Наукові перспективи
Видавнича група



MODERNÍ ASPEKTY VĚDY

v rámci publikační skupiny
Scientific Publishing Group

Svazek XXXIV mezinárodní kolektivní monografie

Česká republika
2023

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 XXXIV mezinárodní kolektivní monografie

Česká republika
2023

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

34- th volume of the international collective monograph

Czech Republic
2023

https://doi.org/10.52058/34-2023
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. 56/2023 ze dne 8. Srpen 2023)

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)
Humeir Huseyn Akhmedov - doctor of pedagogical sciences, professor (Baku, Azerbaijan);
Iryna Zhukova -kandidátka na vědu ve veřejné správě, docentka (Kyjev, Ukrajina)
Yevhen Romanenko - doktor věd ve veřejné správě, profesor, ctěný právník Ukrajiny (Kyjev, Ukrajina)
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: XXXIV. Díl mezinárodní kolektivní monografie/ Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2023. str. 669

Svazek XXXIV 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., 2023
© Publishing Group „ Vědecká perspektiva “, 2023
© autoři článků, 2023

*§ 4.2 НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ (***Журавський Ю.В.,** Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, **Шишацький А.В.,** Національний авіаційний університет, **Шапошнікова О.П.**, Харківський національний автомобільно-дорожний університет, **Стасюк Т.О.,** Військовий коледж сержантського складу Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, **Дворський М.В.,** Науково-дослідний інститут воєнної розвідки, **Довбенко О.В.,** Науково-дослідний інститут воєнної розвідки) ***313***

*§ 4.3 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ СКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ОБСТАНОВКИ (***Нечипорук О.П.,** Національний авіаційний університет, **Шишацький А.В.,** Національний авіаційний університет, **Налапко О.Л.,** Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, **Протас Н.М.,** кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри інформаційних систем і технологій Полтавський державний аграрний університет, **Лейник Д.М.,** Науково-дослідний інститут воєнної розвідки) ***353***

*§ 4.4 МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ СИСТЕМ РАДІОЗВЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ СКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ОБСТАНОВКИ (***Шишацький А.В.,** Національний авіаційний університет, **Жук О.В.,** Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, **Троцько О.О.**, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, **Одарущенко О.Б.**, Полтавський державний аграрний університет, **Гурський Т.Г.**, Науково-дослідний інститут воєнної розвідки) ***381***

ODDÍL 5. EKONOMIKA A ŘÍZENÍ PODNIKU ***423***

*§5.1 THEORETICAL PRINCIPLES OF THE ESSENCE OF THE CONCEPT "FRANCHISING" (***Drymalovska Kh.V.,** Lviv Polytechnic National University) ***423***

§4.3 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ СКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ОБСТАНОВКИ

(Нечипорук О.П., Національний авіаційний університет, **Шишацький А.В.,** Національний авіаційний університет, **Налапко О.Л.,** Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, **Протас Н.М.,** кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри інформаційних систем і технологій Полтавський державний аграрний університет, **Лейник Д.М.,** Науково-дослідний інститут воєнної розвідки)

Системи радіозв'язку (СРЗ), відносячись по рівню організації до класу технічних систем, можуть бути охарактеризовані із загальноприйнятих системологічних принципів морфологічного і функціонального описів [1–18]. Під морфологічним описом СРЗ розумітимемо опис мережі з погляду її структури і складу підсистем (елементів), а під функціональним – опис процесів передачі потоків повідомлень і мережі при заданому комплексі зовнішніх умов. Таким чином, СРЗ як об'єкт дослідження характеризується системою математичних моделей.

В процесі побудови математичних моделей СРЗ доводиться вирішувати компроміс між повнотою опису мережі і складністю адекватних їй моделей. Тому при математичному моделюванні СРЗ найбільш доцільним є поєднання аналітичних і статистичних (імітаційних) методів.

1. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ОБСТАНОВКИ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В даний час у багатьох галузях людської діяльності для

вирішення важливих практичних завдань використовуються підходи на основі штучного інтелекту. Для розв'язання неформалізованих або погано формалізованих задач, таких як навчання, діагностика, прогнозування, управління та вимірювання в складних технічних системах успішно застосовуються експертні системи [4–20].

Для даного класу інтелектуальних інформаційних систем характерно те, що вони здатні моделювати процес мислення експерта при прийнятті ним рішення і пояснювати, чому було отримано той чи інший результат. Це досягається шляхом реалізації процедури логічного висновку на формалізованих знаннях про предметну область, про ті процеси, які в ній протікають, про закономірності, яким підкоряються дані процеси [4–20].

Основним елементом будь-якого завдання аналізу радіоелектронної обстановки (РЕО) є порівняння отриманих сигналів з еталонними значеннями, що є в базі даних.

Однак виникає ряд труднощів і проблем при аналізі РЕО:

1. Сигнали аналізуються в складній радіоелектронній обстановці на фоні навмисних перешкод та природніх завад.

2. Вхідні сигнали не збігаються з еталонами за рахунок впливу різних типів завад.

3. Інтерпретація сигналів залежить від досвіду оператора, повноти додаткової інформації по конкретному завданні (умови невизначеності).

Ці обставини обумовлюють звернення до теорії експертних систем, де одним з важливих обмежень при їх використанні є труднощі формулювання правил для машинної обробки. А при використанні спільно з системою аналізу РЕО – це труднощі формулювання правил передачі і перетворення експертизи оцінки територій від джерела знань до програми. У цьому виді в експертній системі для

оперативної вибірки знань повинна бути розроблена ефективна методологія фіксації, збереження і використання експертних знань [4–20].

