Наукові перспективи
Видавнича група



MODERNÍ ASPEKTY VĚDY

v rámci publikační skupiny
Scientific Publishing Group

Svazek XL mezinárodní kolektivní monografie

Česká republika
2024

Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. (Česká republika)
Středoevropský vzdělávací institut (Bratislava, Slovensko)
Národní institut pro ekonomický výzkum (Batumi, Gruzie)
Al-Farabi Kazakh National University (Kazachstán)
Institut filozofie a sociologie Ázerbájdžánu Národní akademie věd (Baku, Ázerbájdžán)
Institut vzdělávání Ázerbájdžánské republiky (Baku, Ázerbájdžán)
Batumi School of Navigation (Batumi, Gruzie)
Regionální akademie managementu (Kazachstán)
Veřejná vědecká organizace „Celokrajinské shromáždění lékařů ve veřejné správě" (Kyjev, Ukrajina)
Nevládní organizace „Sdružení vědců Ukrajiny" (Kyjev, Ukrajina)
Univerzita nových technologií (Kyjev, Ukrajina)

v rámci publikační skupiny Publishing Group „ Vědecká perspektiva "

MODERNÍ ASPEKTY VĚDY

Svazek XL mezinárodní kolektivní monografie

Česká republika
2024

International Economic Institute s.r.o. (Czech Republic)
Central European Education Institute (Bratislava, Slovakia)
National Institute for Economic Research (Batumi, Georgia)
Al-Farabi Kazakh National University (Kazakhstan)
Institute of Philosophy and Sociology of Azerbaijan National Academy of Sciences (Baku, Azerbaijan)
Institute of Education of the Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan)
Batumi Navigation Teaching University (Batumi, Georgia)
Regional Academy of Management (Kazakhstan)
Public Scientific Organization "Ukrainian Assembly of Doctors of Sciences in Public Administration" (Kyiv, Ukraine)
Public Organization Organization "Association of Scientists of Ukraine" (Kyiv, Ukraine)
University of New Technologies (Kyiv, Ukraine)

within the Publishing Group "Scientific Perspectives"

MODERN ASPECTS OF SCIENCE

40- th volume of the international collective monograph

Czech Republic
2024



https://doi.org/10.52058/40-2024
UDC 001.32: 1/3] (477) (02)
C91

Vydavatel:

Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.
se sídlem V Lázních 688, Jesenice 252 42
IČO 03562671 Česká republika
Zveřejněno rozhodnutím akademické rady

Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. (Zápis č. 96/2024 ze dne 8. Únor 2024)

Monografie jsou indexovány v mezinárodním vyhledávači Google Scholar

Recenzenti:

Karel Nedbálek - doktor práv, profesor v oboru právo (Zlín, Česká republika)
Markéta Pavlova - ředitel, Mezinárodní Ekonomický Institut (Praha, České republika)
Iryna Zhukova -kandidátka na vědu ve veřejné správě, docentka (Kyjev, Ukrajina)
Yevhen Romanenko - doktor věd ve veřejné správě, profesor, ctěný právník Ukrajiny (Kyjev, Ukrajina)
Humeir Huseyn Akhmedov - doctor of pedagogical sciences, professor (Baku, Azerbaijan);
Oleksandr Datsiy - doktor ekonomie, profesor, čestný pracovník školství na Ukrajině (Kyjev, Ukrajina)
Jurij Kijkov - doktor informatiky, dr.h.c. v oblasti rozvoje vzdělávání (Teplice, Česká republika)
Vladimír Bačišin - docent ekonomie (Bratislava, Slovensko)
Peter Ošváth - docent práva (Bratislava, Slovensko)
Oleksandr Nepomnyashy - doktor věd ve veřejné správě, kandidát ekonomických věd, profesor, řádný člen Vysoké školy stavební Ukrajiny (Kyjev, Ukrajina)
Dina Dashevska - geolog, geochemik Praha, Česká republika (Jeruzalém, Izrael)

Tým autorů

C91 Moderní aspekty vědy: XL. Díl mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. str. 776

Svazek XL mezinárodní kolektivní monografie obsahuje publikace o: utváření a rozvoji teorie a historie veřejné správy; formování regionální správy a místní samosprávy; provádění ústavního a mezinárodního práva; finance, bankovnictví a pojišťovnictví; duševní rozvoj osobnosti; rysy lexikálních výrazových prostředků imperativní sémantiky atd.

Materiály jsou předkládány v autorském vydání. Autoři odpovídají za obsah a pravopis materiálů.

© Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024
© Publishing Group „ Vědecká perspektiva “, 2024
© autoři článků, 2024



§9.2 ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯВИЩ ЕКОНОМІКИ (**Костікова М.В., Неронов С.М.**, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, **Плєхова Г.А.,** Харківський національний автомобільно-дорожній університет)…….....500

§9.3 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ (**Часник Д.В.**, Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України)…….....513

§9.4 СУКУПНІСТЬ МЕТОДИК ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЕВРИСТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ (**Шишацький А.В.,** Національний авіаційний університет, **Жук О.В.,** Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, **Неронов С.М.,** Харківський національний автомобільно-дорожній університет, **Протас Н.М.,** Полтавський державний аграрний університет, **Кашкевич С.О.,** Національний авіаційний університет)…….....529

§9.5 СУКУПНІСТЬ МЕТОДИК ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНИХ МЕТАЕВРИСТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ (**Шишацький А.В.,** Національний авіаційний університет, **Мацій О.Б.,** Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, **Ященок В.Ж.,** Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, **Троцько О.О.**, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, **Кашкевич С.О.,** Національний авіаційний університет).....558

ODDÍL 10. ŘÍZENÍ.....595

§10.1 ОСНОВНІ НАПРЯМКИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОНОМІКИ У ВОЄННИЙ ТА ПОВОЄННИЙ ЧАС (**Божанова В.Ю.,** Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, **Кононова О.Є.,** Придніпровська державна академія будівництва та архітектури)…….....595



*§9.4 СУКУПНІСТЬ МЕТОДИК ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЕВРИСТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ (***Шишацький А.В.,** Національний авіаційний університет, **Жук О.В.,** Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, **Неронов С.М.,** Харківський національний автомобільно-дорожній університет, **Протас Н.М.,** Полтавський державний аграрний університет, **Кашкевич С.О.,** Національний авіаційний університет)

Вступ. Оптимізація є складним процесом визначення множини рішень для різноманітних функції. Багато калькуляційних завдань сьогодення належать саме до завдань оптимізації [1–3]. При вирішення завдань оптимізації змінні рішення визначаються таким чином, щоб система працювала в своїй найкращій по визначеному критерію оптимізації точці (режимі).

Проблеми оптимізації є розривними, недиференційованими, а також мультимодальними. Таким чином класичні градієнтні детерміновані алгоритми [4–6] для вирішення завдань оптимізації використовувати недоцільно. Щоб подолати недоліки класичних алгоритмів оптимізації, була створена значна кількість алгоритмів стохастичної оптимізації, відомих як метаевристичні алгоритми [7–9].

