на основі наявної обмеженої кількості вхідних даних показати прийнятний результат. Одним з найбільш популярних ключових чинників, що використовується для досягнення цієї мети є використання предтренированих моделей в якості складової частини своєї системи.

При навчанні предтренированих моделей їх творці також не оминають стороною великі масиви даних. Ключовою відмінністю в даному випадку є те, що така модель тренується компанією із значними обчислювальними ресурсами на великому об'ємі часто відкритих даних широкого спектру (наприклад масив текстів з ресурсу Вікіпедія). Модель, звичайно, може мати оновлення, перетреновуватись із включенням нових даних. Але для простоти розуміння умовно можемо вважати, що тренується така система один раз, а використовувати її ми можемо скільки завгодно при чому для різних тематик і задач всередині кластеру задач класифікації.

Окремою значною перевагою може бути те, що такі моделі можуть бути мультимовні. Таким чином включивши її в свою систему, можливо одночасно покрити класифікацію випадків з використанням кількох мов, наприклад англійська, китайська, іспанська, хінді, російська, що покривають потреби

значної кількості населення планети [1]. Це особливо актуально в наш час глобалізації, коли інтернаціональний сервіс – цілком типова ситуація.

Відмінним прикладом такої мультимовної моделі є Universal Sentence Encoder (USE) від компанії Google [2]. Існує ціла низка варіантів цієї системи, що відрізняються:

- призначенням використання (генерація відповідей на запитання чи використання моделі в задачах класифікації, перекладу та ін.);
- розміром самої моделі (відповідно до кількості даних, залучених на тренування);
- кількості включених мов (від однієї до шістнадцяти в одній моделі).

Проаналізувавши дослідження [3] ми можемо скласти досить повне уявлення про можливості USE та спектр можливостей по його застосуванню. Також варто відзначити, що нами було апробовано включення цієї моделі в побудову власного класифікатора для англomовних та російськомовних даних. При тренуванні на близько 0.05% з набору даних один і той же класифікатор дозволив досягти близько 88% точності класифікації на російськомовних даних і 91% на англomовних відповідно. Більш детально про використані дані, особливості тренування, підбір гіперпараметрів буде висвітлено в окремій роботі. Проте в сухому залишку відзначаємо, що модель USE відмінно показує себе в експериментах та може стати надійною опорою для випадків коли ~ 90 % точність класифікації є цілком прийнятною, а ціна підготовки навчальних даних досить висока.

Один із ключових трендів останніх років у NLP – це використання алгоритму перенесення знань (Transfer Learning), прикладом якого є як і вищезгадана модель, так і надпотужна NLP модель Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT). Ця система мовна система складається з набору кодерів трансформерів, розмішених один над одним у форматі стеку. Кодер трансформера зчитує відразу всю послідовність слів. Тому він вважається двонаправленим, хоча було б точніше сказати, що він не однонаправлений. Ця характеристика дозволяє моделі вивчити контекст слова на основі всього речення (зліва та справа від слова). Принцип навчання моделі полягає в тому, що розробники попередньо тренують модель і дозволяють користувачам точно налаштовувати її на вузькопрофільне завдання. Детальніше про особливості системи та похідних від неї систем, що склали ціле BERT-сімейство можна дізнатись з дослідження [4].

Взявши до уваги описані вище системи та значно ширший спектр подібних їм систем, стверджуємо, що їх використання може бути цілком виправдано для:

- економії часу та інших ресурсів на підготовку даних для навчання мережі;
- оптимізації часу на розробку власної системи за рахунок перевикористання компонентів;
- випадків, коли очікується потреба в мультимовній класифікації.

Проте, як і будь-який інструмент, предтреновані моделі не являються срібною кулею. І тому є моменти, які варто з'ясувати, приймаючи рішення про залучення у свою систему:

—Як співвідноситься тематика текстових даних, по яких необхідно буде проводити класифікацію з відкритими даними широкого спектру, по яких було навчено модель. У випадках коли система буде працювати з специфічними текстами, повними спеціальних скорочень, аббревіатур, жаргонізмів та спеціальних слів цілком ймовірно, що більш доцільно буде обійти стороною предтреновану модель.

—Наскільки високою очікується точність кінцевої класифікації. При потребі досягнення найвищого показника точності може бути більш доцільно працювати лише з власними даними та власною архітектурою мережі.

—Наскільки використання додаткової моделі, яка, в певній мірі, являється “black box” у вашій системі може критично вплинути на прогнозованість кінцевого результату та здатність до відлагодження вашої системи.

Висновки. Врешті-решт, взявши до уваги зазначені переваги та недоліки описаних предтренованих моделей як класу рішень, що можуть стати у пригоді в навчанні класифікаторів тексту на невеликому масиві даних, стверджуємо, що вони однозначно варті уваги. Провівши декілька експериментів над вашими даними з використанням досить простої архітектури мережі та підключивши одну з готових моделей можливо швидко переконатись в досягненні досить високої прийнятної точності у швидкий термін розробки та навчання, що відкриває широкі горизонти для підлаштування власної системи під оптимальне співвідношення витрачених ресурсів та отриманого результату.

Список використаних джерел:

1. Pennycook, A. (2010). 27 Popular Cultures, Popular Languages, and Global Identities. The handbook of language and globalization, 592.
2. *Universal-sentence-encoder-multilingual-large. 16 languages (Arabic, Chinese-simplified, Chinese-traditional, English, French, German, Italian, Japanese, Korean, Dutch, Polish, Portuguese, Spanish, Thai, Turkish, Russian) text encoder.* (2021) – Режим доступу: <https://tfhub.dev/google/universal-sentence-encoder-multilingual-large/3>
3. Reddy, T., Williams, R., & Breazeal, C. (2021, March). Text classification for AI education. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE (Vol. 21).
4. Знахур, С. В., & Знахур, Л. В. (2020). Прогнозування пунктуації тексту на основі моделі BERT. Системи обробки інформації, (1 (160)), 94-99.

УДК 519.711.7:519.816

¹ О.Д. Поліщук

докт. техн. наук, ст. наук. співр.

² М.С. Яджак

докт. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.

^{1,2} *Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача
НАН України, м. Львів*

ПРО ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКИ СКЛАДНИХ ІЄРАРХІЧНО-МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ

Вступ. Наше уявлення про довколишній світ формується на основі наявної інформації про нього. Дані можуть отримуватись за допомогою візуальних та спеціальних засобів спостереження, експериментальних та теоретичних досліджень тощо. За результатами International Data Corporation у 2020 році об'єм створених людством даних склав приблизно 64.2×10^{12} Гб [1]. Якщо раніше під час розробки засобів підтримки прийняття рішень основна увага приділялася вирішенню проблеми невизначеності, яка породжувалась недостатністю даних [2], то з приходом третього тисячоліття та бурхливим розвитком новітніх інформаційних технологій виникла необхідність прийняття рішень в умовах занадто великих обсягів даних [3]. Але основна проблема полягає навіть не у кількості даних, а у відсутності ефективних методів ідентифікації та аналізу корисної інформації [4]. Натепер її вирішують шляхом розробки методів пошуку необхідної інформації в погано структурованих та «засмічених» різномірною помилковою, неважливою та недостовірною інформацією сховищах даних. Це найпростіший, однак далеко не найефективніший спосіб вирішення згаданої проблеми, особливо враховуючи, що з часом темпи збільшення обсягів інформації будуть невинно зростати. Альтернативний підхід полягає у формуванні структурованих інформаційних моделей (ІМ) та моделей оцінювання (МО) принаймні найважливіших для людського соціуму реальних складних систем, у яких ідентифікація та відсів більшої кількості «інформаційного сміття» відбувається ще на етапі заповнення, а отже пошук корисної інформації здійснюється значно швидше та результативніше.

Інформаційні моделі складних ієрархічно-мережевих систем. Структура ІМ системи певним чином повинна відображати її структуру. Серед найбільш досліджуваних можна назвати складні ієрархічно-мережеві структури, а саме структури, кожен складову певного рівня ієрархії яких можна зобразити у вигляді підмережі нижчого рівня ієрархії або підпорядкувати їй таку підмережу [5]. Схожі структури є найбільш розповсюдженими у людському соціумі – державному управлінні, військових та безпекових службах, промисловості та релігійних конфесіях тощо і зазвичай саме в них найгостріше постає питання прийняття рішень щодо подальших дій стосовно системи.

Дослідження та ефективна організація роботи реальної складної ієрархічно-мережової системи (СІМС) потребує цілісного та повного уявлення про неї. Це

уявлення формується на підставі всієї інформації про історію, поточний стан та побудований на їх основі прогноз поведінки такої системи. Базуючись на цьому, можна сформувати інформаційну модель СІМС – тотожну до структури системи динамічну структуру даних, кожна компонента якої містить інформацію про стан та процес функціонування відповідної складової системи у поточний момент, минулому та майбутньому, починаючи з найнижчого рівня ієрархії та закінчуючи системою загалом.

Перед тим, як визначати принципи формування інформаційних моделей реальних СІМС, необхідно зрозуміти, які дані слід вносити до таких моделей. Зазвичай це розуміння відображається поняттям «корисності» інформації для відповідної системи. Як корисну інформацію ми розглядаємо дані, що сприяють кращому відображенню процесів, які перебігають у системі, та можуть бути використані під час прийняття рішень, які допомагають оптимізувати її стан та процес функціонування або уникати загроз з дестабілізації або припинення роботи цієї системи. Загалом, кожна система повинна сформувати власні критерії корисності даних, які вносяться в її інформаційну модель.

Основна мета створення інформаційної моделі – спрямованість на відповідні рівні та елементи управління СІМС для спрощення процесу прийняття рішень щодо подальших дій стосовно підпорядкованих їм складових системи. Звідси слідують природні вимоги до змісту, форми подання, якості та об'єму даних, якими заповнюється інформаційна модель: об'єктивність, своєчасність, актуальність, зрозумілість, достовірність, мінімальна достатність, повнота [6] тощо. Основне завдання, яке постає під час формування ІМ системи – відсів дубльованих, неважливих і недостовірних даних та структуризація і зберігання лише корисної інформації про систему. Під структуризацією у даному випадку ми розуміємо впорядкування інформації за ознакою її приналежності до опису конкретної складової СІМС з метою спрощення подальшого пошуку та аналізу.

Моделі оцінювання складних ієрархічно-мережевих систем. Навіть дотримуючись описаних вище принципів формування, ІМ можуть містити дані надзвичайно великих обсягів, які нереально опрацювати «вручну» у прийнятні проміжки часу. Одним із способів вирішення цієї проблеми є формування на основі ІМ моделей оцінювання СІМС [5]. Кожній інформаційній моделі СІМС можна поставити у відповідність модель регулярного та/або інтерактивного оцінювання системи. Модель регулярного оцінювання будується на основі інформації, отриманої під час періодичних планових досліджень СІМС або зібраної протягом певного часу її функціонування, та передбачає:

- локальне оцінювання стану, якості функціонування та взаємодії елементів системи-основи;
- агреговане оцінювання елементів системи на усіх управлінських рівнях ієрархії, при якому узагальнений висновок про стан та якість функціонування підпорядкованої певному елементу підмережі є визначальним для оцінки цього елемента системи;
- прогностичне оцінювання стану та якості функціонування елементів усіх рівнів ієрархії.

Метою регулярного оцінювання є глибокий та ретельний аналіз стану, процесу функціонування та взаємодії усіх елементів системи.

Модель інтерактивного оцінювання СІМС будується на основі результатів неперервного моніторингу процесу функціонування системи та містить ті ж складові, що й модель регулярного оцінювання [7]. Інтерактивне оцінювання проводиться неперервно у режимі реального часу та полягає у постійному відстежуванні взаємодії мережових та міжрівневих потоків з елементами СІМС. Висновки, отримані у результаті інтерактивного оцінювання, є опосередкованими, але від того не менш важливими для контролю за станом та якістю функціонування системи і окремих її складових.