Альтернативний метод фіксування експертних знань, не використовуючи правила, полягає в застосуванні штучних нейронних мереж, використовуючи їх здатність до узагальнення, самонавчання і перенавчання. Їх перевага також полягає в можливості роботи в режимі реального часу, швидкої адаптації і швидкої до конкретних ситуаціях.

Перераховані обставини зумовлюють появу невизначеності в умовах завдання розпізнавання сигналів і нечітких висловлювань при їх інтерпретації, коли залучена додаткова інформація може бути неповною і оператор приймає рішення на підставі свого досвіду.

Нехай в результаті класифікації сигналів по спектральним характеристиках отримана векторна модель. Модель визначає форму досліджуваних сигналів, тобто досліджувані сигнали розділені на елементарні складові за характеристиками, що становлять множину *V* елементарних складових сигналу, що аналізується.

Радіоелектронна обстановка зберігається в пам'яті ЕОМ в цифровому вигляді, буде представлена у вигляді матриці *R* розмірності *(M*N)* , та має вигляд [22, 24]:

$$R = \left\| r_{i,j} \right\|, \text{ де } i = 1,...,M;\ j = 1,...,N. \quad (1)$$

Кожен елемент матриці *R* є вектором параметрів, що характеризують кожен (*i, j*)-й елементарний параметр сигналу по деякому *m*-му $(m = 1,\ldots,T)$ набору тематичних властивостей:

$$r_{i,j} = \left(r_{i,j}^{1},...,r_{i,j}^{T} \right), \quad (2)$$

природа компонентів векторів r_{ij} в загальному випадку принципової ролі не грає.

Тоді, якщо задається набір тематичних властивостей $\{P_n\}, (n = 1,\ldots,K)$, за якими необхідно класифікувати досліджувані сигнали і порогові значення обмежень по всьому набору тематичних властивостей, то потрібно для кожного P_n по їх пороговим обмеженням поставити у відповідність множину P_n $V_t \in V, \left(1 \le t \le \left(M \times N\right)\right)$ елементарних складових сигналу, які мають властивість P_n.

Тоді, показуючи всілякі варіанти значень ознак в рамках порогів обмежень для кожної до *k*-ої еталонної таблиці на виході маємо матриці оцінок Γ^{kl}:

$$\Gamma^{kl} = \left\| q_{u,v}^{kl} \right\|, q_{u,v}^{kl} \in \left[0,1\right], \qquad (3)$$

де відповідь 1 означає, що по набору ознак і їх порогам обмежень виноситься рішення про належність до одного з класів належності та 0 – в іншому випадку, *l* – кількість варіантів.

Разом з тим, навіть при всіх перевагах нейро-нечітких експертних їм нажаль властиві певні недоліки. Перерахуємо основні з них [16–33]:

– накопичення помилки оцінювання при проведенні процедур фазифікації та дефазифікації;

– архітектура штучної нейронної мережі, що використовуються для формування баз даних має жорстку архітектуру, та не здатна адаптуватися в ході проведення обчислень;

– навчання штучної нейронної мережі обмежено лише навчання синаптичних ваг між нейронами;

– низька продуктивність роботи методів пошуку рішень навіть при незначному обсязі правил;

– велика обчислювальна складність роботи методів пошуку рішень.

Отже, необхідно провести розробку методів оцінки стану радіоелектронної обстановки для нейро-нечітких експертних систем аналізу радіоелектронної обстановки які будуть запропоновано в наступних дослідженнях.

2 МОДЕЛЬ ОЦІНКИ СТАНУ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ

Систему управління процесом аналізу стану СРЗ можна представити у вигляді нечіткої когнітивної моделі (НЧКМ), що є знаковим орієнтованим графом, у якому вершинами видаються сутності, концепції, чинники, цілі та події, а дугами задається їх вплив один на одного. Вплив характеризується деякою граничною функцією, яка може визначатися різними способами. Загалом завдання визначення стану СРЗ зводиться до розрахунків відповідно до формули [15–30]:

$$A_i(k+1) = f\left(\left(A_i(k) + \sum_{j \neq i,\, j=1}^{N} A_j(k) W_{ij}\right) \times \iota_{ij}\right) \times \zeta_{ij}, \qquad (4)$$

де $A_i(k+1)$– новий стан вершини НЧКМ; $A_i(k)$– попередній стан НЧКМ; w_{ij} – матриця ваги; f – порогова функція НЧКМ; ι_{ij} – оператор, що враховує ступінь інформованості про стан СРЗ; ζ_{ij} – оператор для врахування ступеню зашумленості даних про стан СРЗ.

Процес розрахунку є ітеративним – після завдання початкових станів вершин значення станів перераховуються до тих пір, поки різниця між поточними та попередніми станами не виявиться меншою за деяке задане значення.

Ключова ідея удосконалення математичної моделі полягає в підвищенні оперативності пошуку архітектури НЧКМ за рахунок багатонаправленого пошуку особинами в

популяції, врахування штрафу на розмір НЧКМ та обчислювальних ресурсів. Розглянемо їх більш детально.

