Наукові перспективи
Видавнича група



MODERNÍ ASPEKTY VĚDY

v rámci publikační skupiny
Scientific Publishing Group

Svazek XXXI 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 XXXI 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

31- th volume of the international collective monograph

Czech Republic
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. 32/2023 ze dne 8. Smět 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)
Vladislav Fedorenko - doktor práv, profesor, DrHb - doktor habilitace práva (Polská akademie věd), čestný právník Ukrajiny (Kyjev, Ukrajina)
Dina Dashevska - geolog, geochemik Praha, Česká republika (Jeruzalém, Izrael)

Tým autorů

C91 Moderní aspekty vědy: XXXI. Díl mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2023. str. 453

Svazek XXXI 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

§4.4 НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ (**Дегтярьова Л.М.,** Полтавський державний аграрний університет, **Шкнай О.В.**, Науково-дослідний інститут воєнної розвідки, **Протас Н.М.,** Полтавський державний аграрний університет, **Єфименко О.В.,** Харківський національний автомобільно-дорожний університет, **Шишацький А.В.,** Київський національний університет імені Тараса Шевченка) **200**

ODDÍL 5. INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE

§5.1 ІНТЕГРАЦІЯ ГІБРИДНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ПРИ РЕІНЖИНІРИНГУ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ (**Петренко Ю.А.**, Харківський національний автомобільно-дорожний університет, **Татаринський В.Б.**, ТОВ «Науково-виробниче об'єднання "Транссистема", **Гурко О.Г.**, Харківський національний автомобільно-дорожний університет, **Бугаєвський М.С.**, Харківський національний автомобільно-дорожний університет, **Кононихін О.С.**, Харківський національний автомобільно-дорожний університет) **243**

ODDÍL 6. PSYCHOLOGIE

§6.1 ПСИХОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ТА ЖИТТЄСТІЙКОСТІ СТУДЕНТСЬКОЇ МОЛОДІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ (**Вашека Т.В.,** Національний авіаційний університет) **266**

§6.2 РЕЗИЛЬЄНТНІСТЬ ЯК ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАНОСТІ ОСОБИСТОСТІ У СКЛАДНИХ ЖИТТЄВИХ СИТУАЦІЯХ (**Савчин М.В.,** Дрогобицький державний педагогічний університету імені Івана Франка, **Федорчук В.М.,** НРЗВО «Кам'янець-Подільський державний інститут», **Гапоненко Л.О.,** Криворізький державний педагогічний університет проспект Гагаріна) **302**

*§4.4 НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ (***Дегтярьова Л.М.,** Полтавський державний аграрний університет, **Шкнай О.В.**, Науково-дослідний інститут воєнної розвідки, **Протас Н.М.,** Полтавський державний аграрний університет, **Єфименко О.В.,** Харківський національний автомобільно-дорожний університет, **Шишацький А.В.,** Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

1. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Вступ. Системи підтримки прийняття рішень (СППР) активно використовуються в усіх сферах життєдіяльності людей. Особливого поширення вони отримали при обробці великих масивів даних в базах даних, для прогнозування процесів, забезпечення інформаційної підтримки процесу прийняття рішень особами, що приймають рішення.

Основу існуючих СППР становлять статистичні і методи штучного інтелекту, які забезпечують збір, обробку, узагальнення інформації про стан об'єктів (процесів), а також прогнозування їх майбутнього стану.

Створення інтелектуальних СППР стало природним продовженням широкого застосування СППР класичного типу. Інтелектуальні СППР забезпечують інформаційну підтримку всіх виробничих процесів і служб підприємств (організацій, установ). Основною фундаментальною відмінністю інтелектуальних СППР від класичних є наявність зворотного зв'язку та здатність адаптуватися до зміни вхідних процесів [1, 2].

Інтелектуальні СППР знайшли широке використання для вирішення специфічних завдань військового

призначення, а саме [1, 2]: планування розгортання, експлуатації систем зв'язку та передачі даних; автоматизація управління військами та зброєю; планування бойової підготовки частин (підрозділів) та контроль за якістю засвоєння навчального матеріалу; дорозвідки об'єктів противника та вибору способу їх вогневого ураження; збір, обробка та узагальнення розвідувальних відомостей про стан об'єктів розвідки та ін.

Умовно структуру інтелектуальних СППР умовно можна розділити на 4 великі шари: шар інтерфейсу (інтерактивність та візуалізація); шар моделювання (статистичні моделі та машинне навчання; числові моделі; моделі на основі теорії ігор та ін.); шар обробки даних (організація потоку даних, робота з базами даних та експертні оцінки); шар збору даних (веб сканування, сенсори та інтерфейс програмування).

Аналіз досвіду створення інтелектуальних СППР показує, що найбільш перспективною для побудови є інформаційна технологія, заснована на нейромережевому і статистичному моделюванні [1–4], зокрема на застосуванні еволюційного підходу до побудови штучних нейронних мереж (ШНМ) [5–7]. В роботах [1–4] розглянуті підходи для аналізу та оцінюванні об'єктів аналізу в інтересах цивільних та спеціальних користувачів. Запропоновані нові узагальнені методи аналізу багатовимірних даних за допомогою ШНМ та алгоритми їх навчання. В роботах [5–7] розглянуті комплексні методи обробки різнотипних даних, які дозволяють підвищити оперативність обробки даних в системах підтримки прийняття рішень. З зазначених праць [1–7] можна зробити висновок, що ШНМ дозволяють проводити обробку різнотипних даних, адаптувати свою структуру під тип та об'єм вхідних даних тим самим збільшуючи власну продуктивність. Застосування

еволюційного підходу до побудови нейронних мереж в порівнянні з традиційними підходами дає такі переваги:

– здатність швидкої адаптації до предметної галузі, що практично без будь-яких перетворень дає можливість сформувати структуру ШНМ, яка відповідає конкретному процесу;

– здатність до швидкого навчання; на основі моделей нейронів з відповідними порогами, вагами і передаточними функціями, при яких вже в першому наближенні будується навчена ШНМ;

– здатність працювати в умовах невизначеності, нелінійності, стохастичності та хаотичності, різного роду збурювань і завад;

– мають як універсальні апроксимуючі властивості, так і можливості нечіткого виводу.

ШНМ, що еволюціонують, одержали широке поширення для розв'язку різних завдань інтелектуального аналізу даних, планування, контролю, ідентифікації, емуляції, прогнозування, інтелектуального управління та т. п. на кожному із шарів інтелектуальних СППР. Незважаючи на досить успішне їхнє застосування для розв'язку широкого кола завдань інтелектуального аналізу даних, ці системи мають ряд недоліків, пов'язаних з їхнім використанням.