У ІМ системи під час її наповнення можуть потрапляти різні «аномалії», які прийнято поділяти на два типи – так звані викиди та приховану новизну [8]. Пошук викидів полягає в ідентифікації помилкових, недостовірних, неважливих або дубльованих даних та подальшому їх виправленні або видаленні. Пошук новизни полягає у цілеспрямованому виявленні даних, нетипових за тими чи іншими ознаками для відповідної реальної системи, несумісних з існуючими уявленнями та теоріями або таких, що не відповідають новим вимогам і стандартам. Збережені в ІМ після попередньої обробки дані є базою для пошуку прихованої новизни. Для виявлення подій, які визначаються новизною, необхідно здійснити пошук у всій інформаційній моделі, тобто у всій сукупності наявних даних про систему, яких може бути надзвичайно багато, різної якості та розподілених по різних складових ІМ. Основною метою пошуку прихованої новизни є визначення її масовості, повторюваності та розподіленості у просторі та часі. Модель пошуку новизни є третім видом моделі оцінювання СІМС і також включає в себе методи локального, агрегованого та прогностичного аналізу появи нетипових для системи подій.

Оптимізація обчислень в задачах оцінювання складних систем. Під час неперервного моніторингу великих складних систем значні обсяги даних постійно надходять із багатьох джерел, а під час пошуку новизни необхідно в прийнятні проміжки часу проаналізувати величезні обсяги інформації, які містяться в ІМ системи, для своєчасного прийняття відповідних рішень. Це вимагає розробки спеціальних методів оперативного опрацювання даних на сучасних обчислювальних засобах – комп'ютерах з багатоядерним процесором, кластерах, високопродуктивних обчислювальних середовищах тощо.

Для попереднього опрацювання в режимі реального часу великих масивів спотворених та пошкоджених вхідних даних, які використовуються під час оцінювання системи, розроблено високопаралельні алгоритми розв'язання задач цифрової фільтрації різної вимірності [9]. У праці [10] запропоновано загальний підхід до оптимізації методики комплексного оцінювання СІМС на основі крупноблочного розпаралелювання. У межах кожного із блоків реалізується один із типів оцінювання складових системи. Для подальшого прискорення обчислювального процесу побудовано ефективні паралельні алгоритми оцінювання елементів та підсистем на різних рівнях ієрархії [11]. Також нами запропоновано паралельні алгоритми інтерактивного оцінювання складових СІМС [12].

Розроблені паралельні алгоритми опрацювання великих обсягів інформації під час дослідження об'єктів складних систем дозволяють певним чином вирішувати проблему Big Data в реальних СІМС, зокрема транспортних, водопостачання, енергозабезпечення тощо.

Висновки. В роботі запропоновані підходи до вирішення проблеми аналізу величезних обсягів інформації, яка описує поведінку реальних складних систем. Ці підходи полягають у створенні інформаційних моделей та побудові на їх основі моделей оцінювання стану, процесу функціонування та взаємодії складових таких систем. Такі моделі та засоби оперативного опрацювання даних дозволяють у режимі реального часу аналізувати поточну поведінку системи і перспективи її подальшого розвитку та є потужним математичним інструментарієм для створення експертних систем і систем підтримки прийняття рішень у різних предметних областях.

Список використаних джерел:

1. С. Карасев, В 2020 году человечество сгененирировало 64,2 зеттабайт данных, но сохранило только 2% из них, 2021. URL: <https://www.ferra.ru/news/techlife/cifra-dnya-skolkodannykh-sozdalo-chelovechestvo-v-2020-godu-26-03-2021.htm>.
2. C. A. Holloway, Decision making under uncertainty: models and choices, Prentice-Hall Englewood Cliffs, New York, 1979.
3. F. Provost, T. Fawcett, Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making, Big Data 1 (1) (2013): 51-59.
4. Д. О. Поліщук та ін., Комплексне детерміноване оцінювання складних ієрархічно-мережевих систем. I. Опис методики, Системні дослідження та інформаційні технології 1 (2015): 21-31.
5. M. Chessell et al, Common information models for an open, analytical, and agile world, IBM Press, New York, 2015.
6. Д. О. Поліщук та ін., Комплексне детерміноване оцінювання складних ієрархічно-мережевих систем. IV. Інтерактивне оцінювання, Системні дослідження та інформаційні технології 1 (2016): 7-16.
7. V. Hodge, J. Austin, A survey of outlier detection methodologies, Artificial Intelligence Review 22 (2004): 85-126.
8. M. A. F. Pimentel et al, A review of novelty detection, Signal Processing 99 (2014): 215-249.
9. М. С. Яджак, Високопаралельні алгоритми та засоби для розв'язання задач масових арифметичних і логічних обчислень, Автореферат дисертації ... д. ф.-м. н., спеціальність 01.05.03, Київський національний університет ім. Т. Шевченка, Київ, 2009.
10. М. Яджак та ін., Оптимізація методики комплексного оцінювання складних систем на підставі паралельних обчислень, Інформатика та математичні методи в моделюванні 4 (2016): 347-356.
11. O. Polishchuk et al, Issues of regional development and evaluation problems, AASCIT Communications 2(4) (2015): 115-120.
12. О. Д. Поліщук, М. С. Яджак, Мережеві структури та системи: IV. Паралельне опрацювання результатів неперервного моніторингу, Системні дослідження та інформаційні технології 2(2019): 105-114.

УДК 004.89

¹ **О.В. Присяжнюк**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформатики та інформаційних технологій

² **О.М. Близнюкова**

Кандидат психологічних наук, старший викладач кафедри практичної психології

^{1,2} *Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, Кропивницький*

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО ПІДХОДУ У ЗАДАЧАХ ПРИЙНЯТТЯ ПСИХОДІАГНОСТИЧНИХ РІШЕНЬ

Проблеми розробки систем підтримки прийняття психодіагностичних рішень наразі знаходяться у фокусі уваги науковців, як з боку фахівців зі штучного інтелекту, так і психологів-практиків. Це пов'язано з актуальністю психодіагностичних завдань в сучасному суспільстві та динамічним розвитком комп'ютеризованого інструментарію в роботі практичних психологів.

Одним з важливих класів задач психодіагностичного обстеження, що безпосередньо вимагає застосування математичних методів, є задачі побудови рівневих градацій. В таких задачах виникає необхідність оцінки окремих показників психосоціальної сфери (ПСС) суб'єктів, а при необхідності їх інтеграція в деякий єдиний показник з метою присвоєння відповідного рівня. Практичні задачі цього класу виникають:

- в ситуаціях визначення рівня шкільної зрілості та психологічної готовності дитини для навчання в школі;
- для дослідження фрустраційних реакцій у ситуаціях наявності реальних або уявних нездоланих перешкод;
- за необхідності визначення ціннісно-орієнтаційної єдності групи та рівня розвитку міжособистісних стосунків;
- для проведення психологічної експрес діагностики кібербулінгу з метою виокремлення рівневих градацій постраждалих.

Обмеження традиційних математичних методів прийняття рішень полягає в тому, що вони не дозволяють описувати причинно-наслідкові зв'язки між показниками психосоціальної сфери та рішенням про наявність та інтенсивність досліджуваного показника природною мовою, яка представляє логіку міркувань спеціаліста з психодіагностики [1]. Для прийняття рішення про рівень градації досліджуваного показника у респондента пропонується побудувати відповідну математичну модель на основі лінгвістичної апроксимації із застосуванням правил нечіткого логічного виводу [2].

Нехай, y – вихідна змінна (рівень досліджуваного поняття), x_1, x_2, \dots, x_n – вхідні змінні (часткові показники ПСС, що складають цілісне поняття).

Вважаємо відомими:

- множину часткових показників ПСС респондента x_1, x_2, \dots, x_n , $i = \overline{1, n}$, які вимірюються, зазвичай, в балах і впливають на рішення про рівень градації;

- множини термів для якісної оцінки x_i , $i = \overline{1, n}$ з відповідної лінгвістичної шкали $T_{x_i} = \{T_{x_i}^1, T_{x_i}^2, \dots, T_{x_i}^{m_{x_i}}\}$, де m_{x_i} – кількість лінгвістичних змінних у шкалі для x_i ;

- функції належності, які дозволяють представляти якісні терми T_{x_i} для x_i , $i = \overline{1, n}$ у вигляді нечітких множин;

- множину рішень (терм множину змінної y) в предметній області, що розглядається, $T_y = \{T_y^1, T_y^2, \dots, T_y^{m_y}\}$, де m_y – кількість лінгвістичних змінних у шкалі для y .

Далі здійснюється структурна ідентифікація моделі за допомогою формування нечіткої бази знань. У базу знань заносяться результати так званого віртуального (уявного) експерименту, в процесі якого експерт відповідає на запитання: якою буде лінгвістична оцінка вихідного показника y при заданому сполученні лінгвістичних оцінок показників x_i , $i = \overline{1, n}$.

Набір нечітких продукційних правил $Rules = \{Rule_j\}$, $j = \overline{1, r}$ для даної бази знань має вигляд:

$$Rule_j = "if\ x_1\ is\ T_{x_1}^{any}\ and\ x_2\ is\ T_{x_2}^{any}\ ...and\ x_n\ is\ T_{x_n}^{any},\ then\ y^j\ is\ T_y^{any}"$$

Застосування правил $Rules$ дозволяє фіксованій множині якісних оцінок часткових показників ПСС $\{T_{x_i}\}$, $i = \overline{1, n}$ конкретного респондента поставити у відповідність рішення T_y про рівень досліджуваного поняття.

Розробка системи підтримки психодіагностичних рішень на основі використання нечіткої моделі дозволить психологу-практику отримати відповідний комп'ютерний інструментарій, зокрема, для вирішення задач психологічної експрес-діагностики, що є запорукою ефективної превентивної та корекційної роботи.

Список використаних джерел:

1. Червинская К.Р. Концепция «извлечения экспертных знаний» в инженерно-психологическом контексте //Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2008. – Серия 12. – Вып. 3. – С. 394-402.
2. Бідюк П.І., Коршевнок Л.О. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. – Київ: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2019. – 340 с.

УДК 004.9

¹ **Ю.О. Прокопчук**

д.т.н., доцент, професор

² **П.С. Носов**

к.т.н., доцент, доцент

³ **С.М. Зінченко**

к.т.н., доцент, доцент

^{1,2} *Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро*

³ *Херсонська державна морська академія, Херсон*

КОНЦЕПЦІЯ «КОГНІТИВНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ» ЯК МЕТОДИЧНА ОСНОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДМОВСТІЙКОСТІ, КАТАСТРОФОСТІЙКОСТІ ТА АНТІХРУПКОСТІ

Вступ. Когнітивні можливості, такі як сприйняття, міркування, навчання і планування, перетворюють технічні системи в системи, які «знають, що вони роблять» (Cognitive Technical Systems; Smart Machines: Building Machines that Learn and Think Like People / for Themselves). Ці машини повинні створювати причинні моделі світу, які підтримують пояснення і розуміння, а не просто здатні вирішувати проблеми розпізнавання образів. Кластер «CogTecSys» досліджує когнітивні функції для технічних систем, таких як транспортні засоби, роботи і фабрики, когнітивні ОС, кіберфізичні системи (Cognitive Architecture for Cyber-Physical Systems; Cognitive Architecture to Introduce Artificial Intelligence in Cyber-Physical Production Systems). Приклади - IBM Watson IoT, Cognitive Computing Systems (Cognitive computing systems are autonomous systems that are based on machine cognition), Cognitive Satellite Constellations (Self-organizing Coalitions for Managing Complexity), Cognitive Internet, Autonomous Systems (Cognition is the basis for autonomous systems), Symbiotic Autonomous Systems (автомобілі, судна, дрони і т.д.). Когнітивні технічні системи (КТС) будуть набагато легше взаємодіяти між собою і між людьми, і вони будуть більш надійними, гнучкими і ефективними [1, 2, 3, 4]. Є розуміння, що іншого шляху управління зростаючою складністю завдань і технологій немає.

В доповіді стверджується, що КТС є надійною основою забезпечення відмовостійкості, катастрофостійкості та антіхрупкості автономних систем.

Дійсно, фахівці NASA та Google DeepMind [2] вважають за кращий підхід, який засновано на концепції автономії (створення автономних агентів з людськими здібностями). Зокрема, вони прагнуть до агентів, які можуть, як створювати, так і експлуатувати свої власні внутрішні моделі з мінімальним «ручним» втручанням. Приклад – технологія Self-Play. Вони вважають, що такий підхід має найбільші шанси на успіх, оскільки він масштабується в сторону реальної складності, вирішуючи завдання, для яких готові формальні моделі недоступні. Цей підхід значною мірою перекикається з підходом «Artificial general intelligence - AGI». В рамках «NASA Technology Taxonomy» значна увага приділяється розробці «NASA Platform for Autonomous Systems».