Для функції пристосованості $F(x)$ простору пошуку X потрібно знайти таке значення аргументу x^*, при якому $F(x)$ досягне свого найбільшого значення:

$$x^* = \arg\max_{x \in X} F(x). \quad (5)$$

Пристосованість F_i^t особини i в ітерацію t, $t \in [0, +\infty]$, розраховується виходячи з оцінки роботи НЧКМ, штрафу на розмір НЧКМ, штрафу для подібних генотипів та тривалості існування особини в популяції.

Штраф на розмір НЧКМ Φ_i^t обчислюється виходячи з кількості вершин НЧКМ та зв'язків між ними:

$$\Phi_i^t = N_i^t + \frac{M_i^t}{M_{\max}^t}, \quad (6)$$

де N_i^t – кількість вершин НЧКМ даної особини; M_i^t – кількість зв'язків між вершинами НЧКМ даної особини; M_{max}^t – максимальна кількість зв'язків між вершинами НЧКМ.

Штраф для подібних генотипів ρ_i розраховується на підставі $\rho_{\min}(i, j)$ мінімальної відстані між i-ю хромосомою та іншими хромосомами популяції:

$$\rho_i = \frac{\rho_{\min}(i,j)}{1+\rho_{\min}(i,j)}. \quad (7)$$

Врахування ρ, необхідне для підтримки різноманітності популяції і запобігання передчасній збіжності. На значення пристосованості також впливає величина κ_i, що обернена тривалості періоду існування особини в популяції:

$$\kappa_i = \frac{1}{1+T_i}, \quad (8)$$

де T_i – період еволюції кожної особини.

Додавання зі значенням пристосованості сприяє вирішенню проблеми незахищеності інновацій за рахунок

суттєвого зниження ризику видалення особини на початкових періодах існування. При цьому на наступних періодах κ_i, не суттєво впливає на пристосованість [5, 6, 12].

З урахуванням обчислених даним способом середньоквадратичних помилок, значень штрафів та тривалості існування особи функція пристосованості F_i^t обчислюється за формулою:

$$\tilde{F}_i^t = \frac{\bar{\omega}_E\left(1-E_i^t\right)+\bar{\omega}_V\left(1-V_i^t\right)}{\Phi_i^t+\rho_i}+\kappa_i, \tag{9}$$

де ω_E, ω_v – вагові коефіцієнти, що відображають відносну значимість середньоквадратичних похибок,

$$\bar{\omega}_E = \frac{1-V_i^t}{2-V_i^t-E_i^t}, \bar{\omega}_V = 1-\bar{\omega}_E. \tag{10}$$

В реальних умовах, коли неможливо отримати повну та достовірну вихідну інформацію про стан СРЗ для оцінки ефективності роботи НЧКМ доцільно використовувати поняття непрямої оцінки f_c. Непряму оцінку доцільно використовувати в умовах апріорної невизначеності та при вирішенні важко формалізованих завдань. При використанні непрямої функції оцінки функція пристосованості індивідів матиме вигляд:

$$\tilde{F}_i^t = \frac{f_c}{\Phi_i^t+\rho_i}+\kappa_i, \tag{11}$$

f_c – функція оцінки ефективності роботи НЧКМ.

Для запобігання передчасній збіжності та ситуації, в якій середні та найкращі особини формують приблизно однакову кількість нащадків, значення $\tilde{F}$ масштабується за формулою:

$$F = \left(\tilde{F}+\tilde{F}_{\text{avg}}-c\sigma\right)^{\vartheta}, \tag{12}$$

$\tilde{F}_{\text{avg}}$ – середня пристосованість популяції; c=const ϵ [1,5]; σ – середньоквадратичне відхилення пристосованості по популяції; $\vartheta \epsilon$ [1, 1.5] – коефіцієнт що обирається з урахуванням завдань, що вирішуються.

Відсутність змін пристосованості кращої особи популяції свідчить про стагнацію пошуку.

Перевірка умови завершення еволюції. Незалежними один від одного умовами завершення можуть бути такі:

– по вичерпанню часу еволюції (або кількості звернень до функції оптимізації);

– для досягнення найкращої комбінації генів; після виходу функції пристосованості на "плато" – тобто за відсутністю її зміни протягом заданої кількості ітерацій.

Якщо виконано будь-яку з умов, то алгоритм завершує роботу. Інакше виконується наступний крок.

Селекція. Стратегію пошуку складають механізми селекції та рекомбінування. Це ймовірнісні процеси, що лежать в основі процесу нейроеволюції [20]. Оператор відбору хромосом SL (selection) для нової популяції реалізовано імовірнісним методом у поєднанні з методом "еліт": найбільш вдалі особини заносяться до пулу "хороших" рішень; інші особини відбираються для рекомбінування з ймовірністю P_{SL}:

$$P_{SL}(i) = \frac{F_i}{\sum_{j=1}^{N} F_j}, \tag{13}$$

де i, j – індекси особин.

Пул "хороших" рішень необхідний для підтримки різноманітності популяції та запобігання швидкій збіжності алгоритму до неоптимального рішення (локальному оптимуму). Хромосома для фенотипу ρ^* зберігається в пулі при виконанні умови

$$(\forall \rho \in P)\left(\rho(\rho, \rho^*) = \rho_{\max}\right) \cap \left(F(\rho^*) = F_{\max}\right), \tag{14}$$

$\rho_{\max}$ – максимальна відстань між особинами в популяції за ітерацію налаштування; $F_{\max}$ – максимальна пристосованість особин в популяції за ітерацію налаштування.