Одним із різновидів алгоритмів стохастичної оптимізації є алгоритми ройового інтелекту (ройові алгоритми). Алгоритми ройового інтелекту базуються на русі рою і імітують взаємодію рою та його оточення, щоб покращити знання про навколишнє середовище, наприклад нові джерела їжі. Найвідомішими ройовими алгоритмами є алгоритм оптимізації роїв частинок, алгоритм штучної бджолиної колонії, алгоритм оптимізації мурашиної колонії, алгоритм оптимізації зграї вовків, а також алгоритм зграї

горобців [12−18]. Нажаль, більшість згаданих вище базових метаевристичних алгоритмів не в змозі збалансувати дослідження та використання, що призводить до незадовільної продуктивності для реальних складних завдань оптимізації.

Цей факт спонукає до впровадження різноманітних стратегій для покращення швидкості збіжності та точності основних метаевристичних алгоритмів. Один з варіантів підвищення оперативності прийняття рішень за допомогою метаевристичних алгоритмів їх комбінування, тобто додавання базових процедур одного алгоритму в інший.

Використання метаевристичних алгоритмів для пошуку рішень щодо стану об’єктів дозволяє здійснити:

– аналіз стійкості стану неоднорідних об’єктів в процесі бойового застосування (експлуатації);

– аналіз безпосереднього, агрегованого та опосередкованого взаємовпливу системних та зовнішніх факторів;

– оцінку досяжності цільових ситуацій управління об’єктами;

– сценарний аналіз при різних деструктивних впливах;

– прогноз зміни стану неоднорідних об’єктів при впливі дестабілізуючих факторів в ході бойового застосування (експлуатації);

– моделювання та аналіз динаміки зміни стану взаємозалежних параметрів неоднорідних об’єктів.

Разом з тим, використання наведених вище ройових алгоритмів в канонічному вигляді не дозволяє отримати оперативну оцінку стану об’єкту з заданою достовірністю. Зазначене обумовлює пошук нових (удосконалення існуючих) підходів до оцінки та прогнозування стану об’єктів шляхом поєднання вже відомих ройових алгоритмів з їх подальшим удосконаленням.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Проведення аналізу праць [1–47] показав що спільними недоліками вищезазначених

досліджень є:

– відсутність можливості формування ієрархічної системи показників;

– відсутність врахування обчислювальних ресурсів системи;

– відсутність механізмів корегування системи показників в ході оцінювання;

– відсутність врахування типу невизначеності та зашумленості даних про стан об’єкту аналізу, що створює відповідні похибки при оцінюванні його реального стану;

– відсутність механізмів глибокого навчання баз знань;

– велика обчислювальна складність;

– відсутність врахування обчислювальних (апаратних) ресурсів, доступних в системі;

– відсутність пріоритетності пошуку в певному напрямку.

Проблема, яку необхідно вирішити в дослідженні, є підвищення оперативності вирішення завдань аналізу та багатовимірного прогнозування стану об’єктів при забезпеченні заданої достовірності.

Розробка методики пошуку рішень з використанням удосконаленого алгоритму зграї чаплі. Алгоритм, що пропонується, є удосконаленим алгоритмом зграї чаплі та складається з такої послідовності дій.

Дія 1. Введення вихідних даних. На даному етапі вводяться вихідні дані, що наявні про об’єкт, що підлягає аналізу. Також відбувається ініціалізація наявної моделі об’єкту аналізу, виконується заповнення матриці рішення D: кожен стовпець заповнюється підмножиною F_k.

Дія 2. Виставлення АЧ по площині пошуку.

На даному етапі відбувається виставлення АЧ з урахування типу невизначеності про об’єкт, що підлягає аналізу та проводиться ініціалізація базової моделі стану об’єкту [2, 19, 21]. При цьому ступінь невизначеності

може бути: повна інформованість; часткова невизначеність та повна невизначеність. Зазначене здійснюється за допомогою відповідних корегувальних коефіцієнтів, які задаються на етапі аналізу.

*Дія 3. Нумерація АЧ в зграї, i, i*є [0,*S*].

Оскільки чаплі – соціальні тварини, то кожен член зграї бере участь у загальному полюванні: всі АЧ проводять розвідку та визначають найбільш придатні (пріоритетні) джерела їжі.

Дія 4. Задання початкової швидкості АЧ.

Початкове швидкість v0 кожного АЧ визначається наступним виразом:

$$v_i = (v_1, v_2 ... v_S),\ v_i = v_0. \quad (1)$$

Дія 5. Відбір кращих особин зі зграї АЧ.

На даному етапі за допомогою удосконаленого генетичного алгоритму запропонованого авторами в дослідженні [25] за показниками розміру, коефіцієнтом мутації та коефіцієнтом привабливості відбувається відбір найкращих АЧ в зграї.

Дія 6. Стратегія очікування АЧ.

Рівняння спостереження описується з припущення: якщо припустити, що позиція і-ї зграї АЧ описується розміром оптимізаційного завдання $x_i \in R^n, n$;

$A(*)$ − підхід АЧ до оцінки можливої присутності здобичі в своєму поточному місці;

$\hat{y}$ − оціночна вартість здобичі в поточному місці, яка визначається наступним виразом:

$$\hat{y}_i = A(x_1), \quad (2)$$

Метод оцінки вартості здобичі в поточному місці можна охарактеризувати таким чином:

$$\hat{y}_i = w_i \cdot x_i, \quad (3)$$



де $w_i \in R^n$ – вага методу оцінки. Помилка оцінювання e_i може бути описана нижче:

$$e_i = \|\hat{y}_i - y_i\|^2/2. \quad (4)$$

Між тим, $\hat{g}_i \in R^n$, практичний градієнт ω_i, можна отримати, взявши часткову похідну від ω_i для рівняння похибки (4) та його напрям $\hat{d}_i$:

$$\hat{g}_i = \frac{\partial \hat{e}_i}{\partial w_i} = \frac{\partial \|\hat{y}_i - y_i\|^2/2}{\partial w_i} = (\hat{y}_i - y_i) \cdot x_i, \quad (5)$$

$$\hat{d}_i = \hat{g}_i/|\hat{g}_i|.$$

АЧ посилається на кращу особину АЧ під час полювання, спираючись на свій досвід оцінки поведінки здобичі та з врахуванням власної думки. При полюванні АЧ враховують поправку напрямку найкращого розташування елементів зграї $d_{h,i} \in R^n$ так і поправку напрямку найкращого розташування всього загону $d_{g,i} \in R^n$, що задається з урахуванням ступеню зашумленості інформації про стан обєкту аналізу, які розраховуються наступними виразами:

$$d_{h,i} = \left(\frac{X_{ibest} - X_i}{|X_{ibest} - X_i|} \cdot \frac{f_{ibest} - f_i}{|X_{ibest} - X_i|} + d_{ibest}\right) \times \iota \quad (6)$$

$$d_{g,i} = \left(\frac{Xg_{ibest} - X_i}{|X_{gbest} - X_i|} \cdot \frac{f_{gbest} - f_i}{|X_{gbest} - X_i|} + d_{gbest}\right) \times \iota \quad (7)$$

де ι – коефіцієнт, що визначає ступінь зашумленості інформації про обєкт дослідження.