У доповіді розглядається математичне і програмне забезпечення критично важливих цілеспрямованих систем, для яких важлива гнучкість в умовах обмежених ресурсів і радикальної невизначеності, але неприйнятні відмови функціонування. Обґрунтовується необхідність глибокої інтелектуалізації критичних (автономних) систем [2, 3, 4].

Основний матеріал. Ми пропонуємо архітектуру, яка надає антихрупкість інтелектуальним автономним системам. Ця архітектура дозволяє системі самовдосконалюватися, відкриваючи нові можливості, отримані або в результаті самих небезпек, або шляхом пізнання та обмірковування. Засади, на яких базується архітектура [2, 3, 4]: інтелектуальна математика, когнітивні обчислення, втілене пізнання; багатомасштабний фазовий простір на основі мереж начерків, мультифізичності та мультиформалізму; безперервний автопоезис системи управління / системи прийняття рішень; контроль невизначеності на основі концепції критичності в рамках парадигми граничних узагальнень; використання «Платформи автономних систем» (приклад - «Платформа НАСА»); використання функціоналу «глобального Мозку» (приклад - IBM Watson), зокрема, когнітивних асистентів операторів складних систем; використання механізму самонавчання Self Play, попереджувальні розрахунки та симуляція всіх загрозливих станів об'єкта, зокрема, за допомогою тренажерів [4]; використання методології сучасної теорії катастроф; використання екстремальних / ургентних обчислень в критичних ситуаціях; використання антихрупких обчислень (Computational Antifragility and Antifragile Engineering: Elasticity + Resilience + Cognitive Learning); візуалізація акторів / суден в середовищі змішаної реальності і автоматизоване ситуаційне інформування з використанням даних AIS в реальному часі.

Висновки. Запропонований підхід дозволяє вирішувати надзвичайно складні завдання в режимі реального часу і в співробітництві з людьми (операторами складних систем).

Список використаних джерел:

1. Mujumdar A., Mohalik S., Badrinath R. (2018). Antifragility for Intelligent Autonomous Systems. <https://arxiv.org/abs/1802.09159>.
2. Прокопчук Ю.А. (2019). Актуальные вопросы построения когнитивных технических систем широкого класса. Збірник наукових праць міжнародної конференції “Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті” (Херсон, 28 – 30 травня 2019 р.). Херсон: ХДМА. С. 274 – 277.
3. Прокопчук Ю.А., Белецкий А.С. (2016). Технологическая платформа ургентных вычислений на основе когнитивного подхода. Збірник праць міжнародної конференції “Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті” (Херсон, 24-26 травня 2016р.). Херсон: ХДМА. С. 34 – 37.
4. Nosov P., Zinchenko S., Ben A., Prokopchuk Y., Mamenko P., Popovych I., Moiseienko V., Kruglyj D. (2021). Navigation safety control system development through navigator action prediction by data mining means. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 2 No. 9 (110): Information and controlling system. 55-68. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229237.

УДК 519.8

І.І. Рясна

Кандидат фіз.-мат. наук, науковий співробітник

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, м. Київ***ПРОБЛЕМА ПОБУДОВИ НЕЧІТКИХ МІР СХОЖОСТІ**

Вступ. При розв'язанні складних прикладних задач виникає необхідність працювати з кількісною та якісною інформацією, отриманою з різних джерел. У багатьох важливих для практики випадках дані, цілі та обмеження визначаються в нечітких термінах природної мови або понять певної предметної області, до того ж якісну та кількісну інформацію часто отримують на основі експертних оцінок. Ця проблема зазвичай формулюється або як проблема розробки методів і алгоритмів, які працюють зі змішаною кількісно-якісною інформацією, або як проблема агрегування оцінок у моделях зі змішаною кількісно-якісною інформацією [1].

Основна частина. Цю проблему досліджено на основі репрезентативної теорії вимірювань на прикладі побудови нечіткої міри схожості та розглянуто два способи її побудови [2, 3].

У першому випадку, який, зазвичай, використовується за відсутності нечіткості, нечітка міра схожості визначається з урахуванням результатів вимірювання значень нечітких властивостей шляхом агрегування з використанням нечітких логічних операторів. Сформульовано теорему подання, в якій досліджуються умови існування нечіткої міри схожості. Доведено, що при вимірюваннях за абсолютною шкалою вимірювання, для якої допустимі лише тотожні перетворення, умова рефлексивності для такої нечіткої міри схожості виконується лише за наявності певних обмежень, тобто у загальному випадку ця умова не виконується. Крім того, така нечітка міра схожості не є адекватною при вимірюваннях значень функції належності нечіткої властивості за шкалою відношень, інтервалів або порядку.

Запропоновано другий спосіб обчислення нечіткої міри схожості, який за аналогією з коефіцієнтом кореляції, що використовується в статистиці, названо коефіцієнтом лінгвістичної кореляції (КЛК).

Нехай X – скінченна множина елементів емпіричної системи, W – скінченна множина нечітких властивостей елементів множини X , визначених вербально. Результат вимірювань значень функцій належності для сукупності властивостей $W = \{w_1, \dots, w_n\}$, n – кількість властивостей, у загальному випадку може бути гомогенною або гетерогенною нечіткою множиною.

Означення. КЛК (K_{lingv}) та парціальним КЛК (k_i) назовемо, відповідно,

$$K_{\text{lingv}}(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i(x, y), \quad (1)$$

$$k_i(x, y) = \tau_i^*(\tilde{D}_x^i, \tilde{D}_y^i) = \left(\sum_{j=1}^{m(w_i)} \min(\eta_x(t_j^i), \eta_y(t_j^i)) / \sum_{j=1}^{m(w_i)} \max(\eta_x(t_j^i), \eta_y(t_j^i)) \right), \quad (2)$$

де $\tau_i^*(\tilde{D}_x^i, \tilde{D}_y^i)$ – парціальна міра схожості за властивістю $w_i \in W$, яка визначена у математичній системі з відношеннями, \tilde{D}_x^i та \tilde{D}_y^i – результати вимірювань значень властивості $w_i \in W$, відповідно, елементів $x, y \in X$, $\eta_x(t_j^i)$ визначає міру належності значення t_j^i властивості w_i елемента $x \in X$, $\{t_1^i, \dots, t_{m(w_i)}^i\}$ – множина вербальних значень властивості $w_i \in W$, $m(w_i)$ – їхня кількість (за властивістю $w_i \in W$).

За формулами (1), (2) визначено нечітку міру схожості на $X \times X$, так як $k_i(x, x) = 1$, $k_i(x, y) = k_i(y, x)$, $k_i(x, y) \in [0, 1]$, $K_{\text{lingv}}(x, x) = 1$, $K_{\text{lingv}}(x, y) = K_{\text{lingv}}(y, x)$, $K_{\text{lingv}}(x, y) \in [0, 1]$, причому вимірювання значень функції належності здійснюються за абсолютною шкалою. На відміну від першого способу визначення міри схожості за допомогою нечітких логічних операторів у випадку вимірювань значень функцій належності за абсолютною шкалою за допомогою КЛК для забезпечення умови рефлексивності нечіткої міри схожості не потрібні будь-які обмеження на значення функцій належності нечітких властивостей елементів. Доведено теореми про інваріантність КЛК при вимірюваннях за шкалою відношень, а також за шкалою порядку або інтервалів після застосування допустимого монотонного перетворення на базі відповідних рангів, яке призводить до інваріантності значень функції належності парціальної нечіткої міри схожості.

Висновки. З позицій репрезентативної теорії вимірювань розглянуто два способи побудови нечіткої міри схожості. Наведено приклад побудови нечіткої міри схожості, яка не є адекватною у випадку вимірювання значень функцій належності нечітких якісних властивостей об'єктів у абсолютних шкалах, шкалах порядку, відношень та інтервалів. З метою побудови адекватної формальної моделі нечіткої міри схожості введено поняття КЛК. На основі КЛК визначена інваріантна нечітка міра схожості на гомогенних та гетерогенних нечітких множинах, яка може використовуватись у задачах нечіткого кластерного аналізу та оптимізації на нечітких множинах.

Список використаних джерел:

1. Інформатика в Україні: становлення, розвиток, проблеми. /Сергієнко І.В.; за заг. ред. Капітонова Ю.В., Лебедева Т.Т. Київ: НАН України, Ін-т кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Київ: Наукова думка, 1999. 354 с.
2. Рясная И.И. Об адекватности нечеткой шкалы в задачах нечеткого кластерного анализа. *Компьютерная математика*. Киев: Ин-т кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины. 2018. № 2. С. 71 – 79.
3. Рясная И.И. Кластерный анализ: проблема адекватности. Proc. XX Int. Conf. «Knowledge-Dialogue-Solution» (September 8–10, 2014, Kyiv). Kyiv–Sofia: ITNEA, 2014. С. 75 – 86.

УДК 519.8

¹ **Н.В. Семенова**

д. ф.-м. н., п. н. с.

² **М.М. Ломага**

ст. викладач

¹ *Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ*² *ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород*

ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУВАННЯ РОЗВ'ЯЗКІВ ЗАДАЧ ЛЕКСИКОГРАФІЧНОЇ ОПУКЛОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ З ЛІНІЙНИМИ ФУНКЦІЯМИ КРИТЕРІЇВ

Лексикографічне впорядкування використовується для встановлення правил субординації й пріоритету. Тому значну кількість задач, в тому числі задачі оптимізації складних систем, задачі стохастичного програмування в умовах ризику, задачі динамічного характеру та ін., можна подати у вигляді лексикографічних задач оптимізації. Актуальним є вивчення питань можливості розв'язання лексикографічних задач векторної оптимізації, у яких множина допустимих розв'язків необмежена і опукла.

Розглянемо задачу лексикографічної оптимізації наступного вигляду:

$$Z_L(F, X): \max^L \{F(x) | x \in X\},$$

де $F(x) = (f_1(x), \dots, f_\ell(x))$, $\ell \geq 2$, $f_k(x) = \langle c_k, x \rangle$, $c_k \in R^n$, $k \in N_\ell = \{1, 2, \dots, \ell\}$,

$X = \{x \in R^n | g^i(x) \leq 0, x \geq 0, i \in N_m\}$, $g^i(x)$, $i \in N_m$, – опуклі функції.

Під розв'язанням задачі $Z_L(F, X)$ будемо розуміти пошук елементів множини $L(F, X)$ лексикографічних оптимальних розв'язків, яку задамо у такий спосіб:

$$L(F, X) = \{x \in X | v(x, F, X) = \emptyset\},$$

де $v(x, F, X) = \{x' \in X | \exists j \in N_\ell : f_j(x') > f_j(x) \wedge j = \min \{i \in N_\ell : f_i(x') \neq f_i(x)\}\}$.

Як відомо [1, 2], множина $L(F, X)$ може бути визначена, як результат розв'язання послідовності ℓ скалярних задач $Z_{L_i}(F, X)$, $i \in N_\ell$, опуклого програмування з лінійними цільовими функціями. Отже, задачу $Z_L(F, X)$ можна розглядати як задачу послідовної оптимізації.

Згідно [2] скінченність множини X є достатньою умовою існування оптимальних розв'язків лексикографічної задачі оптимізації. Також множина $L(F, X)$ не порожня, якщо множина векторних оцінок $Y = \{F(x) | x \in X\}$ обмежена і замкнена. Однак у випадку нескінченної допустимої області X множина лексикографічно оптимальних розв'язків може бути порожньою.

Необмеженість опуклої множини X означає, що $0^+ X \setminus \{0\} \neq \emptyset$, де $0^+ X = \{y \in R^n | \forall x \in X : x + ty \in X, t \geq 0\}$ – рецесивний конус множини X .

Аналіз задачі $Z_L(F, X)$ проведемо з урахуванням властивостей рецесивного конусу 0^+X [3] й конусу $K^L = \{x \in R^n \mid Cx >^L 0\}$, що лексикографічно впорядковує допустиму множину відносно критеріїв оптимізації, який назвемо також конусом перспективних [4] лексикографічних напрямків задачі $Z_L(F, X)$.