Серед найбільш істотних недоліків можна виділити такі:

1. Складність вибору архітектури системи. Як правило, модель, заснована на принципах обчислювального інтелекту, має фіксовану архітектуру. У контексті ШНМ це означає, що нейронна мережа має фіксовану кількість нейронів і зв'язків. У зв'язку із цим, адаптація системи до нових даних, що надходять на обробку, що мають відмінну від попередніх даних природу, може виявитися проблематичним.

2. Навчання в пакетному режимі та навчання протягом

декількох епох вимагає значних часових ресурсів. Такі системи не є пристосованими для роботи в online режимі з досить високим темпом надходження нових даних на обробку.

3. Багато з існуючих систем обчислювального інтелекту не можуть визначати правила, що еволюціонують, по яких відбувається розвиток системи, а також можуть представляти результати своєї роботи в термінах природньої мови.

4. Проблеми при врахуванні безлічі показників, що мають складну структуру взаємозв'язків, та що суперечать один одному.

5. Складність врахування опосередкованого впливу взаємозалежних компонентів в умовах невизначеності.

6. Нелінійний характер взаємовпливу об'єктів і процесів, нестохастична невизначеність, нелінійність взаємовпливу, часткової неузгодженості і суттєвою взаємозалежності компонентів.

Нечіткі когнітивні карти дозволяють усунути зазначені недоліки. Нечіткі когнітивні карти добре зарекомендували себе в задачах дослідження структури модельованої системи і отримання прогнозів її поведінки при різних управляючих впливах та ШНМ, що еволюціонують.

Постає актуальне наукове завдання розробки методики оцінювання та прогнозування стану об'єкту моніторингу в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень з використанням штучних нейронних мереж та нечітких когнітивних моделей.

Проведення аналізу праць [9–50] показав, що в переважній більшості зазначені праці засновані на використанні загальнонаукових методів, як системний, порівняльний, структурно-функціональний аналіз, метод експертних оцінок, методологія сценарного аналізу соціально-економічних систем та теоретико-інформаційного підходу.

Спільними обмеженнями існуючих методів багатокритеріального нечіткого оцінювання альтернатив є:

– складність формування багаторівневої структури оцінювання;

– відсутність врахування сумісності нерівномірно значних показників;

– відсутність можливості спільного виконання прямої і зворотної задач оцінювання за підтримки вибору найкращих рішень.

Для створення програмних засобів підтримки прийняття рішень необхідно створення методів нечіткого оцінювання, що повинні задовольняти наступному комплексу вимог:

– можливість формування узагальненого показника оцінки та вибору рішень на основі наборів часткових показників, що змінюються з урахуванням складної багаторівневої структури оцінювання;

– можливість агрегування різнорідних показників (як кількісних, так і якісних) оцінки та вибору рішень, що розрізняються по вимірювальним шкалами та діапазонами значень;

– врахування сумісності і різної значимості часткових показників в узагальненій оцінці рішень;

– врахування різних стратегій оцінювання рішень;

– гнучке налаштування (адаптація) оціночних моделей при додаванні (виключенні) показників і зміні їх параметрів (сумісності та значущості показників);

– забезпечення можливості реалізації в рамках єдиної моделі: прямого завдання оцінювання узагальненого показника на основі часткових показників; зворотної задачі оцінювання та спільного виконання прямої і зворотної задач оцінювання;

– врахування типу невизначеності початкових даних

про стан об’єкту;

– врахування зашумленості даних.

З цією метою пропонується провести розробку методики оцінки та прогнозування в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень на основі нечітких темпоральних моделей та штучних нейронних мереж, що еволюціонують.

Метою дослідження є розробка методики оцінки та прогнозування в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень, яка б дозволила проводити аналіз та прогнозування стану складних та динамічних об’єктів (ідентифікація об’єктів місцевості, визначення належності об’єктів до угруповання військ (сил) за множиною ознак).

Для досягнення мети були поставлені такі завдання: провести формалізований опис задачі аналізу та прогнозування стану об’єктів в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень; сформулювати концепцію представлення методики оцінки та прогнозування стану об’єктів моніторингу в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень; визначити алгоритм реалізації методики.

Формалізований опис задачі аналізу та прогнозування стану об’єктів

Для забезпечення можливості здійснення аналізу стану об’єкту моніторингу та забезпечення прогнозування його стану пропонується застосувати системний підхід для аналізу та прогнозування його стану.

На рис. 1 представлена структурна схема системи управління процесом аналізу та прогнозування стану об’єкту яка поділяється на [11, 30, 32]:

1) управляючу підсистему (суб’єкт управління, *S*);

2) управляєму підсистему (об’єкт управління, *O*);

3) модель об’єкта (в даному випадку нечітка когнітивна модель *Y*). Нечітка когнітивна модель використовується у

зв'язку з тим, що стан об'єкту аналізу як правило характеризують як числові та і якісні показники. Це вимагає приведення їх до єдиної одиниці виміру.

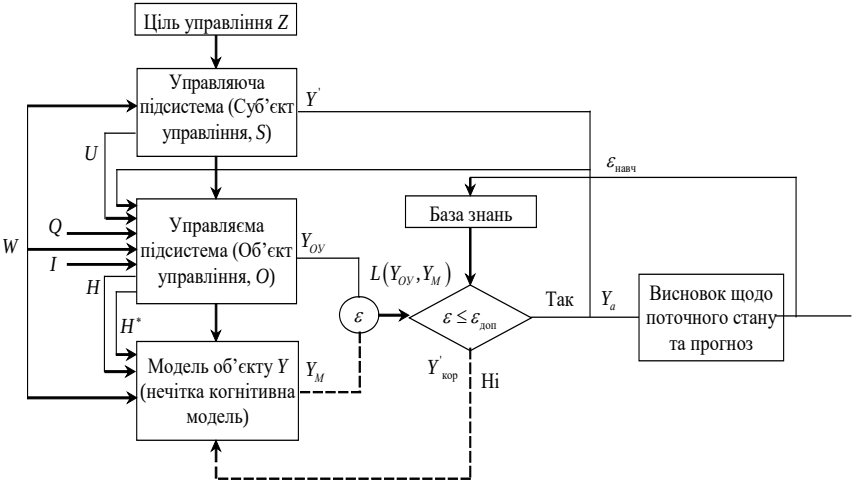


Рис. 1. *Структурна схема системи аналізу та прогнозування стану об'єкту*

Наведемо пояснення змінних які наведені на рис. 1:

W – зовнішня інформація; *Q* – ресурси системи необхідні для аналізу та прогнозування стану об'єкту; *H* – внутрішня інформація необхідна для побудови нечітких когнітивних моделей (НКМ); H^* – виправлена помилка; *U* – керуючий вплив (прийняття управлінських рішень, команди управління) (прямий зв'язок); $Y_{ОУ}$ – вихідна інформація (фактичні дані, параметри, показники), що характеризує стан об'єкта управління; $Y_М$ – вихідні параметри моделі (бажані, очікувані параметри); ε – помилка (неузгодженість); $ε_{доп}$ – фіксоване задане значення; *L* ($Y_{ОУ}$, $Y_М$) – перевірка відповідності даних, отриманих на основі моделі, реальному об'єкту, для опису якого вона будується; *Y'* – інформація про

стан об'єкта (зворотний зв'язок); $Y_{кор}$ – коригування моделі (додавання нових факторів і зв'язків між ними); $Y_а$ – адекватна модель об'єкта моніторингу, що відповідає його реальному стану; $\varepsilon_{навч}$ – оновлення бази знань.

Під управляємою підсистемою (O) розглядаються об'єкти управління (на які спрямовані управлінські впливи. Під моделлю об'єкта розуміється розробка і дослідження нечіткої когнітивної моделі оцінки стану об'єкту з використанням методології нечіткого когнітивного моделювання стану об'єкту. Управляюча підсистема виробляє управляючий вплив U на основі мети управління, а також інформації, що надійшла з зовнішнього середовища W. Управляєма підсистема отримує інформацію (Q, I, U), яка формує завдання по аналізу та прогнозування стану об'єкту.

На основі W, Q, I розробляються і досліджуються нечіткі когнітивні моделі з використанням методології нечіткого когнітивного моделювання процесу аналізу об'єктів, що дозволяють досліджувати і аналізувати можливі сценарії розвитку об'єктів. Під сценаріями розвитку системи розуміються сценарії розвитку ситуацій, пов'язані з характером дій об'єкту моніторингу.

Якщо отримані результати (розрахункові значення) $Y_м$ не відповідають фактичними результатами, які характеризують стан $Y_{ОУ}$ (умова $\varepsilon \leq \varepsilon_{доп}$ не виконується), то управляюча підсистема вносить коригування НКМ ($Y_{кор}$). Якщо умова $\varepsilon \leq \varepsilon_{доп}$ виконується, то НКМ є адекватної $Y_а$. В результаті отримання адекватної НКМ можна передбачати поведінку об'єкта.

Для перевірки адекватності моделі пропонується "історичний метод", який полягає в тому, що побудовані НКМ застосовуються до подібних ситуацій, якщо подібні ситуації відбувалися в минулому і динаміка їх відома. В цьому випадку НКМ виявляється працездатною (отримані результати збігаються з реальним ходом подій), вона визнається правильною.

Концепція представлення методики оцінки та прогнозування стану об'єкту моніторингу в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень

Управління здійснюється з застосуванням зворотного зв'язку Y'. Управляюча підсистема отримує інформацію від управляємої підсистеми Y', а також від зовнішнього середовища W. Управляюча підсистема обробляє і зіставляє її з бажаними характеристиками об'єкта управління, а потім приймає нове рішення, виробляє наступне керуючий вплив U на її основі. Керована підсистема також сприймає інформацію Y', обробляє і зіставляє її з бажаними характеристиками об'єкта управління і на її підставі виправляє помилку H^*.

Систему управління процесом аналізу та прогнозування стану об'єктів можна представити у вигляді кортежу

$$S_{\text{упр}}=<S, O, Y, Z, W, Q, Y_{\text{а}}, D>, \quad (1)$$

де Z – мета управління; $D=<I, H, U, Y_{\text{ОУ}}, Y_{\text{М}}, Y', H^*, Y'_{\text{кор}}>$ – внутрішнє середовище системи управління $S_{\text{упр}}$; $Y=<W, H, H^*, Y_{\text{М}}>$ – модель об'єкта, результатом $Y_{\text{М}}$ якого є НКМ.

Запишемо вираз (1) для динамічної системи:

$$\forall t \in \{1,...,T,...\}\, S_t = \begin{cases} s_1^{(t)} F_1\left(\begin{pmatrix} \varphi_{1,1}\left(s_1^{(t-1)},...,s_1^{\left(t-L_1^1\right)}\right), \\ \varphi_{1,N}\left(s_N^{(t-1)},...,s_N^{\left(t-L_1^N\right)}\right) \end{pmatrix} \times \iota_1\right) \times \chi_1, \\ s_2^{(t)} F_2\left(\begin{pmatrix} \varphi_{2,1}\left(s_1^{(t-1)},...,s_1^{\left(t-L_2^1\right)}\right), \\ \varphi_{2,N}\left(s_N^{(t-1)},...,s_N^{\left(t-L_2^N\right)}\right) \end{pmatrix} \times \iota_2\right) \times \chi_2, \\ ... \\ s_N^{(t)} F_N\left(\begin{pmatrix} \varphi_{N,1}\left(s_1^{(t-1)},...,s_1^{\left(t-L_N^1\right)}\right), \\ \varphi_{N,N}\left(s_N^{(t-1)},...,s_N^{\left(t-L_N^N\right)}\right) \end{pmatrix} \times \iota_N\right) \times \chi_N, \end{cases} \quad (2)$$

де S – багатовимірний часовий ряд; $S_t = \left(s_1^{(t)}, s_2^{(t)}, ..., s_N^{(t)}\right)$ –

часовий зріз стану об'єкту аналізу представлений у вигляді багатовимірного часового ряду на *t*-й момент часу; $s_j^{(t)}$ – значення *j*-го компонента багатовимірного часового ряду на *t*-й момент часу; L_j^i – максимальне значення часової затримки *i*-го компоненту відносно *j*-го; φ_{ij} – оператор для врахування взаємовпливу між *i*-им та *j*-им компонентом багатовимірного часового ряду; F_i – перетворення для отримання $s^{(t)}$, i=1,…, N; N – число компонентів багатовимірного часового ряду; ι – оператор для врахування ступеню інформованості про стан об'єкту; χ – оператор для врахування ступеню зашумленості даних про стан об'єкту.

З виразу (2) можна зробити висновок, що вираз дозволяє описати процеси в об'єкті аналізу з урахуванням запізнень у часі. Затримки необхідні на збір, обробку та узагальнення інформації, враховує ступеню інформованості про стан об'єкту та зашумленості даних. Також зазначений вираз (2) дозволяє описати процеси, що мають як кількісні так і якісні одиниці виміру, а також процеси що протікають на рис. 1.