Інтегральний градієнт $g_i \in R^n$ описується наступним чином $r_h \in 0{,}0{,}5), r_g \in 0{,}0{,}5)$:

$$g_i = (1 - r_h - r_g) \cdot \hat{d}_i + r_h \cdot d_{h,i} + r_g \cdot d_{g,i}. \quad (8)$$

Тут застосовано адаптивний метод оновлення ваги [2], β_1 дорівнює 0,99, а β_2 дорівнює 0,99:

$$\begin{aligned} m_i &= \beta_1 \cdot m_i + (1 - \beta_1) \cdot g_i, \\ v_i &= \beta_1 \cdot v_i + (1 - \beta_1) \cdot g_i^2, \\ w_1 &= w_1 - m_i/\sqrt{v_i}. \end{aligned} \quad (9)$$

Відповідно до оцінки АЧ поточної ситуації, наступне місце відбору проб $x_{a,i}$ можна описати як:

$$x_{a_{,i}} = x_i + exp(-t/(0.1 \cdot t_{max})) \cdot 0.1 \cdot hop \cdot g_i, \quad (10)$$

$$y_{a,i} f(x_{a,i}), \quad (11)$$

де t і t_{max} – поточний час ітерації та максимальний час ітерації, hop – розрив між нижньою межею та верхньою межею простору рішень, $y_{a,i}$ – придатність $x_{a,i}$.

Дія 7. Агресивна стратегія. АЧ має тенденцію до випадкового пошуку здобичі і його поведінка зображена нижче:

$$x_{b_{,i}} = x_i + tan(r_{b,1}) \cdot hop/(1+t), \quad (12)$$

$$y_{b,i} = f(x_{b,i}), \quad (13)$$

де $r_{b,i}$ – випадкове число в $(-\pi/2, \pi/2)$, $x_{b,i}$ – очікуване наступне місцезнаходження АЧ; $y_{b,i}$ – придатність.

АЧ вважає за краще агресивно переслідувати здобич, тому механізм оточення використовується як метод оновлення її позиції:

$$D_h = x_{ibest} - x_i, D_g = x_{gbest} - x_i,$$
$$X_{c,i} = (1 - r_i - rg) \cdot x_i + r_h \cdot D_h + r_g \cdot D_g, \quad (14)$$
$$y_{b,i} = f(X_{b,i}).$$

Dh – це матриця розриву між поточним місцем розташування та найкращим положенням цієї зграї АЧ, тоді як Dg порівнюється з найкращим розташуванням усіх загонів АЧ; xc,i – очікуване місцезнаходження АЧ; rh і rg є випадковими числами в [0,0.5).

Дія 8. Перевірка дискримінаційної умови. Після того, як кожен член зграї АЧ визначиться зі своїм планом, зграя обирає оптимальний варіант і виконує спільні дії відповідно до матриці рішення і-ї зграї АЧ xs і :

$$x_s, i = [x_{a,i} x_{b_{,i}} x_{c,i}], \quad (15)$$

$$y_{s,i} = [y_{a,i}\ y_{b,i} y_{c,i}], \quad (16)$$

$$C_i = arg\ min(y_{s,i}), \quad (17)$$

$$x_i = \begin{cases} x_{s,i|c_i} if & y_{s,i|c_i} \langle y_i or \quad r \langle 0.3, \\ & x_i else \end{cases}. \quad (18)$$

Якщо мінімальне значення ys,i краще, ніж поточна пристосованість yi, зграя чапель зробить вибір. Або якщо випадкове число $r \in (0,1)$ менше 0,15, це означає, що існує 15% ймовірність, що відбудеться гірший сценарій.

Дія 9. Ранжування отриманих рішень та їх сортування.

Після перерахунку позиції АЧ додається коефіцієнт мутації. Вартість АЧ знову порівнюються, відбирається кращий результат. Після кожної ітерації необхідно відсортувати найкращі рішення та знизити кількість теплової радіації, коефіцієнти мутації та ослаблення.

Дія 10. Навчання баз знань АЧ.

В зазначеному дослідженні для навчання баз знань кожного АЧ використовується розроблений у дослідженні [2] метод навчання на основі штучних нейронних мереж, що еволюціонують для зміни характеру пересування кожного АЧ, для більш точних результатів аналізу в подальшому.

Дія 11. Визначення кількості необхідних обчислювальних ресурсів, інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

З метою недопущення зациклювання обчислювань на діях 1−10 даної методики, та підвищення оперативності обчислювань додатково визначається завантаженість системи. При перевищенні визначеного порогу обчислювальної складності визначається кількість програмно-апаратних ресурсів які необхідно додатково залучити, за допомогою методу, запропонованого в роботі [32].

Кінець алгоритму.

Оцінка ефективності.

Унімодальні функції за якими проводилися дослідження є типовими оптимізаційними функціями. Більш детальні параметри зазначених функцій наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри унімодальних функцій при вирішенні оптимізаційного завдання

Вид унімодальної функції	Розмір	Діапазон рішень простору	F_{min}
$F_1(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i^2$	50	[-150,150]	0
$F_2(x) = \sum_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert + \Pi_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert$	50	[-15,15]	0
$F_3(x) = \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{i} x_j \right)^2$	50	[-150,150]	0
$F_4(x) = max_i\{\lvert x_i \rvert, 1 \le i \le n\}$	50	[-150,150]	0
$F_5(x) = \sum_{i=1}^{n-1} \left[100\left(x_{i+1} - x_i^2\right)^2 + (x_i - 1)^2 \right]$	50	[-50,50]	0
$F_6(x) = \sum_{i=1}^{n} ([x_i + 0.5]^2)$	50	[-150,150]	0
$F_6(x) = \sum_{i=1}^{n} i x_i^4 + random[0,1)$	50	[-1.5,1.5]	0

Аналіз табличних значень наведених в таблиці 1 показує однакову пристосованість особин АЧ для запропонованої методики для основних 7 унімодальних функцій.

В таблиці 2 наведені значення залежності оперативності прийняття рішення в залежності від кількості АЧ в зграї.



Таблиця 2 – Значення залежності оперативності прийняття рішення в залежності від кількості АЧ в зграї

Вид унімодальної функції	Кількість АЧ в популяції			
	20	30	50	100
$F_1(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i^2$	0	0	0	0
$F_2(x) = \sum_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert + \Pi_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert$	1.3E−287	1.9E−291	1.02E−294	3.6E−301
$F_3(x) = \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{i} x_j \right)^2$	0	0	0	0
$F_4(x) = max_i\{\lvert x_i \rvert, 1 \le i \le n\}$	3.6E−268	2.5E−272	2.12E−277	1.1E−286
$F_5(x) = \sum_{i=1}^{n-1} \left[100\left(x_{i+1} - x_i^2\right)^2 + (x_i - 1)^2 \right]$	0	0	0	0
$F_6(x) = \sum_{i=1}^{n} ([x_i + 0.5]^2)$	0	0	0.00E+00	0
$F_6(x) = \sum_{i=1}^{n} ix_i^4 + random[0,1)$	1.42E−05	1.65E−05	1.43E−05	6.27E−06

Аналіз табличних значень наведених в таблиці 2 показує, що вибір кількості АЧ в зграї залежить від виду функції, проте найбільш доцільним є кількість від 30 до 50 що показує прийнятну оперативність прийняття рішення для всіх наведених в таблиці 2 функцій.

В таблиці 3 наведені значення обчислювальної складності для наведених 7 унімодальних функцій.