Для довільного $x \in X$ істинне висловлювання [2]:

$$x \in L(F, X) \Leftrightarrow (x + K^L) \cap X = \emptyset.$$

У випадку опуклої замкненої необмеженої допустимої множини X задачі $Z_L(F, X)$ справедлива теорема [5].

Теорема 1. Необхідною умовою існування лексикографічно оптимальних розв'язків задачі $Z_L(F, X)$ є порожній перетин конуса K^L перспективних лексикографічних напрямків і рецесивного конуса 0^+X , тобто

$$K^L \cap 0^+X = \emptyset. \quad (1)$$

Теорема 2 [6]. Нехай допустима множина X задачі $Z_L(F, X)$ є замкненою опуклою багатогранною множиною. Необхідною і достатньою умовою існування лексикографічно оптимальних розв'язків цієї задачі є виконання рівності (1).

Отже, встановлено умови існування розв'язків багатокритеріальних задач лексикографічної оптимізації з необмеженою допустимою множиною на основі використання властивостей рецесивного конусу опуклої допустимої множини та конусу перспективних лексикографічних напрямків задачі $Z_L(F, X)$.

Отримані умови можна успішно використовувати при розробці алгоритмів пошуку оптимальних розв'язків зазначених задач лексикографічної оптимізації.

Список використаних джерел:

1. Подиновский В.В., Гаврилов В.М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. М.: Сов. радио, 1975. 192 с.
2. Червак Ю.Ю. Оптимізація. Непокращуваний вибір. Ужгород: Ужгородський національний університет, 2002. 312 с.
3. Рокафеллар Р. Выпуклый анализ. М.: Мир, 1973. 470 с.
4. Сергиенко И.В., Козерацкая Л.Н., Лебедева Т.Т. Исследование устойчивости и параметрический анализ дискретных оптимизационных задач. К.: Наук. думка, 1995. 171 с.
5. Семенова Н.В., Ломага М. М. Про існування і оптимальність розв'язків векторної задачі лексикографічної опуклої оптимізації з лінійними функціями критеріїв. *Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. матем. і інформ.* 2020. вип. 37, №2. С. 168-175.
6. Семенова Н.В., Ломага М. М., Семенов В.В. Існування розв'язків та метод розв'язання лексикографічної задачі опуклої оптимізації з лінійними функціями критеріїв. *Доповіді НАН України.* 2020. № 12. С 19–27.

УДК 519.854

¹**І.В. Сергієнко**

докт. фіз.-мат. наук, професор, академік НАН України, директор

²**В.П. Шило**

докт. фіз.-мат. наук, професор, провідний науковий співробітник

³**В.О. Рошин**

канд. фіз.-мат. наук, старший наук. співр., старший наук. співробітник

⁴**П.В. Шило**

канд. фіз.-мат. наук, науковий співробітник³

¹⁻⁴*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ*

ПРО ПРИСКОРЕННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОРТФЕЛІВ АЛГОРИТМІВ ДИСКРЕТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Багато задач дискретної оптимізації є універсальними. Розв'язання таких задач великої розмірності потребує обробки великих обсягів інформації за прийнятний час та можливе тільки на багатопроцесорних обчислювальних комплексах, ресурси яких не можна використовувати без відповідних паралельних методів. У зв'язку з цим важливу роль грають об'єднання (портфелі і команди) алгоритмів для розпаралелювання процесу розв'язання задач дискретної оптимізації [1].

Нехай $A = \{A_1, \dots, A_m\}$ – множина алгоритмів і є доступними p процесорів. Припустимо, що є імовірнісний алгоритм розв'язання дискретної оптимізаційної задачі, випадкова поведінка якого визначається датчиком псевдовипадкових чисел. Копією такого алгоритму будемо називати його варіант, одержаний при одному початковому значенні цього датчика. Очевидно, що при різних початкових значеннях датчика створюються різні копії вихідного алгоритму, які дають змогу здійснювати пошук відмінних між собою розв'язків.

Об'єднанням алгоритмів назвемо деяку підмножину множини A алгоритмів, які працюють паралельно над розв'язанням однієї задачі. Ця підмножина задається списком $\text{union list } \{n_1 A_1, \dots, n_m A_m\}$ алгоритмів A_i із зазначенням кількості $n_i, i = 1, \dots, m$, використовуваних ними процесорів, причому $\sum_{i=1}^m n_i = p$.

Якщо алгоритми, що входять в об'єднання, не обмінюються інформацією і працюють незалежно один від одного, то таке об'єднання називають портфелем алгоритмів.

При розробці портфеля алгоритмів можна паралельно запускати декілька копій одного і того ж алгоритму (однорідний портфель алгоритмів) або комбінувати об'єднання алгоритмів (неоднорідний портфель алгоритмів). У загальному випадку неоднорідний портфель кращий за однорідний. Хоча в літературі відзначається, що однорідні портфелі не є оптимальними, такі портфелі набагато легше налаштовувати, ніж неоднорідні. Якщо розрив між

ефективністю неоднорідного й однорідного портфелів не є істотним, простота налаштування є, як правило, більш кращим варіантом.

На прикладі задачі про максимальний зважений розріз графу (WMAXCUT), яка є класичною проблемою дискретної оптимізації та має численні практичні застосування, досліджено ефективність портфелів алгоритмів глобального рівноважного пошуку і алгоритмів, що поєднують ідеї алгоритмів глобального рівноважного пошуку та path relinking [1,2].

Обчислювальні експерименти з розпаралелювання процесу розв'язання задач WMAXCUT проводились за допомогою портфелів чотирьох таких алгоритмів з використанням чотирьохядерного персонального комп'ютера в режимі реального часу. Були вибрані тести, які широко застосовуються для перевірки алгоритмів розв'язання задач WMAXCUT. Використання портфелів алгоритмів дало змогу прискорити процес розв'язання задач.

Ще більшого прискорення обчислювального процесу вдалося досягти при проведенні аналогічних експериментальних досліджень з розпаралелювання процесу розв'язання задач WMAXCUT за допомогою портфелів port з різною кількістю ($m = 4, 8, 16, 32, 128$) алгоритмів ГРП з використанням багатопроцесорного обчислювального комплексу СКІТ-4 Інституту кібернетики. Проведено детальне дослідження результатів розв'язання задачі WMAXCUT великої розмірності (20 000 вершин) G81. Деякі з цих результатів представлено на рис. 1.

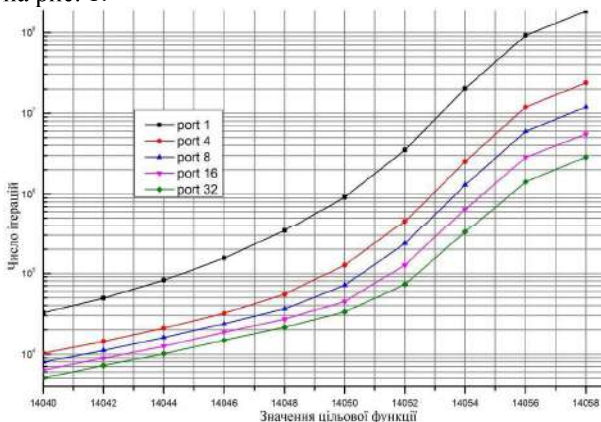


Рис. 1. Результати розв'язання задачі G81

отримано однаковий розв'язок задачі.

Таким чином, використання портфелів алгоритмів потребує менших часових витрат та дає змогу знайти кращі розв'язки задачі.

Список використаних джерел:

1. Сергієнко І.В., Шило В.П., Рошин В.О. Дискретна оптимізація. Алгоритми та їхнє ефективне використання. Київ: Наукова думка, 2020. 144 с.
2. Сергієнко І.В., Шило В.П. Задачі дискретної оптимізації: проблеми, методи рішення, дослідження. Київ: Наукова думка, 2003. 264 с.

Аналіз отриманих результатів показав, зокрема, що портфель із 32 алгоритмів глобального рівноважного пошуку у 32 рази швидше, ніж один алгоритм, знаходить розв'язок з однаковим значенням цільової функції. За допомогою портфеля із 128 цих алгоритмів у 127 разів швидше порівняно з одним алгоритмом

УДК 381.3

О.Є. Скукіс

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ

На основі проведеного аналізу існуючих інформаційних технологій та систем в сфері інформаційно-програмного забезпечення процесів транспортної логістики запропоновано варіант структури та склад інформаційної системи (ІС), розроблено програмне забезпечення її підсистем.

Відомо, що транспортна логістика – це переміщення необхідної кількості товару в потрібну точку оптимальним маршрутом за необхідний час і з найменшими затратами [1]. Серед основних задач транспортної логістики, як правило, виділяють наступні: вибір виду та типу транспорту; вибір перевізника; визначення раціональних маршрутів доставки; оптимізація процесу транспортування товарів [2].

Одна із підсистем запропонованої ІС призначена для побудови оптимального маршруту доставки вантажів. Цей процес зводиться до розв'язання дискретних оптимізаційних задач які, як правило, мають складну природу – велику розмірність, багатоекстремальність, неточність інформації та ін. Враховуючи ці обставини та результати проведеного аналізу існуючих ІТ [3], призначених для розв'язання подібних задач розроблено програмне забезпечення автоматизації обчислень, яке ґрунтується на наступних принципах:

- модульність програмного забезпечення;
- широкий вибір способів і інструментів обробки даних;
- використання простої проблемно-орієнтованої мови для формулювання завдань;
- автоматична організація процесу обробки даних;
- діалоговий режим роботи;
- сумісність з іншими програмними засобами.

Функціональні складові ІС забезпечують опис моделей розв'язуваних задач у термінах предметної області і визначають спосіб проведення обчислень, здійснюють контроль повноти підготовлених даних та керують процесом виконання розрахунків. Звітно-аналітична підсистема дозволяє представляти отримані результати в розрізі обраних обмежень та фільтрів.

Розробка запропонованої ІС проводилася із застосуванням об'єктно-орієнтованої технології, мова програмування C++.

Список використаних джерел:

1. G. Dantzig and J. Ramser. The Truck Dispatching Problem. Management Science. – 1959. – №1(6). – P. 80–90.
2. Скукіс А.Є. Оптимізаційні задачі в транспортній логістиці // Теорія оптимальних рішень. 2015, – С. 106–113.
3. Скукіс О.Є. Інформаційні технології в транспортній логістиці // Теорія оптимальних рішень. 2016, – С. 149–153.

УДК 519.85

¹ П.І. Стецюк

д. ф.-м. н., с.н.с., завідувач відділу

² А.А. Супрун

аспірант

^{1,2} Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ

ПРИСКОРЕННЯ GUROBI ТА CPLEX ДЛЯ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА

Задача комівояжера полягає в знаходженні найкоротшого гамільтонового циклу, який проходить через n вершин графа, відстань між якими $d_{ij} > 0$, $i, j = 1, \dots, n$, $i \neq j$. Вона може бути сформульована як задача змішаного булевого лінійного програмування такого вигляду [1]: знайти

$$d^* = \min_{x_{ij} \in \{0,1\}, z_{ij} \geq 0} \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij} x_{ij} \right\} \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ji} = 1, \quad \sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$z_{ij} - (n-1)x_{ij} \leq 0, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq j, \quad (3)$$

$$\sum_{i=2}^n z_{1i} = (n-1), \quad \sum_{i=2}^n z_{i1} = 0, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n z_{ji} - \sum_{j=1, j \neq i}^n z_{ij} = 1, \quad i = 2, \dots, n. \quad (5)$$

Тут булева змінна x_{ij} дорівнює одиниці, якщо цикл містить дугу ij , та дорівнює нулю в протилежному випадку. Невід'ємна змінна z_{ij} задає величину потоку деякого умовного продукту від вершини i до вершини j .

Мінімізація цільової лінійної функції (1) відповідає пошуку гамільтонового циклу мінімальної довжини d^* . Обмеження (2) описують одноразовий вхід та одноразовий вихід для кожної із вершин. Обмеження (3), (4) і (5) гарантують зв'язність циклу. Обмеження (3) забезпечують перевезення продукту між вершинами i та j тільки в тому випадку, якщо $x_{ij} = 1$. Обмеження (4), (5) означають, що з першої вершини необхідно вивезти k одиниць продукту, залишаючи в кожній з вершин циклу лише одну одиницю продукту.