Алгоритм реалізації методики оцінки та прогнозування в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень

Методика оцінки та прогнозування в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень складається з наступної послідовності дій (рис. 2):

1. Введення вихідних даних. На даному етапі вводяться вихідні дані що наявні про об'єкт, що підлягає аналізу. Проводиться ініціалізація базової моделі стану об'єкту.

2. Виявлення факторів та зв'язків між ними.

Аналіз моделей багатокритеріального оцінювання альтернатив в умовах невизначеності показав, що значення параметрів моделей часто представлені інтервалами, оскільки є розбіжності думок при одержанні значень параметрів. Коли є інтервальна та нечітка інформація, доцільно застосовувати нечітко-інтервальний метод ідея якого полягає в наступному.

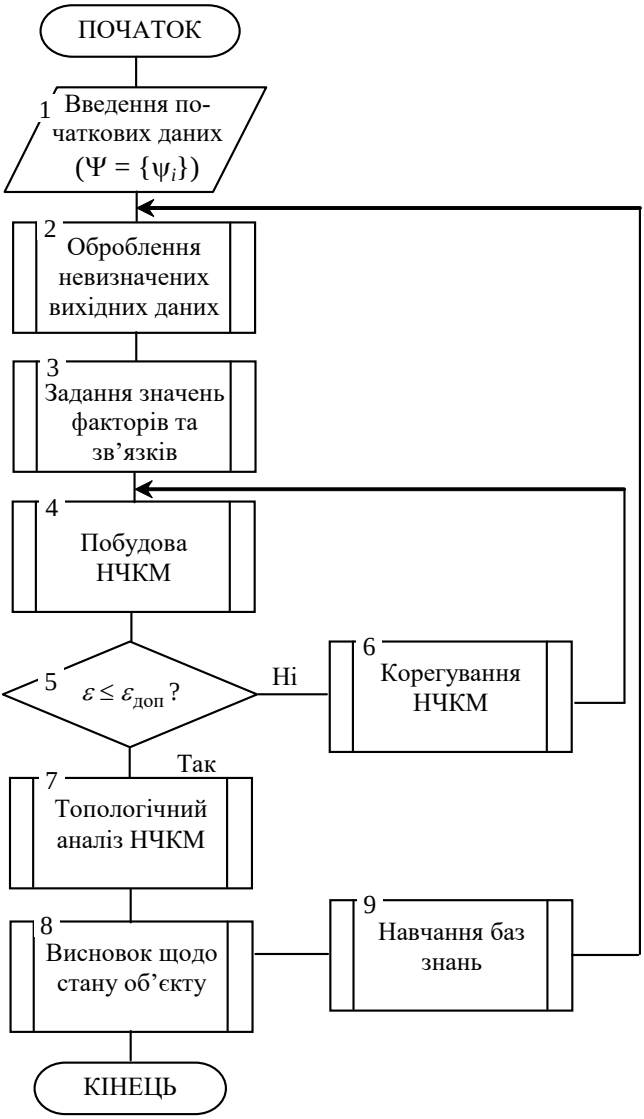


Рис. 2. *Алгоритм реалізації методики аналізу та прогнозування стану об'єкту моніторингу*

Нехай є множина альтернатив оцінки стану об'єкту $X = \left\{x^{(1)}, x^{(2)}, ..., x^{(m)}\right\}, x^{(k)} \in X, k = \overline{1,m}$ які оцінюються кортежем з n часткових критеріїв $C = \left\langle c_j\left(x^{(k)}\right)\right\rangle, j = \overline{1,n}$. Ставиться завдання формування скалярної інтервальної оцінки узагальненої стану об'єкту із загального числа m альтернатив за допомогою апарату інтервальної арифметики:

$$P\left(x^{(1)}\right) = \sum_{j=1}^{n} w_j^{\text{норм}} p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right), k = \overline{1,m},\ j = \overline{1,n},$$

(3)

з можливістю наступного вибору прийнятної альтернативи

$$x^0 = \arg \max_{x^{(k)} \in X} P\left(x^{(k)}\right), k = \overline{1,m},$$

(4)

де $w_j^{\text{норм}}$ – нормований інтервальний коефіцієнт відносної важливості j-го часткового критерію альтернатив $x^{(k)} \in X$; $p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)$ – нормовані інтервальні часткові критерії альтернатив $x^{(k)} \in X$.

Дія 2.1. Формування альтернатив стану об'єкту $X = \left\{x^{(1)}, x^{(2)}, ..., x^{(m)}\right\}$, які оцінюються частковими критеріями $C = \left\langle c_j\left(x^{(k)}\right)\right\rangle$. Відзначимо, що частки критерії можуть бути задані у вигляді інтервалів, а також у вигляді нечітких трикутних, трапецієподібних чисел .

Дія 2.2. Нормування часткових критеріїв $p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)$ для кожної k-ої альтернативи розробки проекту по формулі (5)–(8) для інтервалів

$$c_j\left(x^{(k)}\right) = \left[c_{j1}\left(x^{(k)}\right), c_{j2}\left(x^{(k)}\right)\right],$$

$$p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)=\left[\frac{c_{j1}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j2}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}}\right],c_j^{\max}=\max_{1\le k\le m}\left\{c_{j2}^{(k)}\right\},\qquad(5)$$

де $c_{j1}\left(x^{(k)}\right)$, $c_{j2}\left(x^{(k)}\right)$ – мінімальне та максимальне значення інтервалу.

2) для нечітких трикутних чисел

$$c_j\left(x^{(k)}\right)=\left[c_{j1}\left(x^{(k)}\right),c_{j2}\left(x^{(k)}\right),c_{j3}\left(x^{(k)}\right)\right]$$

$$p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)=\left[\frac{c_{j1}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j2}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j3}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}}\right],c_j^{\max}=\max_{1\le k\le m}\left\{c_{j3}^{(k)}\right\},$$

(6)

де $c_{j1}\left(x^{(k)}\right),c_{j2}\left(x^{(k)}\right),c_{j3}\left(x^{(k)}\right)$ – мінімальне, найбільш очікуване та максимальне значення інтервалу.

3) для трапецієподібних чисел

$$c_j\left(x^{(k)}\right)=\left[c_{j1}\left(x^{(k)}\right),c_{j2}\left(x^{(k)}\right),c_{j3}\left(x^{(k)}\right),c_{j4}\left(x^{(k)}\right)\right],$$

$$p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)=\left[\frac{c_{j1}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j2}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j3}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j4}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}}\right],c_j^{\max}=\max_{1\le k\le m}\left\{c_{j4}^{(k)}\right\},$$

(7)

де $c_{j1}\left(x^{(k)}\right),c_{j4}\left(x^{(k)}\right)$ – песимістична та оптимістична оцінки границь інтервалів, $c_{j2}\left(x^{(k)}\right),c_{j3}\left(x^{(k)}\right)$ – інтервал найбільш очікуваних значень.