Таблиця 3 – Значення обчислювальної складності для зазначених функцій

Вид унімодальної функції	Максимальна кількість ітерацій			
	200	500	800	1000
$F_1(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i^2$	1.4E−112	9.5E−287	0	0
$F_2(x) = \sum_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert + \Pi_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert$	1.85E−57	6.7E−147	3.4E−236	1.02E−294
$F_3(x) = \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{i} x_j \right)^2$	6.04E−83	1.9E−217	0	0
$F_4(x) = max_i\{\lvert x_i \rvert, 1 \le i \le n\}$	5.11E−54	2.7E−138	1.5E−222	2.12E−277
$F_5(x) = \sum_{i=1}^{n-1} \left[100\left(x_{i+1} - x_i^2\right)^2 + (x_i - 1)^2 \right]$	0	0	0	0
$F_6(x) = \sum_{i=1}^{n} ([x_i + 0.5]^2)$	8.52E−05	0	0	0.00E+00
$F_6(x) = \sum_{i=1}^{n} i x_i^4 + random[0,1)$	7.89E−05	1.83E−05	2.1E−05	1.43E−05

Аналіз таблиць 1–3 дозволяє зробити висновок про те, що зазначена методика дозволяє підвищити оперативність прийняття рішень щодо стану об’єкту аналізу на 22–25 % в залежності від виду функції.

Розробка методики пошуку рішень з використанням комбінованого біоінспірованого алгоритму

Сутність удосконалення методики полягає в тому, що в даній методиці паралельно виконуються обчислення за двома удосконаленими метаевристичними алгоритмами: удосконалений алгоритм зграї вовків та удосконалений алгоритм зграї горобців. Після виконання паралельних обчислень результати перевіряються між собою і обирається найкраще рішення. Зазначене поєднання дозволяє уникати локального оптимуму, одночасно покращуючи швидкість і точність конвергенції.



Розглянемо детально сутність удосконаленої процедури, заснованої на удосконаленому алгоритмі зграї горобців. Дана процедура має три типи індивідуальної поведінки: відкривач, послідовник і дослідник, тобто горобці оновлюють своє місцезнаходження відповідно до власних правил. Першовідкривач шукає їжу та направляє решту зграї [23]. Виявивши місцезнаходження першовідкривача, вони шукають їжу навколо цього місця. Розташування послідовника оновлюється відповідно до рівняння (19) [23]:

$$X_i^{t+1} = \begin{cases} Q \cdot exp\left(\frac{X_{worst} - X_i^t}{i^2}\right), i > \frac{n}{2} \\ X_{best}^{t+1} + \left|X_i^t - X_{best}^{t+1}\right| \cdot A \cdot L, i \leq \frac{n}{2} \end{cases}. \quad (19)$$

де X_{best} – найкраща індивідуальна позиція, що означає найкраще поточне розташування; X_{worst} – поточне найгірше глобальне розташування; A – $d \times d_{matrix}$, що містить кожной фактор, якому випадковим чином присвоєно 1 або -1; n – кількість горобців; коли i < n/2, це означає, що і-й учасник шукає їжу поблизу найкращого місця, якщо i > n/2, це означає, що і-му учаснику потрібно летіти в інше місце за їжею.

Коли хижаки нападають, вони посилають сигнали, які змушують горобців тікати в безпечне місце [23]. Стратегія мутації в алгоритмі зграї горобців безпосередньо впливає на точність і швидкість конвергенції. Алгоритм зграї горобців краще працює при вирішенні складних задач оптимізації, але має недоліки, пов'язані зі зменшенням різноманітності зграї та недостатньою точністю збіжності. Він може мати шанс потрапити в локальний оптимум, не досягнувши оптимального вирішення проблем.

Удосконалений алгоритм оптимізації на основі зграї горобців складається з наступної послідовності дій:

Дія 1.1 Ініціалізація пошуку зграї горобців та її параметрів (n – загальна кількість горобців, Tmax – максимальна ітерація, d – кількість змінних). При

ініціалізації пошуку враховується тип невизначеності про стан об'єкту аналізу у наступній градації: повна невизначеність, часткова невизначеність та повна обізнаність.

Дія 1.2 Ранжування та відбір агентів горобців за допомогою удосконаленого генетичного алгоритму. Поки (t < Tmax), відбувається ранжування горобців відповідно до їхніх значень фізичної форми за допомогою розроблено в роботі [24] генетичного алгоритму. Знаходиться поточне найкраще значення, яке є мінімальним значенням придатності і поточне найгірше значення, яке є максимальним значенням придатності.

Дія 1.3 Оновлення розташування горобця для першовідкривача за допомогою рівняння (20):

$$X_i^{t+1} = \begin{Bmatrix} X_i^t \times exp\left(\frac{-i}{\alpha \cdot T_{max}} O_2\right) \{\} \\ X_i^t + Q \cdot L, R_2 \geq X_i^t \end{Bmatrix} \quad (20)$$

Якщо $X = [X_1, X_2, X_3, \ldots X_i \ldots X_n]^T, X_i = \left[X_{i,1}, X_{i,2}, X_{i,3} \ldots X_{i,d}\right]$.

де t − поточна ітерація; X_i^t − розташування і-го горобця на ітерації t; α − випадкове число від 0 до 1; R2 – значення тривоги, яке становить 0 < R2 < 1; поріг безпеки становить STh і він оцінюється як 0,5 < STh <1; L є $1 \times d_{matrix}$; d_{matrix} –матриця, яка містить 1 у кожному факторі; Q − випадкове значенням із середнім нульовим значенням і дисперсією одиниці, що відповідає нормальному розподілу. Якщо R2 < STh − середовище пошуку їжі безпечне, тоді як R2 > STh означає, що деякі особини вже стикалися з небезпечними тваринами, і що всі горобці повинні якомога швидше втекти в інші безпечні місця.

Дія 1.4. Перевірка умови оновлення позиції горобців. Якщо кількість і особин на поточній ітерації менша або дорівнює половині популяції горобців, тоді відбувається оновлення позиції послідовника.



Дія 1.5. Ініціалізація додаткових параметрів пошуку. Ініціалізація значення a, A та C.

Дія 1.6. Запуск алгоритму зграї сірих вовків.

Дія 1.6.1. Введення вихідних даних.

На даному етапі відбувається введення вихідних даних, що наявні у системі для вирішення оптимізаційної задачі.

Дія 1.6.2. Виставлення сірих вовків на початкові позиції з урахуванням невизначеності.

Створити зграю сірих вовків у вигляді набору евклідових векторів, розподілених на множині допустимих значень аргументів з урахуванням ступеню χ інформованості про стан об'єкту (повна невизначеність – виставлення випадковим чином, часткова невизначеність – виставлення з урахуванням коефієнту корегування положення сірих вовків χ=0,01÷0,99).

Дія 1.6.3. Визначення ватажків у зграї сірих вовків.

У класичному алгоритмі зграї сірих вовків "вовк" із найкращим значенням цільової функції на цій ітерації є ватажком. Якщо на наступній ітерації знайдеться інша "особина" з кращим значенням цільової функції, ніж у ватажка, то, відповідно, зграя "знайде" нового лідера. В зазначеній процедурі пропонується визначити ту кількість ватажків, яка забезпечить максимізацію оперативності пошуку при обмеженнях на наявні обчислювальні ресурси.