Задача (1)–(5) містить $N = 2n(n-1)$ змінних, з яких $n(n-1)$ є булеві, а $n(n-1)$ – неперервні, та $M = (n+1)^2$ обмежень, у тому числі $(3n+1)$ – лінійні рівності, а $n(n-1)$ – лінійні нерівності. Якщо $n=100$, то кількості змінних та обмежень вимірюються десятками тисяч. Для таких розмірів задачу (1)–(5) можна успішно розв'язувати за допомогою сучасних програм Gurobi 9.1.1 та CPLEX 20.1.0.0 з

NEOS-сервера [2]. Наша мета – оцінити час розв’язання задач комівояжера у формі (1)–(5) при $n = 100$ за допомогою вказаних програм.

При цьому ми проілюструємо вплив двох типів додаткових обмежень у формі лінійних нерівностей, які можна додати до задачі (1)–(5) з метою прискорення методів гілок та меж, які використовуються програмами Gurobi та CPLEX. Перший тип лінійних нерівностей має вигляд

$$x_{ij} + x_{ji} \leq 1, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq j, \quad (6)$$

і означає, що для кожної дуги ij потік можна пересилати тільки в одному, але довільному напрямку. Другий тип лінійних нерівностей має вигляд

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} \leq n, \quad (7)$$

і означає, що цикл містить не більше, ніж n дуг.

Якщо обмеження (6) або обмеження (7) додати до задачі (1)–(5), то це не змінить множину допустимих розв’язків, але забезпечить більш точні межі для тих ЛП-підзадач, які використовуються для відсікання тієї чи іншої гілки дерева рішень у методі гілок та меж. Часові витрати (в секундах) Gurobi та CPLEX для розв’язання задач (1)–(5), (1)–(5),(6) та (1)–(5),(7) для п’яти відомих графів kro100A÷kro100E ($n = 100$) з бібліотеки TSPLIB представлено у таблиці.

Задача	d^*	t_{gurobi} (сек.) для задач			t_{cplex} (сек.) для задач		
		(1)-(5)	(1)-(5),(6)	(1)-(5),(7)	(1)-(5)	(1)-(5),(6)	(1)-(5),(7)
kro100A.tsp	21282	44.97	28.79	33.04	695.88	98.19	73.32
kro100B.tsp	22141	121.29	73.23	80.09	551.18	152.92	162.31
kro100C.tsp	20749	65.90	17.27	54.77	423.77	83.58	108.45
kro100D.tsp	21294	83.82	19.89	71.35	423.04	85.41	92.13
kro100E.tsp	22068	130.86	52.00	75.70	479.86	102.57	91.93

Розрахунки проводилися на NEOS-сервері. Тут *.tsp – назва відповідної евклідової задачі комівояжера; $t_{gurobi} \cdot t_{cplex}$ – час, затрачений на розв’язання задач програмами Gurobi 9.1.1 та CPLEX 20.1.0.0.

Висновок. Для 100-вершинних графів евклідові задачі комівояжера у формі (1)–(5) можна розв’язувати за декілька хвилин на сучасних ПЕОМ за допомогою нових версій **gurobi** та **cplex**. Використання додаткових лінійних обмежень (6) та (7) дозволяє прискорити процес розв’язування задачі в декілька разів. Описана техніка може бути використана для прискорення **gurobi** та **cplex** при знаходженні найкоротших k -вершинних шляхів та циклів [3].

Список використаних джерел:

1. Алексеева Е.В. Построение математических моделей целочисленного линейного программирования. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 2012. – 131 с.
2. NEOS Server. <https://neos-server.org/>
3. Стецюк П.И. Формулировки задач для кратчайшего k -вершинного пути и кратчайшего k -вершинного цикла в полном графе // Кибернетика и системный анализ. – 2016. – № 1. – С. 78–82.

УДК 519.85

¹ **В.О. Стовба**

Доктор філософії (PhD), молодший науковий співробітник

² **О.О. Жмуд**

Аспірант

^{1,2} Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ

ГРАДІЄНТНИЙ МЕТОД З КРОКОМ ПОЛЯКА ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ КВАДРАТИЧНИХ ФУНКЦІЙ БАГАТЬОХ ЗМІННИХ

Розглядається градієнтний метод з кроком Поляка в перетвореному просторі змінних (метод В)

$$x_{k+1} = x_k - h_k B \frac{B^T g_f(x_k)}{\|B^T g_f(x_k)\|}, \quad h_k = \frac{m(f(x_k) - f^*)}{\|B^T g_f(x_k)\|}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (1)$$

який є частинним випадком субградієнтного методу з кроком Поляка [1,2]. Метод (1) можна використати для знаходження точки $x_e^* \in R^n$ такої, що $f(x_e^*) \leq f^* + \varepsilon$, де $f(x)$, $x \in R^n$ – гладка опукла функція, $f^* = f(x^*)$, $g_f(x)$ – її градієнт, h_k – крок Поляка (Агмона-Мощкіна-Шонберга) в перетвореному просторі змінних $y = Ax$, $A = B^{-1}$.

Якщо матриця $B = I$, де I – одинична матриця, описаний метод збігається з класичним градієнтним методом з кроком Поляка (метод А):

$$x_{k+1} = x_k - h_k \frac{g_f(x_k)}{\|g_f(x_k)\|}, \quad h_k = \frac{m(f(x_k) - f^*)}{\|g_f(x_k)\|}. \quad (2)$$

Розглянемо результати роботи градієнтного методу з кроком Поляка та його модифікацій з використанням операції перетворення простору та параметра $m > 1$ для мінімізації квадратичних функцій багатьох змінних різної структури, які задаються матрицями з великим числом обумовленості.

Приклад 1 (метод А при $m = 1, 2$). Мінімізується квадратична функція $f_1(x) = (x - e)^T D (x - e)$, де $x, e \in R^n$, $n = 10\,000\,000$, $e = (1, \dots, 1)^T$, D – діагональна матриця, діагональні елементи якої заповнюються так: $d_i = 1 + \alpha \cdot \text{rand}[0, 1]$, $\alpha \in \{2.0; 1.0; 0.5; 0.1; 0.01\}$. Для функції $f_1(x)$ точка мінімуму $x^* = (1, \dots, 1)^T$ та $f^* = 0$. Кількості ітерацій методу для різних відношень максимального λ_{\max} та мінімального λ_{\min} власних чисел матриці D наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

№	λ_{\max}	λ_{\min}	$m = 1$		$m = 2$		q
			itr	$f(x_k^*)$	itr	$f(x_k^*)$	
1	3	1	45	9.6065e-21	42	2.7832e-21	1.07
2	2	1	45	6.0550e-21	27	3.5420e-21	1.67
3	1.5	1	45	4.5327e-21	19	2.1762e-21	2.37
4	1.1	1	45	3.4582e-21	11	1.7910e-22	4.09
5	1.01	1	45	3.2485e-21	7	1.7799e-23	6.43

Результати таблиці 1 показують, що використання параметра $m=2$ для квадратичної функції $f_1(x)$ дозволяє скоротити кількість ітерацій класичного методу більше ніж у 6 разів, про що свідчить показник $q = itr_{m=1}/itr_{m=2}$.

Приклад 2 (порівняння методів А та В при $m=1,2$). Мінімізується функція $f_2(x) = x^T Hx + b^T x + c$, де $x, b \in R^n$, $n=1000$; $H = A^T A$ – симетрична матриця, що задається матрицею $A = \{a_{ij}\}_{i,j}^{k,n}$, елементи якої рівні $a_{ij} = 1 + \alpha \cdot rand[0,1]$, $\alpha \in \{0.1; 1; 10; 50; 200\}$, $k=50000$; $x^* = rand[0,10]$. Вектор b та скаляр c обираються так, щоб $f^* = 0$. Кількості ітерацій методів А та В при $m=1,2$ для різних відношень $\lambda = \lambda_{\max}/\lambda_{\min}$ наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

α	λ_{\max}	λ_{\min}	λ	Метод А		Метод В	
				$m=1$	$m=2$	$m=1$	$m=2$
0.1	1.1e-03	6.2e-10	1.8e+06	7399	14	20	5
1	2.3e-03	6.2e-08	3.7e+04	1892	18	21	6
10	3.6e-02	6.2e-06	5.8e+03	932	22	23	8
50	6.8e-01	1.5e-04	4.4e+03	879	26	25	9
200	1.0e+01	2.5e-03	4.1e+03	1449	28	27	10

З таблиці 2 бачимо, що кількість ітерацій методу В при $m=1,2$ є значно меншою порівняно з методом А при $m=1$. Детальні результати обчислювальних експериментів з методами А та В для різних типів гладких та негладких функцій представлено в роботі [3].

Висновки. Градієнтний метод з кроком Поляка можна значно прискорити за допомогою операції перетворення простору та використання параметра $m > 1$ для мінімізації квадратичних яружних функцій багатьох змінних.

Робота підтримана грантом Volkswagen Foundation, № 97 775 (перший співавтор).

Список використаних джерел:

1. Стецюк П.И. Ускорение субградиентного метода Поляка. Теорія оптимальних рішень. Ін-т кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. 2012. №11. С. 151 – 60.
2. Stetsyuk P., Stovba V., Chernousova Z. Subgradient Method with Polyak's Step in Transformed Space. Optimization and Applications. OPTIMA 2018. Communications in Computer and Information Science. 2019. Vol. 974. Springer. P. 49-63.
3. Стовба В.О. Субградієнтний метод з кроком Поляка у перетвореному просторі. Рукопис дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. 2021. 184 с.

УДК 519.85

¹ А.А. Супрун

Аспірант

² А.В. Івлічев

Провідний інженер-програміст

^{1,2} Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ

ІНТЕРАКТИВНА ПРОГРАМА ДЛЯ ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ ТА АНАЛІЗУ ПЛОСКОЇ КРИВОЇ З КВАДРАТИЧНОЮ КРИВИНОЮ

Постановка задачі. Рівняння плоскої кривої у натуральній параметризації має вигляд:

$$x(\bar{s}) = x(0) + \int_0^{\bar{s}} \cos \varphi(s) ds, \quad y(\bar{s}) = y(0) + \int_0^{\bar{s}} \sin \varphi(s) ds, \quad (1)$$

де $x(0)$, $y(0)$, $x(\bar{s})$, $y(\bar{s})$ – координати початкової та кінцевої точок плоскої кривої, $\varphi(\bar{s}) = \varphi(0) + \int_0^{\bar{s}} k(s) ds$, $\varphi(0)$, $\varphi(\bar{s})$ – кути нахилу дотичних у початковій та кінцевій точках (кути вимірюються у радіанах), $k(s) = as^2 + bs + c$ – квадратична залежність кривини в точці від s – довжини дуги.

Задача полягає у наступному. Потрібно з'єднати задані точки (x_1, y_1) та (x_2, y_2) кривою таким чином, щоб забезпечити в цих точках задані значення кутів нахилу дотичних φ_1 та φ_2 , а в точці з абсцисою x_p , де $x_1 < x_p < x_2$, забезпечити кут рівний φ_p .