Рекомбінування – застосування генетичних операторів кросинговеру та мутації до відібраних на попередньому кроці особин. Кросинговер – генетичний оператор, що впливає на розмір популяції. У даній реалізації нейроеволюції запропоновано двоетапний багатоточковий кросинговер CR (crossingover) [14, 22].

Перший етап кросинговеру полягає у визначенні кількості D і координат d_k, $k\epsilon[1, D]$ точок перетину з наступним схрещуванням вихідних генотипів за заданими точками. У загальному випадку для точок результатом схрещування особин $\rho_i^t = \{\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_n\}$, $\rho_i^t = \{b_1, b_2, ..., b_n\} \in P^t$ ітерації t є два генотипи ітерації t+1:

$$\rho_i^{t+1} = \{\alpha_1, ..., \alpha_{d_1}, b_{d_{1+1}}, ..., b_{d_2}, \alpha_{d_{2+1}}, ..., \alpha_{d_D}, ...\},$$
$$\rho_i^{t+1} = \{b_1, ..., b_{d_1}, \alpha_{d_{1+1}}, ..., \alpha_{d_2}, b_{d_{2+1}}, ..., b_{d_D}, ...\} \in P^{t+1}, \quad (15)$$

d_k, $k \in [1, D]$ – точки перетину генотипів; D – кількість точок перетину.

Кількість точок перетину визначається як випадкове число на відрізку $[1, \min\{N_1, N_2\}]$, N_1 і N_2 – відповідно кількість вершин НЧКМ у першому та другому генотипі, відібраних для кросинговеру. Точки d_k обираються у відповідності до умови:

$$d_k = j : (IN_1(j) = IN_2(j)) \cup (OUT_1(j) = OUT_2(j)), \quad (16)$$

j – індекс, що позиціонує вершину НЧКМ в першому та другому генотипі; ($IN_1(j)$, $IN_2(j)$, $OUT_1(j)$, $OUT_2(j)$) – відповідні значення параметрів *IN* та *OUT* для j-ї вершини в даних генотипах.

У випадку, якщо індексів з рівними значеннями параметрів декілька, вибираються індекси з найближчими значеннями. Таким чином, індексація нейронів у генотипі в сукупності з використанням параметрів *IN* та *OUT* знижує ризик конкуренції представлень та запобігає схрещування ділянок генотипів, що несуть різне функціональне навантаження.

Другий етап кросинговеру полягає у видаленні та перерозподілі зв'язків, співвіднесених з відсутніми в новій зміни конфігурації НЧКМ. Етап необхідний для гарантії життєздатності нових особин.

Мутація MT (mutation) – генетичний оператор, у цій процедурі реалізованій у восьми модифікаціях. Можливість застосування мутації для окремого гена P_{MT} в ітерацію t розраховується за формулою:

$$P_{MT}(g_i) = \frac{\alpha}{L} \frac{e^{-\frac{\beta t}{2}}}{N}, \quad (17)$$

$\alpha, \beta = const$; L – довжина хромосоми; N – розмір популяції.

Вибір формули цього виду обумовлений тим, що для ефективної еволюції імовірність мутації має бути обернено залежна від розміру популяції. У цьому можливість мутації з часом знижується.

Однією з основних цілей застосування оператора мутації є підтримка різноманітності особин, але у маленьких популяціях часті мутації негативно позначаються на сходження до оптимуму. Хромосоми великої довжини забезпечують варіативність популяції, тому значення P_{MT} тим вища, що менше параметрів містить хромосома. Параметри α, β формули вибираються до початку еволюції та необхідні для тонкого налаштування процесу мутації.

Описані оператори селекції та рекомбінування в сукупності з функцією пристосованості та пулом "хороших" особин призначені для самоадаптації алгоритму до рівня складності задачі.

Розрахунок ресурсоємності отриманих значень і перевірка умов на неперевищення $res_{доп}$ для кожної особини в початковій популяції:

$$res_i = f(U_{eff}), \quad (18)$$

де U_{eff} – ключові показники ефективності.

Локальний пошук. Цей етап оптимізації особин популяції, наділяє алгоритм властивостями меметичності та обґрунтовує використання прямого методу кодування хромосом.

Генерування популяції P^{t+1} та перехід на нову ітерацію еволюції t+1:

$$P^{t+1} = MT\left(CR\left((SL)\left(P^t, F^t\right)\right)\right). \tag{19}$$

Етап локального пошуку складається з наступних кроків: еволюційна доналаштування особин популяції, на попередньому кроці перетворених на фенотипи; перерахунок функцій пристосованості; повернення до попередніх значень параметрів у разі зниження пристосованості.

Розрахунок функції належності рівня досягнення цілі $\Lambda_{ij}^{\text{targ}}$, що полягає в реалізації ітераційної процедури перерахунку цільових показників на основі розробленої нечіткої когнітивної моделі:

$$\Lambda_{ij}^{\text{targ}} = f\left(U_{eff}\right), j = \overline{1,k}. \tag{20}$$

Розрахунок параметра зупинки алгоритму на основі мінімального відхилення рівня досягнення цілі щодо необхідного значення:

$$\begin{aligned} &\Delta\Lambda_{ij}^{\text{targ}} = \Lambda_{ij}^{\text{targ}} - \Lambda_{i\text{необ}}^{\text{targ}}, \\ &\Delta\Lambda = \min_i \min_j \Delta\Lambda_{ij}^{\text{targ}}. \end{aligned} \tag{21}$$

Наведені вище аналітичні залежності дозволяють описати системи радіозв'язку спеціального призначення у вигляді НЧКМ та провести оцінку її стану.