Дія 1.6.4. Пошук здобичі іншими вовками зграї.

Інші вовки досліджують місцевість на наявність жертви. Причому, функція $f(x_i)$ характеризує, як сильно відчувається запах жертви і-им "вовком". Тоді величина G_{Best} характеризує, як сильно відчувається запах жертви ватажком зграї.

Дія 1.6.5. Зміна ватажка у зграї.

Якщо $f(x_i)\rangle G_{Best}$, тоді і-ий “вовк” перебуває ближче до жертви, ніж ватажок зграї, тому і-ий вовк стає ватажком на даному етапі $f(x_i) = G_{Best}$. Якщо ж $f(x_i)\langle G_{Best}$, тоді “вовк” переміщується в просторі з деяким заздалегідь заданим кроком step.

Ватажок (ватажки) зграї “повідомляють” іншим “вовкам” у зграї про своє місцезнаходження, як про найближчу точку зараз до жертви, щоб вони перемістилися в його напрямку.

Дія 1.6.6. Наближення до ватажків зграї.

На цьому етапі “ватажок” (“ватажки”) розглядається майже так само, як і жертва − ціль, до якої необхідно наблизитися. Тоді “вовки” зграї переміщуються в напрямку ватажка із заздалегідь заданим кроком step, причому координата d і-ого “вовка” на (k+1)-й ітерації обчислюється за формулою:

$$x_{iD}^{(k+1)} = x_{iD}^{(k)} + step\,\frac{G_{Best}^{(k)} - x_{iD}^{(k)}}{\left\| G_{Best}^{(k)} - x_{iD}^{(k)} \right\|}. \qquad (21)$$

З формули (21) і опису алгоритму видно, що в методі пошуку “зграєю вовків” оновлюються тільки координати “вовків” без урахування швидкості їхнього переміщення в просторі. І, якщо для зграйного алгоритму необхідно обрати чотири параметри (коефіцієнти навчання, інерційну вагу, розмір популяції), то для методу пошуку зграєю вовків достатньо підібрати лише два параметри – розмір популяції N і крок step, з яких переміщуються “вовки” в напрямку ватажка і жертви.

Слід зазначити, що формула (21) стандартним чином не може бути застосована до задачі комівояжера. У цьому разі беруть тільки основний її принцип, а саме: інші “вовки” мають бути достатньо “схожими” на свого ватажка (ватажків), який у поточній ітерації перебуває ближче до жертви (за



значенням цільової функції). На цьому етапі за допомогою удосконаленого генетичного алгоритму, що запропонований авторами в роботі [24].

Усі наступні ітерації виконуються аналогічним чином: знаходиться найкращий “вовк” і на його основі генерується нова популяція.

Кінець алгоритму.

Порівняння зі значеннями отриманими з алгоритму зграї горобців.

Дія 1.7. Оновлення позиції слідкуючого за допомогою рівняння (20). Потім оновлення місцезнаходження дослідника за допомогою рівняння (22):

$$X_i^{t+1} = \begin{cases} X_{best}^t + \beta_e \left| X_i^t - X_{best}^t \right|, f_i > f_b \\ X_{best}^{t+1} + K \frac{\left| X_i^t - X_{best}^{t+1} \right|}{(f_i - f_\omega) + \varepsilon}, f_i = f_b \end{cases} \quad (22)$$

де β_e − коефіцієнт керування довжиною випадкового кроку, який має дисперсію 1 і середнє значення 0 і відповідає нормальному розподілу; K − випадкове число від -1 до 1; f_i – значення пристосованості і особини; f_b – поточна найкраща фізична підготовка; f_ω − найгірша фізична підготовка.

Дія 1.8. Якщо коефіцієнт ймовірності є позитивним значенням, обчислюється значення відповідності і порівнюється його значення з найкращим рішенням відповідності, щоб отримати мінімальне оптимальне значення.

Дія 2. Навчання баз знань агентів.

В зазначеному дослідженні для навчання баз знань кожного агенту використовується розроблений у дослідженні [2] метод навчання на основі штучних нейронних мереж, що еволюціонують для зміни характеру пересування кожного агенту, для більш точних результатів аналізу в подальшому.

Дія 3. Визначення кількості необхідних обчислювальних ресурсів, інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

З метою недопущення зациклювання обчислювань на діях 1–2 даної методики, та підвищення оперативності обчислювань додатково визначається завантаженість системи. При перевищенні визначеного порогу обчислювальної складності визначається кількість програмно-апаратних ресурсів які необхідно додатково залучити, за допомогою методу, запропонованого в роботі [31].

Кінець алгоритму.

Оцінка ефективності.

Порівняння проводилося по критерію оперативності обробки інформації для різних функцій, а саме: унімодальні, високомультимодальні та фіксовані мультимодальні функції. Результати порівняння наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Порівняння ефективності алгоритмів по критерію оперативності обробки інформації

Назва алгоритму оптимізації	Тип функції		
	Унімодальні	Високомульт-имодальні	Фіксовані мультимодальні функції
Алгоритм оптимізації зграї моржів	1.01E−24	6.25E−18	1.44E−34
Алгоритм рою частинок	1.01E−24	2.29E−12	2.09E−26
Алгоритм білок-летяг	1.01E−24	5.98E−20	1.44E−34
Алгоритм штучної бджолиної колонії	1.01E−24	0.044967	1.13E−05
Алгоритм мурашиної колонії	1.01E−24	3.17E−18	1.44E−34
Запропонована методика	**1.01E−24**	**1.17E−16**	**1.44E−34**
Алгоритм зграї мавп	1.01E−24	2.37E−13	1.44E−34
Алгоритм зграї кажанів	1.01E−24	1.97E−21	3.22E−13
Алгоритм рою сарани	1.01E−24	1.97E−21	5.35E−17
Генетичний алгоритм	1.01E−24	1.49E−11	1.44E−34



Аналіз даних наведених в таблиці 4 показує, що запропонованої методики показує стабільну ефективність роботи по критерію оперативності обробки інформації для всіх типів функцій, які описують об'єкт аналізу. Проведемо аналіз ефективності запропонованої методики за критерієм точності рішення для різних алгоритмів. Результати порівняльного аналізу роботи алгоритмів по критерію точності отриманих рішень наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Порівняння отриманих рішень по критерію точності отриманих рішень

Назва алгоритму оптимізації	Краще значення	Середнє значення	Найгірше значення	Стандартне відхилення	Медіанне значення
Алгоритм оптимізації зграї моржів	0.012672	0.012701	0.012706	0.001106	0.012700
Алгоритм рою частинок	0.012722	0.012754	0.012766	0.007391	0.012744
Алгоритм білок-летяг	0.01317	0.013848	0.015774	0.006119	0.013727
Алгоритм штучної бджолиної колонії	0.012782	0.012799	0.01283	0.00567	0.012802
Алгоритм мурашиної колонії	0.012786	0.012812	0.012836	0.004191	0.012815
Запропонована методика	**0.012305**	**0.014151**	**0.013023**	**0.002103**	**0.013112**
Алгоритм зграї мавп	0.012926	0.014594	0.018	0.001636	0.014147
Алгоритм зграї кажанів	0.012818	0.012956	0.013116	0.007828	0.012961
Алгоритм рою сарани	0.012983	0.01356	0.01434	0.000289	0.013488
Генетичний алгоритм	0.013147	0.014162	0.016398	0.002092	0.013119

Аналіз результатів моделювання наведених в таблицях 1, 2 показує що удосконалена методика забезпечує в середньому менший на 19 % у порівнянні з іншими алгоритмами при стабільній роботі для різних видів функцій, якими описується об’єкт аналізу.