Нехай S – довжина кривої від точки (x_1, y_1) та (x_2, y_2) , а s_p – довжина кривої від точки (x_1, y_1) до точки (x_p, y_p) . Тоді знаходженню параметрів кривини a , b , c та довжин S , s_p відповідає система з п'яти нелінійних рівнянь та двох обмежень у формі нерівностей [1]:

$$x_2 = x_1 + \int_0^S \cos \left(\varphi_1 + \frac{as^3}{3} + \frac{bs^2}{2} + cs \right) ds, \quad y_2 = y_1 + \int_0^S \sin \left(\varphi_1 + \frac{as^3}{3} + \frac{bs^2}{2} + cs \right) ds, \quad (2)$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{aS^3}{3} + \frac{bS^2}{2} + cS, \quad x_p = x_1 + \int_0^{s_p} \cos \left(\varphi_1 + \frac{as^3}{3} + \frac{bs^2}{2} + cs \right) ds, \quad (3)$$

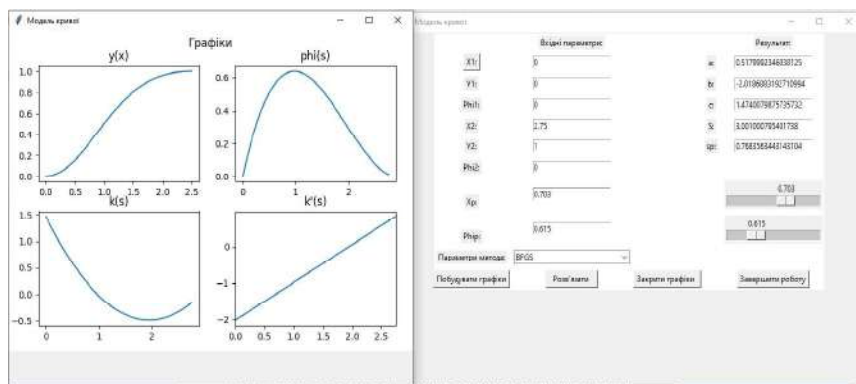
$$\varphi_p = \varphi_1 + \frac{as_p^3}{3} + \frac{bs_p^2}{2} + cs, \quad |x_p - x_1| \leq s_p \leq S, \quad S_{\min} \leq S \leq S_{\max}. \quad (4)$$

Нерівності в (4) для довжин S і s_p введено для контролю над виглядом кривої (1) за допомогою параметрів S_{\min} та S_{\max} , щоб уникнути циклічних розв'язків системи із чотирьох рівнянь (2)–(3) та одного рівняння із (4).

Методи розв'язання. Знаходження розв'язку системи (2)–(4) можна звести до задачі мінімізації функції нев'язок для п'яти нелінійних рівнянь із (2)–(4) при

двох умовах на невідомі довжини S і s_p із (4). Така функція є багатоекстремальною і точка її глобального мінімуму, в якій значення функції дорівнює нулю, буде розв'язком системи (2)–(4). Для знаходження таких розв'язків, якщо функція нев'язок є сумою модулів нев'язок нелінійних рівнянь, в [1] використовується модифікацію r -алгоритма, а якщо функція нев'язок є сумою квадратів нев'язок нелінійних рівнянь, в [2] використовуються відомі квазіньютонівські алгоритми BFGS та L-BFGS-B.

Програмна реалізація. Для розв'язання системи (2)–(4) та аналізу отриманого розв'язку розроблена інтерактивна програма на мові програмування Python. Користувач має можливість вводити початкові дані для системи (2)–(4) та налаштовувати параметри вибраного алгоритму розв'язання системи. В результаті роботи програма відображає на екран розв'язок системи (2)–(4) (якщо він існує), отриману криву та графіки її характеристик (кут нахилу дотичних, кривина та похідна від кривини). Для розв'язання системи (2)–(4) використовуються реалізації алгоритмів BFGS та L-BFGS-B бібліотеки SciPy. Для реалізації інтерфейсу використовуються бібліотеки tkinter та matplotlib. Приклад діалогового вікна програми представлено на рисунку.



Висновок. Для побудови та аналізу плоских кривих з квадратичною кривиною розроблено інтерактивну програму на основі квазіньютонівських методів [2]. Для розв'язання системи (2)–(4) програма використовує реалізації алгоритмів BFGS та L-BFGS-B з Python-бібліотеки SciPy. Робота підтримана грантом Volkswagen Foundation № 97 775 (другий співавтор).

Список використаних джерел:

1. Стецюк П.І., Ткаченко О.В., Грицай О.Л. До побудови зовнішнього контура сопла Франкля за квадратичною кривиною. *Cybernetics and Computer Technologies*. 2020. **1**. С. 23–31. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/168592>
2. Стецюк П. І., Ляшко В. І., Супрун А. А. Метод BFGS для задачі побудови S-кривої. *Наукові записки НАУКМА. Комп'ютерні науки*. 2020. **3**. С. 102–106. <https://doi.org/10.18523/2617-3808>.

УДК 004.8:519.86

¹ **Ю.В. Триус**

доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри комп'ютерних наук та системного аналізу

² **А.В. Гейко**

аспірант кафедри комп'ютерних наук та системного аналізу

^{1,2} *Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси*

АДАПТИВНІ НЕЧІТКІ МЕТАЕВРИСТИЧНІ АЛГОРИТМИ ГЛОБАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ

Вступ. Останніми роками для інтелектуальних систем управління було запропоновано багато складних нелінійних контролерів, таких як адаптивне управління, нейронне управління та нечітке управління. Контролер нечіткої логіки (Fuzzy Logic Controller, FLC) є одним із поширених інструментів, що використовуються для керування параметрами складних систем. Основними частинами контролера нечіткої логіки є база знань, нечіткі правила та механізм виведення (див., наприклад, [1]). Сьогодні існує великий інтерес до управління метаевристичними алгоритмами пошуку за допомогою FLC. Тому у дослідженні проаналізовано використання FLC для керування параметрами метаевристичних алгоритмів пошуку глобальної оптимізації мультимодальних функцій, що імітують процеси живої та неживої природи, зокрема алгоритму рою частинок (PSO) [2], алгоритму кажанів (BA) [3], алгоритму зграї сірих вовків (GWO) [4], алгоритму гравітаційного пошуку (GSA) [5].

Основна частина. Головними недоліками відомих метаевристичних алгоритмів у їх канонічному вигляді є повільна збіжність і потрапляння у локальні екстремуми, що робить ці алгоритми недостатньо ефективними. Керуючи параметрами метаевристичних алгоритмів, можна контролювати баланс між збільшенням швидкості їх збіжності та забезпеченням пошуку глобального оптимального рішення, щоб отримати кращі результати з меншими ітераціями алгоритмів. Як показують проведені науковцями дослідження, для збільшення швидкості збіжності та забезпечення пошуку оптимального рішення досить ефективним є використання контролерів нечіткої логіки, зокрема у порівнянні з різними іншими адаптивними схемами [2]-[5].

Для дослідження метаевристичних алгоритмів авторами створено веб-орієнтований програмний продукт, що реалізує алгоритми PSO, BA, GWO, GSA та їх адаптивні модифікації з використанням FLC, і надає можливість використовувати 20 відомих вбудованих тестових функцій, а також реалізовувати функції користувача за допомогою парсера математичних виразів на основі алгоритму сортувальної станції, що, зокрема, містить функції для обчислення суми, добутку, максимуму і мінімуму багатьох аргументів з використанням регулярних виразів. Програмний продукт також надає можливість задати значення вхідних управляючих параметрів алгоритмів, розмір популяції, максимальну кількість ітерацій, точність обчислень, розмірність області пошуку,

кількість повторів алгоритму з подальшим збереженням протоколу результатів і виведенням результатів найкращої спроби. Реалізовано швидке введення меж гіперкубу або гелерпаралелепіпеда пошуку для задач великої розмірності. Також передбачена можливість введення моделі задачі умовної оптимізації з лінійними і нелінійними обмеженнями з подальшим її перетворенням у задачу безумовної оптимізації методом штрафних функцій (зовнішніх або бар'єрних). Для двовимірних задач оптимізації передбачена візуалізація ітераційного процесу. При налаштуванні контролера нечіткої логіки для зазначених метаевристичних алгоритмів є можливість обирати вигляд функцій належності (трикутний, трапецевидний, L-R-функції), конструювати правила нечіткого виведення, обирати методи дефазифікації.

Для розробки ядра веб-орієнтованого програмного продукту використовується мова програмування C# і фреймворк .net. Для створення інтерфейсу користувача використовується відкрита JavaScript бібліотека React.js. Для збереження даних обчислень використовується об'єктно-реляційна система керування базами даних PostgreSQL, а для візуалізації ітераційного процесу застосовується React.js і Chart.js.

Висновки. Контролюючи прискорення та швидкість дії агентів у метаевристичних алгоритмах за допомогою контролерів нечіткої логіки можна посилити чи послабити різноманітність популяції та збільшити або зменшити швидкість збіжності цих алгоритмів. Тому розробка і дослідження ефективності адаптивних нечітких метаевристичних алгоритмів є актуальною науковою і практичною проблемою.

У доповіді буде представлено загальний підхід до побудови контролерів нечіткої логіки для параметрів метаевристичних алгоритмів, а також результати експериментів для відомих тестових функцій, одержаних за допомогою як канонічних метаевристичних алгоритмів, так і їх адаптивних модифікацій на базі нечіткої логіки.

Список використаних джерел:

1. J. Jantzen. Foundations of fuzzy control. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex PO19 8SQ, England, 2007. 209 p.
2. Y. T. Juang, S. L. Tung, H. C. Chiu. Adaptive fuzzy particle swarm optimization for global optimization of multimodal functions. Information Sciences, vol. 181, 2011, pp. 4539–4549.
3. Hafiz Tayyab Rauf, Sumbal Malik, Umar Shoaib, Muhammad Naeem Irfan, M. Ikramullah Lali. Adaptive inertia weight Bat algorithm with Sugeno-Function fuzzy search. Applied Soft Computing, vol. 90, 2020.
4. Luis Rodríguez, Oscar Castillo, José Soria, Patricia Melin, Fevrier Valdez, Claudia I. Gonzalez, Gabriela E. Martinez, Jesus Soto. A fuzzy hierarchical operator in the grey wolf optimizer algorithm. Applied Soft Computing, vol. 57, 2017, pp. 315–328.
5. Fatemeh-sadat Saeidi-Khabisi, Esmat Rashedi, Fuzzy gravitational search algorithm, 2nd International eConference on Computer and Knowledge Engineering (ICCCKE), October 18-19, 2012, pp. 156–160.

УДК 656.7.086 (45)

¹ **Т.Ф. Шмельова**

Д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем

² **М.М. Яцко**

К.т.н., доцент кафедри аеродинаміки та безпеки польотів літальних апаратів

³ **Ю.М. Ковальов**

Д.т.н., професор, завідувач кафедри промислового дизайну та комп'ютерних технологій

^{1,2} *Національний авіаційний університет, м. Київ*

³ *Державна академія декоративно-прикладного мистецтва та дизайну імені Михайла Бойчука, Київ*

ІНТЕГРАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СПІЛЬНИХ РІШЕНЬ

Вступ. В умовах розвитку та вдосконалення технологій виникає проблема “людського фактору” (ЛФ) в управлінні складними процесами, яка для авіації є гострішою, ніж для більшості небезпечних для життєдіяльності галузей. Це пов’язано, насамперед, з жорсткими вимогами, що пред’являються до операторів завдяки високій швидкості процесів, які відбуваються в авіаційній системі, та їх потенційній небезпеці для життя і здоров’я людей. З кожним роком повітряні судна стають все більш надійними і безпечними. Але які б зусилля не прикладалися авіаційними спеціалістами для підвищення безпеки польотів, наразі не вдається повністю виключити людський фактор. За статистичними даними, серед причин авіаційних подій 80% займають відхилення в діях авіаційного персоналу при виконанні та організації польотів і лише 20% – відмови авіаційної техніки. Людський фактор - вирішення міждисциплінарних задач для генерування та збирання інформації про можливості та обмеження людини, забезпечення безпечної, комфортної та ефективної роботи людини при виконанні своїх професійних обов’язків, узгодженість роботи колективів людей. Теорія ЛФ поступово розвивається, доповнюється новими вимогами та сучасними інноваційними технологіями [1].