4) для багатогранноподібних чисел

$$c_j\left(x^{(k)}\right)=\left[c_{j1}\left(x^{(k)}\right),c_{j2}\left(x^{(k)}\right),c_{j3}\left(x^{(k)}\right),c_{j4}\left(x^{(k)}\right),\ldots,c_{jN}\left(x^{(k)}\right)\right],$$

$$p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)=\left[\frac{c_{j1}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j2}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j3}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j4}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\ldots,\frac{c_{jN}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}}\right],c_j^{\max}=\max_{1\le k\le m}\left\{c_{jN}^{(k)}\right\}.$$

(8)

Нормалізація часткових критеріїв необхідна, оскільки їх чисельні значення відрізняються одиницями виміру та порядком величин, що ускладнює подальші операції із цими критеріями. Часткові критерії можуть бути представлені у вигляді інтервальних або нечітких *L-R*-типу (наприклад, трикутних, трапецієподібних) чисел.

Дія 2.3: Нормування інтервальних коефіцієнтів $j=\overline{1,n}$ відносної важливості часткових критеріїв

$$w_j^{\text{норм}} = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j},\ j=\overline{1,n}\ ,$$

де w_j – інтервальний коефіцієнт відносної важливості *j*-го частки критерію, який може бути представлений у вигляді інтервалів, нечітких трикутних, трапецієподібних чисел та багатограноподібних чисел.

Якщо нормований інтервальний коефіцієнт відносної важливості *j*-го часткового критерію у вигляді інтервалу $w_j^{\text{норм}} = \left[\alpha_{j1}, \alpha_{j2}\right]$ де α_{j1}, α_{j2} – мінімальне та максимальне значення інтервалу, то при цьому покладається, що $\sum_{j=1}^{n} \alpha_{j1} < 1, \sum_{j=1}^{n} \alpha_{j2} < 1,$ тому що в іншому випадку завдання (4) не має розв'язку через неможливість виконання обмеження $\sum_{j=1}^{n} \alpha_{j1} = 1$.

Якщо нормований інтервальний коефіцієнт відносної важливості *j*-го часткового критерію в вигляді нечіткого трикутного числа $w_j^{\text{норм}} = \left[\alpha_{j1}, \alpha_{j2}, \alpha_{j3}\right]$, де $\alpha_{j1}, \alpha_{j2}, \alpha_{j3}$ – мінімальне, найбільш очікуване та максимальне значення інтервалу, то при цьому покладається, що

$\sum_{j=1}^{n}\alpha_{j1}<1, \sum_{j=1}^{n}\alpha_{j3}>1,$ Інакше завдання (4) не має рішення. Якщо нормований інтервальний коефіцієнт відносної важливості *j*-го часткового критерію в вигляді нечіткого трикутного числа $w_j^{\text{норм}}=\left[\alpha_{j1},\alpha_{j2},\alpha_{j3},\alpha_{j4}\right]$ де α_{j1},α_{j4} – песимістична та оптимістична оцінки границь інтервалів, $\left[\alpha_{j2},\alpha_{j3}\right]$ – інтервал найбільш очікуваних значень, то при цьому покладається, що $\sum_{j=1}^{n}\alpha_{j1}<1, \sum_{j=1}^{n}\alpha_{j4}>1.$

Дія 2.4. Розрахунки скалярних інтервальних оцінок узагальненої корисності для $P\left(x^{(k)}\right)$ кожної *k*-ї альтернативи оцінки стану об’єкту.

Дія 2.5. Вибір прийнятної альтернативи оцінки стану об’єкту на основі інтервальної оцінки, яка має найбільше значення. Слід зазначити, що завдання (4) коректна в тому у випадку, якщо інтервали приватних критеріїв не перетинаються, тобто можна порівнювати інтервали між собою, і встановлюються відносини “більше” або “менше”.

3. Побудова НКМ.

Формування структури (попереднє структурне налаштування).

НКМ полягає в завданні структурних взаємозв’язків (у вигляді часових лагів) між концептами НКМ, зважених нечіткими значеннями $w_{ij}^{\left(t-l_i^j\right)}$ їх впливу один на одного. В якості НКМ FS_i, що реалізують нечіткі темпоральні перетворення F_i, пропонуються модифіковані моделі ANFIS-типу (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System). НКМ забезпечують формування, зберігання і виведення прогнозованих нечітких значень відповідних компонентів багатовимірного часового ряду з необхідними для НКМ

часовими затримками. Вхідні темпоральні нечіткі змінні моделі FS_i концепту C_i пов'язані з вихідними темпоральними нечіткими змінними тих концептів, які надають на концепт C_i безпосередній вплив. При цьому вхідні темпоральні нечіткі змінні C_i попередньо "зважуються" відповідними нечіткими ступенями впливу $w_{ij}^{(t-l_i^j)}$, на підставі чого здійснюється наступне перетворення:

$$\tilde{s}_j^{(t-l_i^j)} = \left(w_{ij}^{(t-l_i^j)} T\, \tilde{s}_j^{(t-l_i^j)} \right), \quad l_i^j = 0,...,L_i^j, \tag{9}$$

де T – операція Т-норми.

Вихідні ж темпоральні нечіткі змінні моделі FS_i концепту C_i призначені для формування, зберігання і виведення прогнозованих значень i-го компонента багатовимірного часового ряду, відповідних часовим лагам. Для побудови нечітких компонентних темпоральних моделей FS_i можуть бути використані як апріорні відомості про компоненти багатовимірного часового ряду, що є в базі знань, так і дані, отримані в результаті оцінювання або вимірювань. У першому випадку мається на увазі, що завдання забезпечення повноти і несуперечливості бази нечітких правил моделі FS_i вирішена заздалегідь. Якщо ж відомі тільки експериментальні дані, то стоїть завдання ідентифікації моделі. На практиці, найчастіше має місце змішаний випадок, коли початкова база правил моделі будується, виходячи з евристичних припущень ний, а її параметричне настроювання (навчання) виконується на основі навчальної вибірки. Вхідними темпоральними нечіткими змінними моделі FS_i є $S_1' = \left\{ \tilde{s}_3^{(t-1)}, \tilde{s}_3^{(t-3)}, \tilde{s}_4^{(t-3)}, \tilde{s}_5^{(t-3)}, \tilde{s}_1^{(t-3)} \right\}$ а її вихідними нечіткими темпоральними нечіткими змінними – $S_1' = \left\{ \tilde{s}_1^{(t)}, \tilde{s}_1^{(t-1)}, \tilde{s}_1^{(t-2)} \right\}$.