Висновки:

1. Визначено алгоритм реалізації методики, завдяки додатковим та удосконаленим процедурам що дозволяє: враховується тип невизначеності та зашумленості даних; врахувати наявні обчислювальні ресурси системи аналізу стану об’єкту аналізу; врахувати пріоритетність пошуку АЧ; провести початкове виставлення особин АЧ з урахуванням типу невизначеності; провести точне навчання особин АЧ; провести визначення найкращих особин АЧ за допомогою генетичного алгоритму; провести локальний та глобальний пошук з урахуванням ступеню зашумленості даних про стан об’єкту аналізу; провести навчання баз знань, що здійснюється шляхом навчання синаптичних ваг штучної нейронної мережі, типу та параметрів функції належності, а також архітектури окремих елементів і архітектури штучної нейронної мережі в цілому; застосовувати як універсальний інструмент вирішення завдання аналізу стану об’єктів аналізу за рахунок ієрархічності опису об’єктів аналізу; перевірити адекватність отриманих результатів; уникнути проблеми локального екстремуму.

2. Проведений приклад використання запропонованої методики на прикладі оцінки та прогнозуванні стану оперативної обстановки угруповання військ (сил). Зазначений приклад показав підвищення ефективності оперативності обробки даних на рівні 22–26 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур додавання корегувальних коефіцієнтів щодо невизначеності та зашумленості даних, відбору АЧ, а також навчання АЧ.



3. Визначено алгоритм реалізації методики, завдяки додатковим та удосконаленим процедурам що дозволяє: враховується тип невизначеності та зашумленості даних; реалізувати адаптивні стратегії пошуку джерел харчування; комбінованим використанням стратегій розвідки за рахунок спільного використання двох алгоритмів оптимізації; реалізувати можливість взаємної перевірки результатів оптимізації; врахувати присутність хижака при виборі джерел харчування; врахувати наявні обчислювальні ресурси системи аналізу стану об'єкту аналізу; врахувати пріоритетність пошуку агентами; провести початкове виставлення особин агентів з урахуванням типу невизначеності; провести точне навчання особин агентів; провести визначення найкращих особин агентів за допомогою генетичного алгоритму; провести локальний та глобальний пошук з урахуванням ступеню зашумленості даних про стан об'єкту аналізу; провести навчання баз знань, що здійснюється шляхом навчання синаптичних ваг штучної нейронної мережі, типу та параметрів функції належності, а також архітектури окремих елементів і архітектури штучної нейронної мережі в цілому; застосовувати як універсальний інструмент вирішення завдання аналізу стану об'єктів аналізу за рахунок ієрархічності опису об'єктів аналізу; перевірити адекватність отриманих результатів; уникнути проблеми локального екстремуму.

4. Проведений приклад використання запропонованої методики на прикладі оцінки та прогнозуванні стану оперативної обстановки угруповання військ (сил). Зазначений приклад показав підвищення ефективності оперативності обробки даних на рівні 19 % за рахунок комбінованого використання декількох алгоритмів оптимізації, використання додаткових удосконалених процедур, можливістю перевірки результатів окремого алгоритму оптимізації, додавання корегувальних коефіцієнтів щодо невизначеності даних, відбору агентів, а також навчання агентів.

Список використаних джерел:

1. I. Alieinykov, K. A. Thamer, Y. Zhuravskyi, O. Sova, N. Smirnova, R. Zhyvotovskyi, S.Hatsenko, S. Petruk, R. Pikul, A. Shyshatskyi. Development of a method of fuzzy evaluation of information and analytical support of strategic management. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 6. No. 2 (102). 2019. pp. 16–27. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184394.

2. A. Koshlan, O. Salnikova, M. Chekhovska, R. Zhyvotovskyi, Y. Prokopenko, T. Hurskyi, A. Yefymenko, Y. Kalashnikov, S. Petruk, A. Shyshatskyi. Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 5. No. 9 (101). 2019. pp. 16–27. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197.

3. V. Dudnyk, Yu. Sinenko, M. Matsyk, Ye. Demchenko, R. Zhyvotovskyi, Iu. Repilo, O. Zabolotnyi, A. Simonenko, P. Pozdniakov, A.Shyshatskyi. Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 3. No. 2 (105). 2020. pp. 37–47. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301.

4. Shyshatskyi A. Method of multicriterial evaluation of the state of the special purposes of radio communication system channels / A. Shyshatskyi, O. Zhuk, R. Zhyvotovskyi, P. Zhuk // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. - 2017. - № 4. - С. 75-83. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2017_4_12.

5. Shyshatskyi, A., Sova, O., Zhuravskyi, Y., Zhyvotovskyi, R., Lyashenko, A., Cherniak, O., Zinchenko, K., Lazuta, R., Melnyk, A., & Simonenko, A. (2019). Development of resource distribution model of automated control system of special purpose in conditions of insufficiency of information on operational development. Technology Audit and Production Reserves,. Vol. 1, No 2(51), pp. 35–39. https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.198082.



6. Nalapko, O., Sova, O., Shyshatskyi, A., Protas, N., Kravchenko, S., Solomakha, A., Neroznak, Y., Gaman, O., Merkotan, D., & Miahkykh, H. (2021). Analysis of methods for increasing the efficiency of dynamic routing protocols in telecommunication networks with the possibility of self-organization. Technology Audit and Production Reserves, Vol. 5, No. 2(61), pp. 44–48. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239096.

7. Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskyi , R., Sova , O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., and Shyshatskyi , A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. EUREKA: Physics and Engineering, No. (4), pp. 78-89. https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353.

8. P. Zuiev, R. Zhyvotovskyi, O. Zvieriev, S. Hatsenko, V. Kuprii, O. Nakonechnyi, M. Adamenko, A. Shyshatskyi, Y. Neroznak, V. Velychko. Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020, Vol. 4, No. 9 (106), pp. 14-23. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554.

9. Minochkin, A., Shyshatskyi, A., Hasan, V., Hasan, A., Opalak, A., Hlushko, A., Demchenko, O., Lyashenko, A., Havryliuk, O., & Ostapenko, S. (2021). The improvement of method for the multi-criteria evaluation of the effectiveness of the control of the structure and parameters of interference protection of special-purpose radio communication systems. Technology Audit and Production Reserves, Vol. 4, No.2(60), pp. 22–27. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.235465.

10. Shyshatskyi, A., Ovchynnyk, V., Momotov, A., Protas, N., & Solomakha, A. (2021). Development of a mathematical model of radio resource management of special purpose radio communication systems based on an evolutionary approach. Technology Audit and Production Reserves. Vol. 1, No. 63, pp. 15–20. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.251918.

11. Mahdi Q. A., Shyshatskyi A., Prokopenko Y., Ivakhnenko T.., Kupriyenko D.., Golian V., Lazuta R., Kravchenko S.., Protas N. & Momit A.. Development of estimation and forecasting method in intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2021, Vol. 3, No. 9(111), pp. 51–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718.