3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАХИСТУ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ

Однією з основних особливостей СРЗ спеціального призначення є те, що для потреб спеціальних користувачів виділено досить обмежений частотний ресурс, в якому

функціонує велика кількість радіовипромінюючих засобів [20 – 33].

Проведений аналіз досліджень [20 – 33] свідчить про те, що ключовими особливостями новітніх засобів радіоелектронного придушення є:

– можливість ефективного придушення усього робочого діапазону частот ЗРЗ;

– інтелектуальне придушення СРЗ угруповань військ (сил) з урахуванням особливостей передачі інформації між пунктами управління, тобто для кожного типу ЗРЗ створюється унікальна перешкода;

– одночасне (квазіодночасне) придушення декількох радіонапрямків, а при груповому придушенні – всієї СРЗ;

– можливість нав'язування хибних режимів роботи ЗРЗ та передача хибної інформації в СРЗ.

Достовірно передбачити всі можливі варіанти деструктивного впливу на СРЗ угруповань військ (сил) на етапі планування зв'язку та на етапі розгортання СРЗ є не можливим. Отже, найбільш доцільним способом управління радіоресурсом є інтелектуальне управління [25–32].

Методи управління, що входять до інтелектуальної парадигми, базуються на теорії штучного інтелекту. Проте неправильно було б стверджувати про явні переваги будь-якої однієї парадигми перед рештою. Кожна з них, поряд з великою кількістю позитивних особливостей має і свої недоліки. Проте здатність інтелектуальних систем проводити самонавчання обумовлює їх перевагу, що виражається в вищій оперативності прийняття рішень, що в умовах радіоелектронного конфлікту є головним чинником [23–33].

Під критерієм ефективності функціонування СРЗ в умовах радіоелектронного придушення будемо вважати завадостійкість передачі конкретного типу інформації з заданою швидкістю передачі.

Враховуючи існуючі можливості засобів РЕП та їх перспективи подальшого розвитку пропонується застосовувати інтелектуальне управління радіоресурсом СРЗ спеціального призначення.

На даний момент машинне навчання активно застосовується в багатьох сферах: оптичному розпізнаванні символів, виявленні спаму, ідентифікації біометричних показників, побудові рекомендаційних сервісів та ін. Але в той же час при використанні машинного навчання виникає ряд труднощів з ідентифікацією деструктивного впливу на СРЗ [13–26].

Визначення виявлення деструктивного впливу на СРЗ включає в себе не тільки ідентифікацію по шаблонам, але і детектування впливу, що раніше не зустрічався. Разом з тим методи машинного навчання в контексті постановки такого завдання спрямовані лише на пошук взаємозв'язків і закономірностей функціонування СРЗ, знаходженні активності, що схожа на ту, що раніше зустрічалася в навчальній вибірці [13–26].

Застосування інструментів машинного навчання в готовому вигляді до завдання виявлення деструктивного впливу на СРЗ призводить до великої кількості невиявлених впливів та дезорганізації самої СРЗ. Насамперед, це зумовлено динамічністю радіообміну та неоднорідним трафіком, що циркулює в мережі. Крім того, важко відстежити циклічність або сезонність такого обміну [13–26].

Тому для навчання інтелектуальних систем управління радіоресурсом СРЗ пропонується наступний підхід: максимально можливий опис множини всіх контрольованих параметрів СРЗ; застосування методів кореляційного аналізу для усунення компонентів, а іноді їх лінійних комбінацій, з близькою до нуля дисперсією; набір ознак, що залишився, використовується для навчання та перевірки моделі

машинного навчання.

Для цього пропонується провести розробку штучної імунної системи, для виявлення та ідентифікації деструктивного впливу на СРЗ.

В даному дослідженні пропонується модель штучної імунної системи на основі еволюційного підходу для ідентифікації деструктивного впливу на СРЗ, яка описується:

$$AISEA = \langle D_\tau, D_M, S_A, S_N, G, R, \Psi \rangle, \quad (22)$$

де $D_\tau \subset D$ – набір часових імунних детекторів; D_M – набір імунних детекторів пам'яті; $S_A \subset S$ – навчальна вибірка, що складається з аномальних екземплярів (набір відомих варіантів придушення СРЗ); $S_N \subset S$ – тестова множина, що складається з нормальних екземплярів (множина параметрів ЗРЗ угруповання); $D = D_\tau \bigcup D_M$ – набір імунних детекторів; $G = \{G_1, ..., G_K\}$ – стратегії генетичної оптимізації імунних детекторів; $R : D \times 2^{S_A} \times 2^{S_N} \times G \to D$ – правило навчання імунних детекторів; S – набір можливих вхідних об'єктів; $\Psi : D \times S \to \mathrm{R}_+$ – функція обчислення афінності (правило відповідності) між імунним детектором $d \in D$ та тестовим об'єктом $s \in S$, де $\square_+ = \square \bigcap [0, +\infty)$.