При побудові моделі спочатку визначаються міри істинності для поточних значень вхідних змінних щодо

відповідності цих нечітких висловлювань передумов всіх правил моделі. Після чого відбувається агрегування на основі операції Т-норми ступенів істинності передумов правил

$$\alpha_p = \min \mu_{\tilde{L}}\left(\tilde{s}_1^{'(t-1)}\right), \mu_{\tilde{L}}\left(\tilde{s}_3^{'(t-3)}\right), \mu_{\tilde{M}}\left(\tilde{s}_4^{'(t-3)}\right), \mu_{\tilde{M}}\left(\tilde{s}_5^{'(t-3)}\right), \mu_{\tilde{H}}\left(\tilde{s}_1^{'(t-3)}\right). \quad (10)$$

Далі активізують укладення відповідних правил відповідно до ступенями істинності їх передумов на основі операції імплікації (тут, імплікації Мамдані - операції min-активації)

$$\mu_{\tilde{M}}\left(\tilde{s}_1^{'(t)}\right) = \min\left(\alpha_p, \tilde{M}\right). \quad (11)$$

Після чого здійснюється операція max-диз'юнкції, акумулюючи активізовані укладення всіх правил моделі:

$$\tilde{s}_1^{(t)} = \max\left(\mu_{\tilde{M}}\left(\tilde{s}_1^{'(t)}\right), ..., \mu_{\tilde{M}}\left(\tilde{s}_1^{'(t)}\right), ..., \mu_{\tilde{H}}\left(\tilde{s}_1^{'(t)}\right)\right). \quad (12)$$

Далі відбувається нормалізація, зберігання і виведення нечітких значень вихідних змінних моделі з необхідними для НКМ часовими затримками

$$\tilde{s}_{1(norm)}^{(t)} = Z^0\left(\tilde{s}_1^{(t-1)}\right), \tilde{s}_{1(norm)}^{(t-2)} = Z^{-1}\left(\tilde{s}_1^{(t-1)}\right). \quad (13)$$

5. Проведення топологічного аналізу структури НЧКМ

Процедура топологічного аналізу структури НЧКМ складається з наступної послідовності дій:

Дія 5. 1. Введення значень зв'язків між вершинами НЧКМ.

Дія 5. 2 Якщо значення зв'язків між вершинами представлені в вигляді вербальних описів дотримується, то переходимо до дії 5. 3, а якщо ні то переходимо до дії 5. 4.

Дія 5. 3. Структуризація значень зв'язків між вершинами.

Дія 5. 4. Якщо умова, що значення зв'язків між вершинами представлені в вигляді інтервалів нечітких чисел виконується, то переходимо до дії 5. 5;

якщо умова не виконується, тобто значення зв'язків

між вершинами представлені числами з інтервалу $w_{ij} \in [1,1]$ то переходимо до дії 5. 6.

Дія 5. 5. Нормування значень зв'язків між вершинами, що представлені в вигляді інтервалів, нечітких чисел.

Дія 5. 6. Побудова НЧКМ в вигляді матриці відношень.

Дія 5. 7. Перехід від невизначених значень до "– 1", "0" та "1". Для застосування топологічного аналізу структури НЧКМ отримані нормовані інтервальні значення зв'язків між вершинами рекомендується перетворювати наступним чином:

1) якщо нормовані значення лежать в інтервалі [–1, 0), то присвоюється мінус "одиниця";

2) якщо нормоване значення лежить в інтервалі [0, 0,5) – "нуль";

3) якщо нормоване значення лежить в інтервалі [0,5, 1] – "одиниця".

Дія 5. 8. Побудова матриці відношень, що складається з "– 1", "0" та "1".

Дія 5. 9. Розрахунок розмірності симплексів комплексу $K_x(Y; \lambda)$.

Спочатку здійснюється підрахунок одиниць в кожному i-му рядку, i=1, 2, …, m, а потім розрахунок розмірності симплексів комплексу $K_x(Y; \lambda)$:

$$q = q^{(i)} = \sum_{j=1}^{m} \lambda_{ij} - 1. \qquad (14)$$

Дія 5.10. Розрахунок розмірності симплексів комплексу $K_y(X; \lambda^*)$.

Спочатку здійснюється підрахунок одиниць в кожному j-му стовбцю, а потім розрахунок розмірності симплексів комплексу $K_y(X; \lambda^*)$:

$$q = q^{(j)} = \sum_{j=1}^{m} \lambda_{ij} - 1. \qquad (15)$$

Дія 5.11. Здійснюється перетворення матриць.

Перетворення матриці Λ в $^{(1)}\Lambda$ – упорядкування строк зверху вниз здійснюється за таким правилом

$$q_1^{(i)} > q_2^{(i)} > q_3^{(i)} \ldots > 0 > -1. \quad (16)$$

Перетворення матриці $^{(1)}\Lambda$ в $^{(2)}\Lambda$ – упорядкування *j*-стовбців зліва направо здійснюється за правилом

$$q_1^{(j)} > q_2^{(j)} > q_3^{(j)} \ldots > 0 > -1. \quad (17)$$

Дія 5. 12. Здійснюється побудова симплиціальних комплексів.

Побудова комплексу $K_x\left(Y;\lambda\right)=\left\{\delta_q^{(v_i)}\right\}$ представляє собою послідовність симплексів $\delta_q^{(v_i)}$, яка впорядкована за правилом (16) убування їх розмірності.

Побудова комплексу $K_x\left(Y;\lambda\right)=\left\{\delta_q^{(v_j)}\right\}$ представляє собою послідовність симплексів $\delta_q^{(v_j)}$, яка впорядкована за правилом (17) убування їх розмірності.

Дія 5. 13. Визначається перший структурний вектор по матриці $^{(2)}\Lambda$ комплексу K_x (Y;λ). Визначення по матриці $^{(2)}\Lambda$ першого структурного вектору Q_x={$Q_{\dim K}$,…, Q_g, Q_1, Q_0} комплексу K_x (Y; λ) здійснюється наступним чином. Для кожної розмірності $q^{(i)}$ кількість симплексів в кожному класі еквівалентності Q_q встановлюється по правилу: якщо хоча б одна одиниця *i*-строки не входить в попередні строки *i*–1, *i*–2, …, 1, то відповідний даній строчці симплекс утворює окремий клас еквівалентності.