12. Shyshatskyi, A., Tiurnikov, M., Suhak, S., Bondar, O., Melnyk, A., Bokhno, T., & Lyashenko, A.. Методика оцінки ефективності системи зв'язку оперативного угруповання військ. Сучасні інформаційні системи. 2020. Том 4, № 1, с. 107–112. https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16.

13. Sova, O., Shyshatskyi, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., & Hrokholskyi, Y. Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. EUREKA: Physics and Engineering, 2021, No. 4, pp. 30-40. https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940.

14. Oleg Sova, Hryhorii Radzivilov, Andrii Shyshatskyi, Dmytro Shevchenko, Bohdan Molodetskyi, Vitalii Stryhun, Yurii Yivzhenko, Yevhen Stepanenko, Nadiia Protas, & Oleksii Nalapko. (2022). Development of the method of increasing the efficiency of information transfer in the special purpose networks. Eastern-european Journal of Enterprise Technologies, 3(4 (117)), 6–14. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259727.

15. Oleg Sova, Hryhorii Radzivilov, Andrii Shyshatskyi, Pavel Shvets, Valentyna Tkachenko, Serhii Nevhad, Oleksandr Zhuk, Serhii Kravchenko, Bohdan Molodetskyi, & Hennadii Miahkykh. (2022). Development of a method to improve the reliability of assessing the condition of the monitoring object in special-purpose information systems. Eastern-european Journal of Enterprise Technologies, 2(3 (116)), 6–14. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254122.

16. Шишацький А.В., Сова О.Я., Журавський Ю.В., Троцько О.О. Методологічні засади інтелектуальної обробки даних в інтелектуальних



системах підтримки прийняття рішень. Theoretical and scientific foundations in research in Engineering: collective monograph / Beresjuk O., Lemeschew M., Stadnijtschuk M., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2022. 543 p. Available at :DOI – 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1. URL: https://isg-konf.com/theoretical-and-scientific-foundations-in-research-in-engineering/.

17. Koval, M., Sova, O., Orlov, O., Shyshatskyi, A., Artabaiev, Y., Shknai, O., Veretnov, A., Koshlan, O., Zhyvylo, Y., & Zhyvylo, I. (2022). Improvement of complex resource management of special-purpose communication systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(9(119), 34–44. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266009.

18. Fedoriienko, V., Koshlan, O., Kravchenko, S., Shyshatskyi, A., Vasiukova, N., Trotsko, O., Havryliuk, O., Sovik, O., Alieinik, O., & Svyryda, Y. (2021). Development of a methodological approach for processing different types of data in systems of special purpose. Technology Audit and Production Reserves, 6(2(62), 18–24. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.243950.

19. Abed, A. A., Repilo, I., Zhyvotovskyi, R., Shyshatskyi, A., Hohoniants, S., Kravchenko, S., Zhyvylo, I., Dieniezhkin, M., Protas, N., & Shcheptsov, O. (2021). Improvement of the method of estimation and forecasting of the state of the monitoring object in intelligent decision support systems . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(3(112), 43–55. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237996.

20. Bezuhlyi, V., Oliynyk, V., Romanenko I., Zhuk, O., Kuzavkov, V., Borysov, O., Korobchenko, S., Ostapchuk, E., Davydenko, T., & Shyshatskyi, A. (2021). Development of object state estimation method in intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(3 (113), 54–64. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239854.

21. Koval, M., Sova, O., Shyshatskyi, A., Artabaiev, Y., Garashchuk, N., Yivzhenko, Y., Luscshay, Y., Dovhopoliuk, L., Haidenko, O., & Dorofeev, M. (2022). Improving the method for increasing the efficiency of decision-making based on bio-inspired algorithms . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(4 (120), 6–13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268621.

22. Патент України на корисну модель №125600. Пристрій побудови маршрутів передачі інформації в мережах спеціального призначення із можливістю самоорганізації / О. Л. Налапко, О. Я. Сова, А. В. Шишацький; – № u201800332; заявл. 12.01.2018; опубл. 10.05.2018, бюл. № 9.

23. Shyshatskyi, A., Nechyporuk, O., Kuchuk, N., Stanovska, I., Nalapko, O., Shknai, O., Protas, N., Shostak, S., Binkovska, A., & Shapoval, P.. Development of a solution search method using an improved monkey algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023, Vol. 5, No. 4 (125), pp. 17–24. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287003.

24. Патент України на корисну модель №133572 “Спосіб формування маршрутів передачі даних в мобільних радіомережах” / О. Я. Сова, В. П. Олексенко, С. В. Сальник, В. М. Остапчук, А. В. Шишацький, Р. М. Животовський, О. В. Жук // Номер заявки: u201811450, Дата подання заявки: 21.11.2018, Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.04.2019, Публікація відомостей про видачу патенту: 10.04.2019, бюл. № 7.

25. Gaman, O., Shyshatskyi, A., Babenko, V., Pluhina, T., Degtyareva, L., Shaposhnikova, O., Pronin, S., Protas, N., Stasiuk, T., Kutsenko, I. (2023). An analysis of knowledge representation methods in intelligent decision-making support systems. Technology Audit and Production Reserves, Vol. 5, No. 2 (73)), 16–19. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.289747.

26. Патент України на корисну модель № 148275 від 15.03.2021 “Пристрій обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень”.



Моміт О. С., Дяченко С. А., Животовський Р. М., Шишацький А. В., Сальнікова О. Ф., Одарущенко О. Б., Дегтярьова Л. М., Кучук Н. Г., Кучук Г. А., Подорожняк А. О., Іжутова І. В., Прощин І. В. Зареєстрований 21.07.2021, бюл. № 29.

27. Налапко О. Л. Аналіз завдань і методів оцінки та вибору альтернатив рішень / О. Л. Налапко, О. Я. Сова, А. В. Шишацький. // International scientific and practical conference «Technical sciences: history, the present time, the future, EU experience» Wloclawek, Republic of Poland, September 27–28, 2019. Wloclawek: Izdevnieciba «Baltija Publishing». – 2019. – С. 75–78.

28. Шишацький А. В, Налапко О. Л., Одарущенко О. Б(2021). Основні біоінспіровані алгоритми обробки різнотипних даних. Інтеграція інформаційних систем і інтелектуальних технологій в умовах трансформації інформаційного суспільства: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, що присвячена 50-ій річниці кафедри інформаційних систем та технологій. Полтава: ПДАУ, 2021. 109-114. https://doi.org/10.32782/978-966-289-562-9.

29. Шишацький А. В., Одарущенко О. Б., Налапко О. Л., Шкнай О. В., Кравченко С. І., Протас Н. М. Математична модель системи захисту інформації на основі еволюційного підходу. Сучасні аспекти модернізації науки: стан, проблеми, тенденції розвитку: матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції / за ред. І.В. Жукової, Є.О. Романенка. м. Дікірх (Люксембург): ГО «ВАДНД», 07 серпня 2022 р. С. 286-303.

30. Salnikova, O., Hatsenko, S., Shknai, O., Veretnov, A., Shyshatskyi, A. Complex methodology for assessing information and analytical supply in decision support systems. Сучасні аспекти модернізації науки: стан, проблеми, тенденції розвитку: матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції / за ред. І. В. Жукової, Є. О. Романенка. м. Орхус (Данія): ГО «ВАДНД», 07 вересня 2022 р. С. 399-410.