Аналіз джерел. На сьогоднішній день ключову роль в забезпеченні безпеки польотів грає проблема організації спільного прийняття рішень (CDM – Collaborative Decision Making) усіма операційними партнерами – аеропортом, службою управління повітряним рухом, авіакомпаніями та наземними операторами – на основі спільної інформації про процес польоту та наземне обслуговування повітряного судна в аеропорту [2]. CDM передбачає безперервний процес представлення інформації та індивідуального ПР різними взаємодіючими учасниками, а також забезпечення синхронізації прийнятих учасниками рішень та обміну інформацією між ними. Важливо забезпечити можливість прийняття сумісного / спільного комплексного рішення партнерами на прийнятному рівні ефективності. Це досягається повнотою і точністю наявної інформації. Впровадження CDM потребує використання сучасного інформаційного середовища на основі концепції загальносистемного управління

інформацією (SWIM – System Wide Information Management) та концепції інформації про політ та потоки повітряного руху для спільного використання повітряного простору (FF-ICE – Flight & Flow Information for a Collaborative Environment) [3]. Головна роль у підтримці безпеки польотів належить *командиру повітряного судна*, який здійснює безпосереднє керування літаком та приймає остаточне рішення на землі та в повітрі і несе повну відповідальність за виконання польоту, дотримується існуючих керуючих документів, керівництв з виконання польотів, керівництв з льотної експлуатації повітряних суден, довідників на випадок позаштатних та аварійних ситуацій. *Авіадиспетчер* несе відповідальність за видачу своєчасних, грамотних і обґрунтованих рекомендацій командиру повітряного судна з урахуванням повітряної обстановки, метеорологічних умов, польотної ситуації. *Льотний диспетчер* приймає рішення на етапі планування за аеронавігаційного забезпечення польоту, несе відповідальність за вибір оптимального маршруту польоту повітряного судна, вибору альтернативних аеродромів для певного польоту, що регулюється міжнародними та національними документами, наказами, інструкціями на робочому місці. Ефективна взаємодія операторів «льотний диспетчер-екіпаж повітряного судна – диспетчер» є обов'язковою умовою для забезпечення безпеки польотів в стандартних умовах та позаштатних ситуаціях [4]. Особливу значущість узгодженість дій екіпажу та диспетчера набуває в ситуаціях, які виникають в польоті внаслідок впливу небезпечних факторів – особливих випадках в польоті, основними характеристиками яких є гострий дефіцит часу на прийняття рішень (ПР), неповнота і невизначеність наявної інформації, а також значне психофізіологічне навантаження на операторів. Дуже часто складність, зміст, особливості документів, що регулюють діяльність кожного авіаційного оператора (пілот, авіадиспетчер, льотний диспетчер), різні, що не дозволяє розробити загальний алгоритм дій для всього персоналу в конкретній ситуації, особливо в позаштатних ситуаціях, коли мають місце невизначеність, брак інформації та час для прийняття рішення. Виникає конфлікт між діями та рішеннями залученого персоналу, який приймає рішення одночасно.

– *Ціллю наукового дослідження* є побудова індивідуальних і спільних моделей ПР для групи операторів (пілота, авіадиспетчера льотного диспетчера) у разі виникнення позаштатної ситуації і знаходження оптимального рішення.

Основна частина. Для забезпечення ефективної співпраці та вирішення конфліктних ситуацій між групою авіаційних працівників, для покращення результатів групових рішень пропонується впроваджувати суб'єктивно - об'єктивний факторний підхід до управління конфліктами в умовах невизначеності [5; 6]. Розглянемо процедуру оптимального колективного ПР в умовах невизначеності за допомогою критеріїв Вальда, Лапласа, Гурвіца, Севіджа. Рішення приймають група операторів аеронавігаційної системи (АНС): пілот, диспетчер управління повітряним рухом (УПР), льотний диспетчер. Процес може бути реалізовано з урахуванням наступних вихідних даних:

1. Альтернативні рішення в умовах невизначеності: $\{A\} = \{A_1, A_2, \dots, A_b, \dots, A_m\}$.

2. Об'єктивні фактори, що впливають на ПР: $\{\lambda\} = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_n\}$ – характеристики польотної ситуації, повітряного судна, місця посадки, метеорологічні умови, відстані, тощо.

3. Суб'єктивні фактори - рішення операторів АНС (пілот, диспетчер УПР, льотний диспетчер.

4. Очікувані результати при впливі суб'єктивних і об'єктивних факторів λ за умови вибору альтернативних рішень A : $\{U\} = U_{11}, U_{12}, \dots, U_{nm}$.

5. Умови розвитку ситуації та вибір матриці ПР.

6. Формування індивідуальних і колективних матриць ПР.

Формування індивідуальних матриць ПР для першого оператора (O_1 - пілот), другого оператора (O_2 - диспетчер УПР); третій оператор (O_3 – льотний диспетчер) має вигляд, представлений у таблиці 1.

Таблиця 1 - Індивідуальна матриця ПР в умовах невизначеності для оператора

	$\{A\}$	Об'єктивні фактори, що впливають на ПР оператора					
		λ_1	λ_2	...	λ_j	...	λ_n
Альтернативні рішення	A_1	U_{11}	U_{12}	...	U_{1j}	...	U_{1n}
	A_2	U_{21}	U_{22}	...	U_{2j}	...	U_{2n}

	A_i	U_{i1}	U_{i2}	...	U_{ij}	...	U_{in}

	A_m	U_{m1}	U_{m2}	...	U_{mj}	...	U_{mn}

Об'єктивні фактори $\{\lambda\}$, що впливають на ПР оператора враховуються при ПР при наближенні до аеродрому призначення: запас палива на борту літака; метеорологічна ситуація (на аеродромах вильоту, призначення, запасних та по маршруту); можливості літака, аеродрому, екіпажу; розташування перешкод у секторах заходу, відходу на друге коло та вильоту; повітряна обстановка; комерційні питання (аеропортові збори, відстань від аеродрому призначення, наявність контрактів з хендлінговими службами, наявність митної служби, служби прикордонного та міграційного контролю тощо). Результати оптимальних рішень від операторів O_1 – пілот, O_2 - диспетчер УПР, O_3 – льотний диспетчер, є суб'єктивними факторами ПР в груповій / колективній матриці. Наприклад, оптимальне ПР, якщо політ нерегулярний, представлено у таблиці, визначення за критерієм Вальда (таблиця 3).

Таблиця 2 - Колективна матриця ПР для операторів $O_1 O_2 O_3$

	Суб'єктивні фактори			
	Пілот	Авіадиспетчер	Льотний диспетчер	Спільне ПР
Запасні аеродроми	O_1	O_2	O_3	Критерій Вальда
Київ (A_1)	4	1	5	1
Одеса (A_2)	1	1	1	1
Дніпро (A_3)	5	4	5	4
Кишинів (A_4)	6	5	5	5
Харків (A_5)	4	4	4	4

У цьому випадку оптимальний аеродром посадки, що визначається з урахуванням об'єктивних факторів (запас палива на борту літака; метеорологічна ситуація; можливості екіпажу, літака та аеродрому; розташування перешкод на

заході; повітряна обстановка та комерція) та суб'єктивних факторів $\{O\}$ - запасний аеродром Кишинів (A4). Розрахунки показали баланс між безпекою та вартістю польоту з використанням критеріїв Вальда (максимальна безпека) та Савіджа (мінімальні витрати).

Вирішення проблеми ЛФ в авіації, а саме зменшення кількості помилок оператора та збільшення швидкості роботи людино-машинних систем за допомогою класичних методів та технічних засобів можливе лише в певних межах. Необхідно шукати як нові моделі, так і стратегії оптимізації складних систем, а також технічні засоби, що працюють за інноваційними принципами. Хвильова модель С-простору, теорія самоорганізації складних систем, модель взаємодії людини з навколишнім середовищем є теоретичною основою для вдосконалення діяльності оператора, організація інтуїтивно зрозумілої системи відображення інформації та система управління відповідно характеристик операторів (пілота, авіадиспетчера, льотного диспетчера) є технічною реалізацією спільного рішення [7].

Висновки. Спільний процес ПР у позаштатних невизначених ситуаціях забезпечується використанням різних моделей ПР в умовах невизначеності. Після аналізу ситуації проводиться синтез (агрегація) окремих моделей і визначення колективних рішень. Був розглянуто приклад вибору аеродрому на випадок надзвичайної ситуації із використанням методів ПР в умовах невизначеності (критерії Вальда, Лапласа, Гурвиця, Севіджа). Розрахунки показали баланс між безпекою та вартістю, використовуючи критерії Вальда, Лапласа, Гурвиця (максимальна безпека) та критерій Севіджа (мінімальні витрати).

Список використаних джерел:

1. Air safety statistics in EU – EASA release August 2020 [Electronic source]. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/>
2. Manual on Collaborative Decision-Making (CDM). Doc. 9971. Second Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2014. – 166 p.
3. Manual on Flight and Flow Information for a Collaborative Environment (FF-ICE). Doc. 9965. First Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2012. – 140 p.
4. Sikirda Y., Shmelova T., Kharchenko V. and Kasatkin M. Intelligent System for Supporting Collaborative Decision Making by the Pilot/Air Traffic Controller in Flight Emergencies In CEUR Workshop Proceedings Vol 2853, pp. 127–141, 2021
5. Shmelova T. Information Technology Applications for Crisis Response and Management. Chapter 10: Collaborative Decision Making in Emergencies by the Integration of Deterministic, Stochastic, and Non-Stochastic Models / USA, Pennsylvania. – April, 2021.– P. 200-314
6. Шмельова Т. Ф., Яцко М., Логачова К., Максимчук Ж. Моделі індивідуального і спільного прийняття рішень операторів аеронавігаційної системи в умовах невизначеності / Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем: матеріали IX міжнар. наук.-практ. конф., Кропивницький, 18 листопада 2020 р. Кропивницький: Льотна академія Національного авіаційного університету, 2020. С.133-139.
7. Socio-Technical Decision Support in Air Navigation Systems: Emerging Research and Opportunities: monusript / Tetiana Shmelova, Yuliya Sikirda, Nina Rizun, Abdel-Badeeh M. Salem, Yury N. Kovalyov. - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. 2017. - P. 305

¹ Р.С. Шулла

к.е.н., доцент кафедри обліку і аудиту

² М.М. Попик

к.е.н., доцент кафедри туристичної інфраструктури та готельно-ресторанного господарства

³ М.М. Повідайчик

к.е.н., доцент кафедри кібернетики і прикладної математики

¹⁻³ ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород

ОПТИМІЗАЦІЯ ФІНАНСОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА СВІТЛОДІЮДНИХ СВІТИЛЬНИКІВ НА ОСНОВІ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

На сьогоднішній день прибутковість бізнесу залежить, насамперед, від ефективності роботи управлінського персоналу, яка в свою чергу залежить від якості інформаційно-аналітичної підтримки менеджменту в процесі прийняття управлінських рішень. Авторами запропоновано власний підхід до оптимізації витрат та фінансових результатів підприємств з виробництва світлодіодних світильників, який базується на поєднанні концепції маржинального прибутку та теорії економіко-математичного моделювання технологічних процесів. При цьому основними складовими технологічного процесу зазначених підприємств є такі стадії виробництва: оптимізаційний розкрій сировини (алюмінієвого профілю та розсіювачів світла), фарбування та полімеризація сировини (профілю), складання світильників. На відміну від традиційного підходу, де об'єктом калькулювання витрат (змінною) в цільовій функції оптимізаційних моделей виступає окремий вид продукції, авторами пропонується використання підходу, коли в цільовій функції моделі поряд із окремими продуктами об'єктами калькулювання виступають також такі операційні параметри (змінні) технологічного процесу як альтернативні схеми розкрою профілю та розсіювачу, кількість камерооборотів в процесі фарбування/полімеризації профілю, альтернативні варіанти завантаження комірок камери фарбування/полімеризації профілю. Такий підхід дозволяє більш коректно моделювати причинно-наслідкові зв'язки між зазначеними операційними параметрами технологічного процесу та зумовленими ними змінними витратами, оскільки витрати процесів розкрою профілів/розсіювачів та фарбування/полімеризації мають комплексний характер і можуть бути розподілені між окремими видами продукції тільки на основі фіктивних баз.