Дія 5.14. Визначається перший структурний вектор по матриці $^{(2)}\Lambda$ K_y (Y; λ^*). Для кожної розмірності $q^{(j)}$ кількість симплексів в кожному класі еквівалентності Q_q встановлюється по правилу: якщо хоча б одна одиниця *j*-го

стовбця не входить в попередні стовбці j–1, j–2, …, 1, то відповідний цьому стовбцю симплекс утворює окремий клас еквівалентності.

6. Навчання штучних нейронних мереж(ШНМ).

В зазначеній процедурі відбувається навчання ШНМ за допомогою розробленого авторами в роботі [2] методу навчання ШНМ, що еволюціонують. Зазначений метод відрізняється від відомих тим, що дозволяє проводити навчання не тільки синаптичних ваг, але й параметрів функції належності разом з архітектурою ШНМ. Також на даному етапі відбувається узгодження всіх нечітких компонентних темпоральних моделей НКМ. Узгодження всіх нечітких компонентних темпоральних моделей FS_i, i=1, …, N НКМ здійснюється після їх "персоніфікованої" параметричного налаштування. Узгодження полягає в такій зміні модальних значень і ступенів розмитості нечітких ступенів впливу $\left\{ w_{ij}^{\left(t-l_i^j\right)} \middle| l_i^j = 0,\ldots,L_i^j \right\}$ між концептами НКМ, що забезпечує максимальне підвищення точності прогнозування кожного з компонентами багатовимірного часового ряду без погіршення. Процедурі узгодження нечітких компонентних темпоральних моделей НКМ передує формування додаткової "узгоджуючою" навчальної вибірки, що складається з ретроспективних даних одночасно для всіх компонентів багатовимірного часового ряду. Процедура узгодження всіх нечітких компонентних темпоральних моделей НКМ вважається успішно завершеною, якщо для кожної з цих моделей підсумкова похибка не перевищує деякого встановленого порога. Для добре узгоджених компонентів багатовимірного часового ряду, або для цих моделей буде виконуватися принцип Еджворта-Парето.

7. Прогнозування стану об'єкту аналізу.

Багатовимірне прогнозування стану виконується на

основі налаштованої НКМ і може здійснюватися: розрахунок значень вихідних змінних моделей FS_i, i=1, …, N по заданим кожен раз відповідним сукупностями значень вхідних змінних цих моделей; саморозвиток і прогнозна оцінка зміни стану системи/процесу при відсутності зовнішніх впливів на неї; розвиток і прогнозна оцінка зміни стану системи/процесу, при якому моделювання динаміки зміни стану проводиться в деякій ситуації.

2. МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ОБ'ЄКТУ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Метою дослідження є розробка методу оцінювання стану об'єкту в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень, який б дозволив проводити аналіз стану об'єктів.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

– сформулювати математичний опис процесу оцінювання в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень;

– визначити алгоритм реалізації методу.

Об'єктом дослідження є об'єкти моніторингу військового призначення. В ролі об'єктів можуть виступати пункти управління різних ланок управління, що містять сукупність різнорідних засобів управління та передачі даних, засобів висвітлення повітряної обстановки, засобів розвідки та інш. Основною гіпотезою дослідження є визначення належності об'єкту моніторингу (визначення його походження та кількісно-якісного складу). В якості об'єктів моніторингу будуть розглядатися пункти управління окремих бригад, оперативно-тактичних угруповань військ, оперативних угруповань військ (сил).

В ході проведеного дослідження використовувалися загальні положення теорії штучного інтелекту – для

вирішення задачі аналізу стану об'єктів в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. Тобто теорія штучного інтелекту є основою зазначеного дослідження.

Для вирішення задач опису стану подальшого стану динамічних об'єктів використовувалися нечіткі когнітивні моделі. Зазначене дозволяє описати зміну складних багаторівневих об'єктів у часі. Для підвищення оперативності побудови нечіткої когнітивної моделі використовується удосконалений генетичний алгоритм. В зазначеному дослідженні також використаний розроблений в попередніх роботах метод навчання штучних нейронних мереж, який дозволяє проводити глибоке навчання штучних нейронних мереж. Сутність глибокого навчання полягає в навчанні архітектури, виду та параметрів функції належності. Моделювання проводилося з використанням програмного забезпечення MathCad 2014 (США) та ПЕОМ Intel Core i3 (США).

Математичний опис процесу оцінювання в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень

Математичний опис процесу оцінювання стану об'єктів для динамічної системи можна представити у вигляді:

$$\forall t \in \{1,...,T,...\}\ S_t = \begin{cases} S_1^{(t)} F_1\left(\begin{pmatrix} \varphi_{1,1}\left(S_1^{(t-1)},...,S_1^{(t-L_1^1)}\right), \\ \varphi_{1,N}\left(S_N^{(t-1)},...,S_N^{(t-L_1^N)}\right) \end{pmatrix} \times \iota_1\right) \times \chi_1, \\ S_2^{(t)} F_2\left(\begin{pmatrix} \varphi_{2,1}\left(S_1^{(t-1)},...,S_1^{(t-L_2^1)}\right), \\ \varphi_{2,N}\left(S_N^{(t-1)},...,S_N^{(t-L_2^N)}\right) \end{pmatrix} \times \iota_2\right) \times \chi_2, \\ ... \\ S_N^{(t)} F_N\left(\begin{pmatrix} \varphi_{N,1}\left(S_1^{(t-1)},...,S_1^{(t-L_N^1)}\right), \\ \varphi_{N,N}\left(S_N^{(t-1)},...,S_N^{(t-L_N^N)}\right) \end{pmatrix} \times \iota_N\right) \times \chi_N, \end{cases} \quad (18)$$

де S – багатовимірний часовий ряд; $S_t = \left(S_1^{(t)}, S_2^{(t)},..., S_N^{(t)}\right)$ – часовий зріз стану об'єкту аналізу представлений у вигляді

багатовимірного часового ряду на t-й момент часу; $s_j^{(t)}$ – значення j-го компонента багатовимірного часового ряду на t-й момент часу; L_j^i – максимальне значення часової затримки i-го компоненту відносно j-го; φ_{ij} – оператор для врахування взаємовпливу між i-м та j-м компонентом багатовимірного часового ряду; F_i – перетворення для отримання $s^{(t)}$, i=1,…, N; N – число компонентів багатовимірного часового ряду; ι – оператор для врахування ступеню інформованості про стан об'єкту; χ – оператор для врахування ступеню зашумленості даних про стан об'єкту.

З виразу (18) можна зробити висновок, що вираз дозволяє описати процеси в об'єкті аналізу з урахуванням запізнень у часі. Затримки необхідні на збір, обробку та узагальнення інформації, враховує ступеню інформованості про стан об'єкту та зашумленості даних.