31. Шишацький А. В., Ляшенко Г. Т., Бохно Т. Р. Розробка методики нечіткого оцінювання альтернатив рішень. XVI міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба "Новітні технології – для захисту повітряного простору": тези доповідей, 15 – 16 квітня 2020 року. – Х.: ХНУПС ім. І. Кожедуба, 2020. С. 434.

32. Журавський Ю. В., Шишацький А. В. Динамічна модель інформаційного конфлікту з урахуванням можливостей сторін. Стратегічні комунікації у сфері забезпечення національної безпеки та оборони: проблеми, досвід, перспективи: І міжнар. наук.-практ. конф., 1 жо-вт. 2020 р: тези доповідей / Міністерство оборони України, НУОУ імені Івана Черняховського. – К. : НУОУ, 2020. – С. 95.

33. Shyshatskyi, A. Artabaiev, Y., Dorofeev, M. Analysis of cognitive modeling methods states of real-time dynamic systems. International scientific conference «Interaction between science and technology in modern conditions»: conference proceedings (November 3–4, 2022. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022. pp. 29-32.

34. Shyshatskyi, A., Hurskyi, T., Vdovytskyi, Y., Vozniak, R., Nalapko, O., Andriishena, H., Shabanova-Kushnarenko, L., Protas, N., Vakulenko, Y., & Pyvovarchuk, S. (2023). Development of method for the identification of hybrid challenges and threats in the national security management system. Technology Audit and Production Reserves, No. 2(70), pp. 16–19. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.276544.

35. Sova, O., Zhuravskyi, Y., Zaitsev, M., Shyshatskyi, A., Andriishena, H. (2022). Development of an approach to the creation of an intellectual system of national security management. ScienceRise, No. 6, pp. 18–24. doi: http://doi.org/10.21303/2313-8416.2022.002811.

36. Шишацький А.В., Одарущенко О.Б., Кашкевич С.О., Пилипчук І.Ю., Мягких Г.Г. Обґрунтування методів інтелектуального аналізу даних для вирішення задачі прийняття рішень в умовах невизначеності впливу обстановки. Theoretical and practical scientific achievements: research and results of their implementation: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the IV International Scientific and Theoretical Conference, April 7, 2023. Pisa, Italian Republic: European Scientific Platform. pp. 93-87. ISBN 979-8-88955-784-5, DOI 10.36074/scientia-07.04.2023.

37. Романов О. М., Шишацький А. В., Налапко О. Л. Розробка методу підвищення оперативності передачі інформації в мережах спеціального призначення. Modernн aspekty vědy: XXI. Dнl mezinбrodnн kolektivnн monografie / Mezinбrodnн Ekonomickэ Institut s.r.o.. Českб republika: Mezinбrodnн Ekonomickэ Institut s.r.o., 2022. С. 381-403.

38. Koval, V., Shyshatskyi, A., Ransevych, R., Gura, V., Nalapko, O., Shypilova, L., Protas, N., Volkov, O., Stanovskyi, O., & Chaikovska, O. (2023). Development of a method for the search of solutions in the sphere of national security using bio-inspired algorithms. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 3, No. 4 (123), pp. 6–13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.280355.

39. Tarkhan, A. B., Zhuravskyi, Y., Shyshatskyi, A., Pluhina, T., Dudnyk, V., Kiris, I., Nalapko, O., Protas, N., Neronov, S., & Nechyporuk, V. (2023). Development of a solution search method using an improved fish school algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 4, No. 4 (124), pp. 27–33. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284315.

40. Nechyporuk, O., Sova, O., Shyshatskyi, A., Kravchenko, S., Nalapko, O., Shknai, O., Klimovych, S., Kravchenko, O., Kovbasiuk, O., & Bychkov, A. (2023). Development of a method of complex analysis and multidimensional forecasting of the state of intelligence objects. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol 2, No. 4 (122), pp. 31–41. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276168.

41. Шишацький А. В., Зайцев М. М., Гаценко С. С. Аналіз характеру сучасних воєнних конфліктів Україна в умовах сучасних викликів та загроз: глобальний та національний виміри: матеріали наук.-практ. семінару (Київ, 17 лют. 2023 р.) / за ред. Г. П. Ситника, Л. М. Шипілової. Київ: На-вч.-наук. ін-т публ. упр. та держ. служби Київ. нац.ун-ту імені Тараса Шевченка, 2023. С.46−49.

42. Koval, V., Nechyporuk, O., Shyshatskyi, A., Nalapko, O., Shknai, O., Zhyvylo, Y., Yerko, V., Kreminskyi, B., Kovbasiuk, O., Bychkov, A. (2023). Improvement of the optimization method based on the cat pack algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 1, No.9 (121), pp. 41–48. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273786.

43. Nechyporuk, O., Sova, O., Shyshatskyi, A., Kravchenko, S., Nalapko, O., Shknai, O., Klimovych, S., Kravchenko, O., Kovbasiuk, O., Bychkov, A. Development of a method of complex analysis and multidimensional forecasting of the state of intelligence objects. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023, Vol. 2, No. 4 (122), pp. 31–41. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276168.

44. Sova, O., Zhuravskyi, Y., Shyshatskyi, A., Zhuk, O., Hurskyi, T., Nalapko, O., Vozniak, R., Hatsenko, S., Lyashenko, A., Havryliuk, O. Development of force distribution methodology and means of communication for the grouping of troops (forces) in operations. Technology Audit and Production Reserves, 2022, Vol. 5, No. 2 (67), pp. 6–9. doi: http://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.264619.

45. Mahdi, Q. A., Shyshatskyi, A., Andriishena, H., Degtyareva, L., Protas, N., Vakulenko, Y., Odarushchenko, E., Havryliuk, O., Lyashenko, A., Kovalchuk, B. Development of a methodological approach to the research of special purpose communication systems. Technology Audit and Production Reserves, 2023, Vol. 1, No. 2 (69), pp. 15–19. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.274258.



46. Romanov, O., Shyshatskyi, A., Shknai, O., Yashchenok, V., Stasiuk, T., Trotsko, O., Protas, N., Miahkykh, H., Velychko, V., Balan, D. Development of methods for identifying the state of various dynamic objects. Technology Audit and Production Reserves, 2023, Vol. 3, No. 2 (71), pp. 6–10. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.279437.

47. Shyshatskyi, A., Stasiuk, T., Filipov, V., Nalapko, O., Protas, N., Berezanskyi, D., Zinchenko, M., Sovik, O., Makarchuk, V., Nechyporuk, V. The development of a method for assessing the security of complex technical systems using artificial immune systems. Technology Audit and Production Reserves, 2023, Vol. 4, No. 2 (72), pp. 6–9. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.284544.

Vydavatel:

Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.
se sídlem V Lázních 688, Jesenice 252 42
IČO 03562671 Česká republika

MODERNÍ ASPEKTY VĚDY

Svazek XL mezinárodní kolektivní monografie

Podepsáno k tisku 9. Únor 2024
Formát 60x90/8. Ofsetový papír a tisk
Headset Times New Roman.
Mysl. tisk. oblouk. 8.2. Náklad 100 kopií.