Кожен імунний детектор $d \in D$ описується як кортеж наступного виду:

$$d = \langle representation, threshold, life_time, state \rangle, \quad (23)$$

де

$representation \in \{BitString, RealVector, NeuralNetwork, PetrNet..., \}$ – внутрішнє представлення (внутрішня структура) імунного детектора *d*, який може бути заданий як двійковий рядок з правилом *r*-неперервних бітів (*BitString*), дійсний вектор

(*RealVector*), штучна нейронна мережа (*NeuralNetwork*), мережа Петрі (*PetriNet*) та ін.; $threshold \in \mathrm{R}_+$ – поріг активації імунного детектора d; $life_time \in \mathrm{R}_+$ – термін дії імунного детектора d; $state \in \{immature, semimature, mature, memory\}$ – поточний стан імунного детектора (23), яке може представляти собою незрілий, напівзрілий, зрілий стани або стан, що відповідає детектору пам'яті $\square^*_+ = \square_+ \bigcup \{+\infty\}$.

Загальний підготовчий процес побудови параметрів штучної імунної системи для ідентифікації деструктивного впливу на СРЗ може бути описаний таким чином:

1. Визначення корегувального коефіцієнту на ступінь інформованості сили та засоби деструктивного впливу на СРЗ. Ступенем інформованості може бути: повна невизначеність, часткова невизначеність, повна обізнаність.

2. Вибір внутрішньої структури кожного детектора $d \in D : representation$.

3. Формування навчального набору даних S_A, що містить заздалегідь відібрані "чужі" об'єкти.

4. Формування тестового набору даних S_N, що містить заздалегідь відібрані "свої" об'єкти.

5. Вибір стратегії генетичної оптимізації імунних детекторів.

6. Вибір алгоритму навчання R імунних детекторів D в залежності від їх внутрішнього представлення.

7. Вибір правила відповідності Ψ між імунним детектором та вхідним об'єктом.

Запропонована модель штучної імунної системи – це набір імунних детекторів, представлених у вигляді часових детекторів і детекторів пам'яті з заданим алгоритмом їх навчання, а також стратегію генетичної оптимізації.

Причому набір даних призначається для першого попереднього налаштування імунних детекторів, а роль набору даних S_N полягає в фільтрації навчених детекторів. Стратегії генетичної оптимізації імунних детекторів включають деякий набір генетичних операторів (кросоверу, мутації, інверсії) та їх комбінацій для зміни параметрів імунного детектора після його клонування. Правило навчання імунних детекторів є двокроковою процедурою. На першому кроці імунні детектори навчаються виключно на елементах набору даних S_A та піддаються клональній селекції, в процесі якої створені копії імунних детекторів мутують згідно з обраною стратегією $G' \in G$. Ця фаза повторюється кілька разів для формування напівзрілих детекторів. На другій фазі навчання ці детектори перевіряються на відповідність “своїм” об’єктам: ті з них, які помилково активуються, знищуються, заново ініціалізуються та навчаються. В рамках цієї моделі кожен імунний детектор піддається кільком етапам диференціювання. На початку свого розвитку кожен детектор ініціалізується довільним чином відповідно до свого внутрішнього уявлення. У процесі функціонування штучної імунної системи часові детектори здійснюють запис параметрів деструктивного впливу на СРЗ в базу даних, що оновлюється S_{A^*} у разі виявлення. Усі імунні детектори, крім детекторів пам’яті, мають кінцевий термін життя. Якщо протягом даного терміну життя вони не виявили жодного деструктивного впливу на СРЗ, вони піддаються повторному навчанню на розширеному наборі даних, що містить елементи S_A та S_{A^*}.

У той же час, якщо імунний детектор розпізнав деструктивний вплив на СРЗ, його термін життя збільшується. На відміну від них, детектори пам'яті мають нескінченний термін життя та не беруть участі в наповненні оновлюваного набору деструктивного впливу.

Для виявлення кожного класу деструктивного впливу $c \in C$ виділяється кілька імунних детекторів, що об'єднуються в клас детекторів $D_{\varsigma(C)}, \left(\bigcup_{c \in C} D_{\varsigma(C)} = D \right)$. Кожен із детекторів $d \in D_{\varsigma(C)}$ використовує глибоке навчання, запропоноване в роботі [66] на різних випадкових підвиборках множин S_A та $S_N - S_A^{(d)}$, та $S_{A^*}^{(d)}$ які, можливо, містять деякі дублюючі та переупорядковані об'єкти з вихідних наборів. Тим самим досягається різноманітність імунних детекторів усередині $D_{\varsigma(C)}$.

Відповідно під q-ою групою детекторів розуміється набір детекторів $D_{\varsigma(C)} \left(\bigcup_{q=1}^{m} D^{(q)} = D \right)$, m – число класів деструктивного впливу на СРЗ, які повністю покривають задану множину класів атак. Якщо детектор d реагує на будь-який елемент $s' \in S_N^{(d)}$, тобто, якщо $\exists s' \in S_N^{(d)} \Psi\left(d, s'\right) > \min_{s \in S_A^{(d)}} \Psi\left(d, s\right)$, то детектор d піддається апоптозу та заміні новим довільно згенерованим детектором. Для кожного класу деструктивного впливу $c \in C$ визначається рівно один детектор пам'яті $d_m^{(C)}$ – детектор, який задовольняє вимозі максимальної пристосованості до розпізнавання об'єктів $S_A^{\left(d_m^{(C)}\right)} \bigcap C$. Таким чином, набір імунних детекторів пам'яті може бути визначений таким чином:

$$D_M = \bigcup_{c \in C} \left\{ arg \max_{d \in D_{\varsigma(C)}} \left(\frac{\sum_{s \in S_A^{(d)} \cap C} \Psi(d,s)}{\#\left(S_A^{(d)} \cap C\right)} \right) \right\}.$$