Розглянемо оптимізаційну модель максимізації маржинального прибутку за короткостроковий період.

$$\begin{aligned}
 \text{МП} = & \sum_{k=1}^h (\text{Ц}_k - \text{ВК}_k - 3\text{ЗВ}_k - 3\text{ЗВ}_k) X_k - \sum_{L=1}^q \sum_{i=1}^{n_L} (\text{ВР}_{Li} + \text{КВР}_{Li}) X_{Li} - \\
 & \sum_{j=1}^m \sum_{w=1}^{z_j} (\text{ВР}_{jw} + \text{КВР}_{jw}) X_{jw} - \sum_{s=1}^t \sum_{u=1}^{v_s} \text{КВФ}_s \cdot \text{О}_{su} \cdot X_{su} - \quad (1) \\
 & \sum_{s=1}^t 3\text{ВК}_s \cdot X_s \rightarrow \max
 \end{aligned}$$

$$\sum_{L=1}^q \sum_{i=1}^{n_L} a_{kLi} \cdot X_{Li} = X_k, (k = 1, \dots, h) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{w=1}^{z_j} b_{k j w} \cdot X_{j w} = X_k, (k = 1, \dots, h) \quad (3)$$

$$\sum_{s=1}^t \sum_{u=1}^{v_s} c_{k s u} \cdot X_{s u} = X_k, (k = 1, \dots, h) \quad (4)$$

$$\sum_{u=1}^{v_s} X_{s u} \leq g \cdot X_s, (s = 1, \dots, t) \quad (5)$$

$$H M_k \leq X_k \leq B M_k, (k = 1, \dots, h) \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{n_L} X_{L i} \leq 3 P_L, (L = 1, \dots, q) \quad (7)$$

$$\sum_{w=1}^{z_j} X_{j w} \leq 3 P_j, (j = 1, \dots, m) \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^h d_k \cdot X_k \leq \text{ПС} \quad (9)$$

$$\sum_{L=1}^q \sum_{i=1}^{n_L} \text{Ч}_{L i} \cdot X_{L i} + \sum_{j=1}^m \sum_{w=1}^{z_j} \text{Ч}_{j w} \cdot X_{j w} \leq \text{ПР} \quad (10)$$

$$\sum_{s=1}^t \text{ЧК} \cdot X_s \leq \text{ПФП} \quad (11)$$

$$X_k, X_s, X_{L i}, X_{j w} X_{s u} - \text{ціле число} \quad (12)$$

$$X_k, X_s, X_{L i}, X_{j w} X_{s u} \geq 0 \quad (13)$$

де МП – маржинальний прибуток за період; Ч_k – реалізаційна ціна од. прод. k -го виду; ВК_k – витрати комплектуючих на од. прод. k -го виду; ЗКВ_k – конверсійні змінні витрати процесу складання світильників на од. прод. k -го виду; ЗЗВ_k – змінні збутові витрати на од. прод. k -го виду; X_k – обсяг виробленої і відвантаженої покупцям продукції k -го виду; $\text{ВР}_{L i}$ – матеріальні витрати, які виникають при повздовжньому розкрою розсіювача L -го типорозміру i -ю сх. розк.; $\text{КВР}_{L i}$ – конверсійні змінні витрати, які виникають при повздовжньому розкрою розсіювачу L -го типорозміру i -ю сх. розк.; $X_{L i}$ – обсяг розсіювачів L -го типорозміру, розкромлених протягом планового періоду i -ю сх. розк.; $\text{ВР}_{j w}$ – матеріальні витрати, які виникають при повздовжньому розкрою профілю j -го типорозміру w -ю сх. розк.; $\text{КВР}_{j w}$ – конверсійні змінні витрати, які виникають при повздовжньому розкрою профілю j -го типорозміру w -ю сх. розк.; $X_{j w}$ – обсяг профілю j -го типорозміру, розкромленого протягом планового періоду w -тою сх. розк.; КВФ_s – конверсійні змінні витрати процесу фарбування профілів s -ї фарбувальної групи, які залежать від об'єму завантажених профілів у камеру фарбування; $O_{s u}$ – сукупний об'єм профілів s -ї фарбувальної групи, розміщених згідно u -го варіанту в комірці фарбувальної камери; $X_{s u}$ – частота застосування u -го варіанту повздовжнього розміщення профілів s -ї фарбувальної групи в комірці фарбувальної камери; ЗВК_s – конверсійні змінні витрати процесу фарбування профілів s -ї фарбувальної групи, які залежать від кількості камерооборотів за період; X_s – кількість камерооборотів, здійснених протягом планового періоду для фарбування профілів s -ї фарбувальної групи; $a_{k L i}$ – вихід специфікаційних комплектуючих для од. прод. k -го типорозміру із розсіювачу L -го типорозміру, розкромленого i -ю сх. розк.; $b_{k j w}$ – вихід специфікаційних комплектуючих для од. прод. k -го типорозміру із профілю j -го типорозміру, розкромленого w -ю сх. розк.; $c_{k s u}$ – обсяг специфікаційних комплектуючих для од. прод. k -го типорозміру в u -му варіанті повздовжнього розміщення профілів s -ї фарбувальної групи в комірці фарбувальної камери; g – кількість комірок фарбувальної камери; НМ_k – нижня межа обсягу виробленої продукції k -го типорозміру; ВМ_k – верхня межа обсягу виробленої продукції k -го типорозміру; $3 P_j$ – запаси профілю j -го типорозміру; $3 P_L$ – запаси розсіювачу L -го типорозміру; РЗВ – релевантні змінні витрати

процесів розкрою розсіювачу/профілю та процесу фарбування профілю; O_k – заданий обсяг виробництва продукції k -го типорозміру; d_k – потреба в потужностях процесу складання продукції k -го типорозміру; ПС – потужності стадії складання світильників; $Ч_{Li}$ – потреба в потужностях при розкрої одиниці розсіювача L -го типорозміру i -ю сх. розк.; $Ч_{jw}$ – потреба в потужностях при розкрої одиниці профілю j -го типорозміру w -тою сх. розк.; ПР – потужності стадії розкрою розсіювачів/профілю; ЧК – технологічний час на один камерооборот; ПФП – потужності стадії фарбування профілю.

Тут (1) – цільова функція; умови-обмеження (2-4) забезпечують відповідність обсягу виробництва напівфабрикатів (розсіювачів та профілю) обсягу виробництва кінцевої продукції; (5) – забезпечує визначення оптимальної кількості камерооборотів для процесу фарбування/полімеризації профілів; (6) – задає обсяг виробленої/відвантаженої покупцям продукції; (7-8) – задають запаси розсіювачів та профілю; (9) – забезпечує потужності стадії «складання світильників»; (10) – забезпечує потужності стадії «розкрою розсіювачів/профілю»; (11) – забезпечує потужності стадії «фарбування/полімеризації профілю»; (12-13) – умови цілочисловості та невід’ємності змінних.

Основні припущення моделі:

1. Запропонована модель придатна для використання в умовах виробництва світлодіодних світильників лінійного типу;
2. У випадку застосування моделі оптимізації релевантних змінних витрат передбачається, що перед застосуванням оптимізаційного розрахунку попередньо проводиться перевірка завантаженості потужностей стадії «складання світильників» і визначається можливий обсяг виробництва окремих видів продукції;
3. Обсяг виробництва та реалізації продукції на плановий період співпадає;
4. Обсяг виробництва напівфабрикатів відповідає обсягу виробництва кінцевої продукції (відсутні залишки напівфабрикатів в кінці планового періоду);
5. Модель стосується короткострокового періоду (до 1 місяця), коли не тільки машинні потужності (виражені в машино-годинах), але і людські потужності (виражені в людино-годинах) можна вважати константними.

Незважаючи на наведені припущення, запропонована модель дозволяє більш точно прогнозувати наслідки управлінських рішень при плануванні виробничої програми та технологічного процесу щодо її виконання на підприємствах з виробництва світлодіодної продукції. Це в свою чергу, на відміну від існуючих підходів, дозволяє досягати вищого оптимізаційного ефекту і таким чином позитивно впливає на прибутковість підприємств зазначеної галузі економіки.

Список використаних джерел:

1. Hahn, D. & Hungenberg, H. (1996). *PuK: Controllingkonzepte. Planung und Kontrolle, Planungs- und Kontrollsysteme, Planungs- und Kontrollrechnung*. 5 Aufl. Wiesbaden: Gabler.
2. Adam, D. (1997). *Produktions-Management*. 8. Aufl. Wiesbaden: Gabler.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

- Bashtova A. 87
 Hamidov G. 19
 Hnatiienko H. 87, 90
 Hnatiienko V. 90
 Ivohin E.V. 93
 Kelemen M. 99
 Kolchin A. 13
 Makhno M.F. 93
 Mironenko Y.V. 15
 Mlavets Yu. 99
 Nosov P.S. 23, 95
 Perederii Yu. 17
 Petrash K.M. 97
 Polishchuk V. 99
 Potiyenko S. 13
 Prokopchuk Yu.O. 23, 95
 Shakhnovsky A.M. 97
 Solntsev V.P. 97
 Solntseva T.A. 97
 Vavryk P.R. 93
 Zaychenko H. 19
 Zaychenko Yu. 19
 Zinchenko S.M. 23, 95
 Аджубей Л.Т. 113
 Баштанник О.І. 117
 Бичко Д.В. 25
 Близнюкова О.М. 133
 Большаков В.М. 40
 Брила А.Ю. 101
 Бровді А.М. 102
 Варцаба О.В. 119, 121
 Величко В.Ю. 53
 Винник А.С. 68
 Волошин О.Ф. 59, 104
 Гайдар Н.К. 27
 Гамоцька С.Л. 30
 Гейко А.В. 150
 Гладка Ю.А. 31
 Глебена М.І. 33
 Гнатієнко Г.М. 35
 Гожий О.П. 38
 Голоцуков Г.В. 40
 Горбачук В.М. 40
 Гороховатський В. 44
 Григорків В. 106
 Григорків М. 106
 Гук Н.А. 46
 Демидюк В.М. 107
 Демидюк М.В. 107
 Денисов С.В. 71
 Динис Д.С. 119
 Диханов С.В. 46
 Добуляк Л.П. 109
 Домрачев В.М. 35
 Дунаєвський М.С. 111
 Жмуд О.О. 146
 Заволодько Г.Е. 27
 Землянський О.О. 50
 Зінченко С.М. 135
 Івлічев А.В. 148
 Івохін Є.В. 113
 Іларіонов О.Є. 48
 Ількун О. 66
 Каверинський В.В. 53
 Калініна І.О. 38
 Кіктєв М.О. 115
 Кліменкова Н.А. 48, 55
 Ковальов Ю.М. 152
 Козін І.В. 50, 117
 Колечкін В.О. 73
 Куперман А.О. 51
 Літвін А.А. 53
 Ломага М.М. 139
 Максишко Н.К. 117
 Малахов Є.В. 118
 Маляр М.М. 104
 Мамашова А.І. 118
 Мич І.А. 119, 121
 Мінаєва Ю.І. 55, 57
 Моргун В.В. 59
 Мулеса П. 67
 Назаренко Є.О. 31
 Науменко Ю.О. 113
 Нечахін В.В. 38
 Ніколенко В.В. 119, 121, 123
 Ніколенко Д.І. 62
 Носов П.С. 135
 Орловський О.В. 126
 Осипенко С.П. 64
 Остапов С.Е. 126
 Парфененко Ю.В. 25
 Повідайчик М.М. 156
 Поліщук О.Д. 129
 Половко І.І. 104
 Попик М.М. 156
 Присяжнюк О.В. 133
 Провотар О. 66
 Провотар Т. 66
 Прокопчук Ю.О. 135
 Пустовойт М.М. 40
 Роспопа П.М. 123
 Рошко Д. 67
 Рошин В.О. 141
 Рясна І.І. 137
 Сайко В.Г. 35
 Селіванова А.В. 68
 Семенов В.В. 71
 Семенова Н.В. 73, 139
 Сергієнко І.В. 141
 Сидоренко Д. 44
 Симонов Д.І. 75
 Сірий А.О. 48
 Скукіс О.Є. 143
 Стецюк П.І. 144
 Стовба В.О. 146
 Сугак Г.В. 77
 Супрун А.А. 144, 148
 Таїрова М.С. 51
 Творошенко І. 44
 Тимофієва Н.К. 79
 Триус Ю.В. 150
 Хабарлак К.С. 81
 Харук С.С. 123
 Худяков А.С. 82
 Цегелик Г.Г. 33, 109
 Шаркаді М.М. 102, 104
 Шендрик В.В. 25
 Шилов В.П. 141
 Шилов П.В. 141
 Шмельова Т.Ф. 152
 Шулла Р.С. 156
 Юрченко Н.В. 83
 Юрченко Ю.А. 83
 Яджак М.С. 129
 Яцко М.М. 152