Набір часових імунних детекторів визначається наступним чином:

$$D_\tau = \frac{D}{D_M}. \tag{25}$$

Поріг активації імунного детектора $d \in D$, навченого на наборах $S_A^{(d)}$ та $S_N^{(d)}$, обчислюється наступним чином:

$$threshold = \frac{\overbrace{\min_{s \in S_A^{(d)}} \Psi(d,s)}^{h_d^-} + \overbrace{\min_{s \in S_N^{(d)}} \Psi(d,s)}^{h_d^+}}{2}. \tag{26}$$

Зазначена формула застосовується для обчислення порогу активації тільки тих детекторів *d*, які після навчання на множині аномальних даних $S_A^{(d)}$ не мають помилкових спрацьовувань на множині нормальних даних $S_A^{(d)}$, тобто $\forall s' \in S_N^{(d)} \Psi(d,s') < h_d^-$. Якщо така умова виконується, то з'являється додатковий проміжок, рівний величині $h_d = h_d^- - h_d^+ > 0$, і тим самим виникає можливість «зрушити» граничне значення h_d^-, що забезпечує реагування детектора *d* на будь-який «чужий» об'єкт $s \in S_A^{(d)}$ на величину $\frac{h_d^- - h_d^+}{2}$ в сторону h_d^+ $threshold = h_d^- - \frac{h_d^- - h_d^+}{2} = \frac{h_d^- - h_d^+}{2}$.

Виявлення деструктивного впливу на СРЗ $s \in S$ за допомогою розглянутої моделі здійснюється наступним чином:

1. Визначення корегувального коефіцієнту на ступінь

інформованості сили та засоби деструктивного впливу на СРЗ.

2. Обчислення для кожного імунного детектора $d \in D$ значення його активації $a_d = \Psi(d, s) - threshold$. Вважається, що якщо $a_d \geq 0$, то детектор d є активованим, інакше відповідний детектор не реагує на вхідний об'єкт.

3. Мажоритарне голосування всередині кожного класу детекторів $D_{\varsigma(C)}$ $\underbrace{\sum_{d \in D_{\varsigma(C)}} [a_d \geq 0]}_{A_C} > \underbrace{\sum_{d \in D_{\varsigma(C)}} [a_d < 0]}_{B_C = \#D_{\varsigma(C)} - A_C}$, то s розпізнається як «чужий» об'єкт. Якщо $A_C < B_C$, то s розпізнається як "свій" об'єкт. В разі наявності конфліктів, тобто $A_C = B_C$, s класифікується як "чужий" об'єкт, якщо $a_{d_m^{(C)}} \geq 0$, та s класифікується як "свій" об'єкт, якщо $a_{d_m^{(C)}} < 0$, де $d_m^{(C)} \in D_M \bigcap D_{\varsigma(C)}$, $d_m^{(C)}$ – детектор пам'яті, навчений для розпізнавання "свого" об'єкту та "чужого" об'єкта з класу C.

4. Формування множини класів імунних детекторів, що активувалися $\left\{D_{\varsigma(C')}\right\}_{C' \in c}$ які розпізнають вхідний об'єкт s як "чужий" об'єкт, де $C^* = \left\{C' \middle| C' \in c \wedge \left(A_{C'} > B_{C'} \vee \left(A_{C'} = B_{C'} \wedge a_{d_m^{(C')}} \geq 0\right)\right)\right\} \subset c$.

5. Визначення класу об'єкта s. Якщо $C^* = \varnothing$, то об'єкт s належить до класу "своїх" об'єктів. Якщо $E_{c^*} \rightleftharpoons \underset{C \in c^*}{max} A_{C'}$ досягається в одній єдиній точці, то клас об'єкта $\arg E_{C'}$, інакше клас об'єкта s – це $\arg \max_{C' \in \{\arg E_{c^*}\}} \sum_{d \in D_\varsigma(C')} \times [a_d \geq 0]$.

Даний алгоритм заснований на порівнянні величини

афінності імунних детекторів з їх індивідуально налаштованими порогами активації та врахуванні однакових голосів, отриманих від більшої частини детекторів. У разі виникнення конфліктів при розрізненні між нормальним та аномальним класом (крок 3) вирішальний голос віддається детектору пам'яті. Якщо ж після цього зберігається конфлікт лише на рівні групи детекторів, то береться до уваги сума величин афінності, що саме активувалися у відповідь на даний стимул (вхідний об'єкт) імунних детекторів (крок 5).

Вхідний об'єкт є "своїм" тоді й лише тоді, коли

$$\forall C \in c \;\; A_C < B_C \vee \left(A_C = B_C \wedge a_{d_m^{(C)}} < 0 \right).$$

Як основу для даної моделі використовувалися:

1) модель з життєвим циклом (M_1);

2) модель з бібліотекою генів (M_2);

3) модель AISEA (M_3);

4) розроблена модель (M_4), що була доповнена низкою удосконалень, а саме:

– врахуванням типу невизначеності про радіоелектронну обстановку (РЕО);

– удосконаленим алгоритмом навчання імунних детекторів;

– механізмом автоматичного підбору їх порогу активації, а також процедурою вирішення конфліктних випадків класифікації одного об'єкта за допомогою імунних детекторів пам'яті.

Висновки

1. Проведено розробку математичної моделі оцінки радіоелектронної обстановки СРЗ спеціального призначення. Відмінність запропонованої математичної моделі від відомих полягає в тому, що запропонована математична модель дозволяє: класифікувати досліджувані сигнали і порогові значення обмежень по всьому набору тематичних

властивостей; визначити характер деструктивного впливу на СРЗ та провести оцінку стану радіоелектронної обстановки за кількісними та якісними показниками оцінки радіоелектронної обстановки.

2. Запропоновано модель оцінки стану СРЗ спеціального призначення в умовах комплексного впливу дестабілізуючих факторів. В зазначеній моделі процес оцінки стану СРЗ представлено у вигляді багатовимірного часового ряду. Це дозволяє створити ієрархічний опис складного процесу за рівнями узагальнення та провести відповідний аналіз її стану. Запропонована модель дозволяє:

– врахувати пристосованість особин та популяції в цілому;

– підвищити оперативність прийняття рішень за рахунок використання штрафів на розмір НЧКМ та тривалості існування особин та популяції в цілому;

– застосовувати як універсальний інструмент вирішення завдання аналізу стану СРЗ за рахунок ієрархічності опису СРЗ;

– перевірити адекватність отриманих результатів;

– врахувати ресурсоємність отриманих значень оцінки;

– уникнути проблеми локального екстремуму.

3. Запропоновано модель оцінки стану СРЗ спеціального призначення в умовах комплексного впливу дестабілізуючих факторів.

Розроблена модель є універсальною по відношенню до внутрішнього представлення імунних детекторів. Розроблена модель додатково: враховує тип невизначеності про наявні можливості радіоелектронної протидії, засоби кібер впливу на СРЗ; використовується механізм розв'язання конфліктних випадків класифікації; використовується процедура автоматичного обчислення порога активації імунних детекторів, а також універсальність структури їхнього

представлення; відбувається постійне оновлення імунних детекторів протягом різних етапів дозрівання (життєвого циклу) та їх перенавчання з використанням набору деструктивного впливу на СРЗ, що розширюється.

Список використаних джерел:

1. Шишацький А. В., Башкиров О. М., Костина О. М. Розвиток інтегрованих систем зв'язку та передачі даних для потреб Збройних Сил. // Науково-технічний журнал "Озброєння та військова техніка". 2015. № 1(5). С. 35 –40.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. A. Shyshatskyi, O. Zvieriev, O. Salnikova, Ye. Demchenko, O. Trotsko, Ye. Neroznak. Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. Vol. 9, No. 4, pp. 5583–5590 DOI: https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020.

7. 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. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276168.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

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. Levashenko, V., Liashenko, O., Kuchuk, H. Побудова системи підтримки прийняття рішень на основі нечітких даних. Сучасні інформаційні системи, 2020, Том 4, № 4, с. 48–56. https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.4.07.

13. Kuchuk, N., Merlak, V., & Skorodelov, V. Метод зменшення часу доступу до слабкоструктурованих даних. Сучасні інформаційні системи. 2020. Том 4, № 1, с. 97–102. https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14.

14. 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.

15. Koval M., Sova O., Shyshatskyi A., Orlov O., Artabaiev Yu., Shknai O., Veretnov A., Koshlan O., Zhyvylo Ye., Zhyvylo I. Improvement of complex resource management of special-purpose communication systems. Eastern-european journal of enterprise technologies, 2022, Vol 5, No 9 (119), pp.34−44. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266009.

16. Налапко О. Л. Analysis of technical characteristics of the network with possibility to self-organization / О. Л. Налапко, А. В. Шишацький. // Сучасні інформаційні системи. – Харків, 2018. – №4, Том 2. – С. 78–86.

17. Nina Kuchuk, Amin Salih Mohammed, Andrii Shyshatskyi and Oleksii Nalapko. The Method of Improving the Efficiency of Routes Selection in Networks of Connection with the Possibility of Self-Organization (Scopus). International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. – 2019. – №1.2., Volume 8. – С. 1–6. DOI: 10.30534/ijatcse/2019/0181.22019.

18. Analysis of mathematical apparatus for managing channel and network resources of military radio communication systems / O.Nalapko, R. Pikul, P. Zhuk, A. Shyshatskyi. // Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Наукове періодичне видання "Системи управління, навігації та зв'язку", Збірник наукових праць. – Полтава, 2019. – №3(55). – С. 166–170.

19. O. Nalapko, A. Shyshatskyi, V. Ostapchuk, Qasim Abbood Mahdi, R. Zhyvotovskyi, S. Petruk, Ye. Lebel, S. Diachenko, V. Velychko, I. Poliak Development of a method of adaptive control of military radio network parameters. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Volume 9 – 2021. – № 1(109). – С. 18–32. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225331.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. 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/

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. Sova, O., Zhuravskyi, Y., Vakulenko, Y., Shyshatskyi, A., Salnikova, O., & Nalapko, O. (2022). Development of methodological principles of routing in networks of special communication in conditions of fire storm and radio-electronic suppression. EUREKA: Physics and Engineering, (3), 159-166. https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002434.

29. 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.

30. 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.

31. 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.

32. 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.

33. 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.

Vydavatel:

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

MODERNÍ ASPEKTY VĚDY

Svazek XXXIV mezinárodní kolektivní monografie

Podepsáno k tisku 9. Srpen2023
Formát 60x90/8. Ofsetový papír a tisk
Headset Times New Roman.
Mysl. tisk. oblouk. 8.2. Náklad 100 kopií.