Алгоритм реалізації методу оцінювання в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень

Метод оцінки в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень складається з наступної послідовності дій (рис. 3). Хотілося б звернути увагу на те, що основні процедури запропонованого методу детально описані в роботі [23]. Проте, ключовою відмінністю зазначеного методу від відомих є те, що на етапі 3 зазначеного методу використовується удосконалений авторами генетичний алгоритм, основні етапи реалізації якого наведені на рис. 2. Використання зазначеного генетичного алгоритму дозволяє проводити багато направлений пошук декількома особами при побудові нечіткої когнітивної моделі.

1. Введення вихідних даних (дія 1 на рис. 1). На даному етапі вводяться вихідні дані що наявні про об'єкт, що підлягає аналізу.

2. Оброблення вихідних даних з урахуванням невизначеності (дія 2 на рис. 1).

На даному етапі за відбувається врахування типу невизначеності про стан об'єкту аналізу та проводиться ініціалізація базової моделі стану об'єкту [22].

3. Задання значень факторів та зв'язків між ними (дія 3 на рис. 1).

На даному етапі за допомогою удосконаленого генетичного алгоритму відбувається паралельний пошук рішення одночасно декількома особинами популяції для встановлення факторів та зв'язків між ними.

Ідея оцінювання з використанням генетичного алгоритму, полягає в аналізі можливих альтернатив оцінки стану об'єкту аналізу [9]. Оцінка кожної k-ї альтернативи стану об'єкту аналізу здійснюється на основі знайденої очікуваної альтернативи $s\left(x^{(k)}\right)$, $k=1,...,m$, та формування інтервальної багатокритеріальної оцінки $P\left(x^{(k)}\right)$. Наведемо допущення:

- по-перше, розроблено та аналізується чотири альтернативи стану об'єкту аналізу $\left(x^{(1)},x^{(2)},x^{(3)},x^{(4)}\right)$;

- по-друге, розглянуто чотири часткових критерію стану об'єкту аналізу, які можуть бути представлені в вигляді нечітких трапецієподібних чисел, причому їх межі можуть перетинатися. При необхідності збільшення числа можливих градацій стану об'єкту можливо використовувати нечіткі багатограноподібні числа, які представлені в [22, 23];

- по-третє, частковий критерій стану позначений через $s\left(x^{(k)}\right)$, $s\left(x^{(k)}\right)=\left(s_1^{(k)},s_2^{(k)},s_3^{(k)},s_4^{(k)}\right)$ ($s_1^{(k)}$, $s_4^{(k)}$ – песимістична і оптимістична оцінки стану об'єкту; $\left[s_2^{(k)},s_3^{(k)}\right]$ – інтервал очікуваного стану об'єкту аналізу).

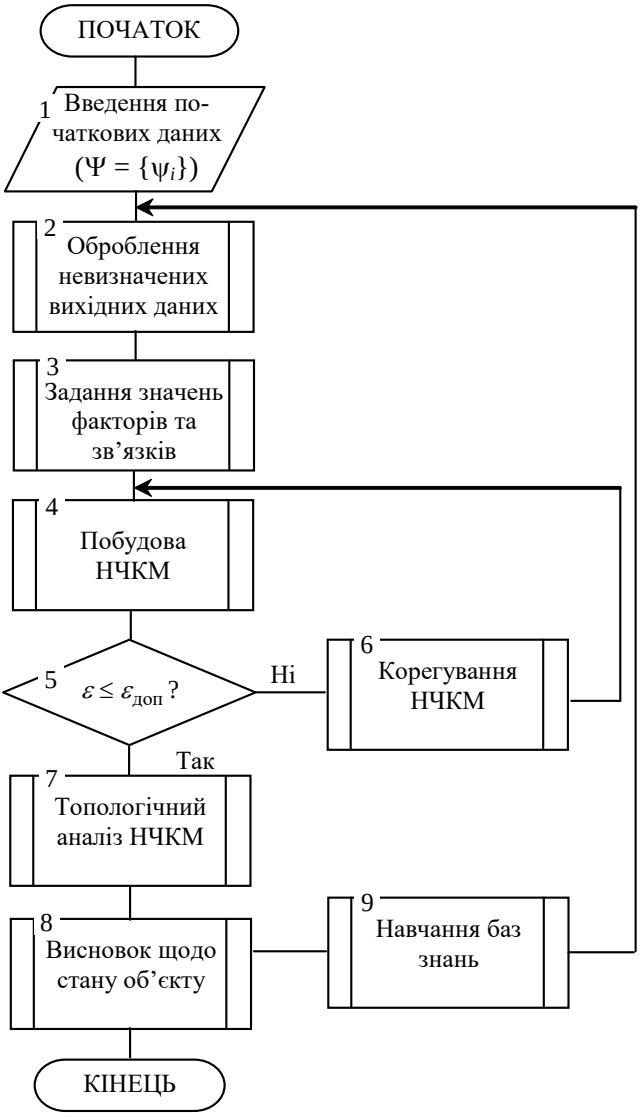


Рис. 3. *Алгоритм реалізації методу аналізу стану об'єкту*

Є обмежена множина альтернатив стану об'єкту аналізу $X=\left\{x^{(1)},x^{(2)},...,x^{(m)}\right\}$, де кожна альтернатива оцінюється кортежем з n ненормованих інтервальних часткових критеріїв $C=\left\langle c_j\left(x^{(k)}\right)\right\rangle$, $j=\overline{1,n}$. Ставиться завдання знаходження вектору очікуваного стану об'єкту аналізу для кожної k-ї альтернативи стану об'єкту аналізу:

$$s\left(x^{(k)}\right)=\left(s_1^{(k)},s_2^{(k)},s_3^{(k)},s_4^{(k)}\right),k=\overline{1,m}.$$

;

стосовно оцінки узагальненої корисності, що характеризує реалізація кожної k-ї альтернативи стану об'єкту аналізу:

$$P\left(x^k\right)=\sum_{j=1}^{n}w_j^{\text{норм}}p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right),k=\overline{1,m},j=\overline{1,n}, \tag{19}$$

з можливістю подальшого вибору прийнятної альтернативи, $w_j^{\text{норм}}$ – нормований інтервальний коефіцієнт відносної важливості j-го часткового критерію альтернатив $x^{(k)}\in X$, $p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)$ – нормовані інтервальні часткові критерії альтернатив $x^{(k)}\in X\left(0<p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)<1\right)$.

Таким чином, завдання оцінювання реалізованості альтернатив стану об'єкту аналізу описується такою цільовою функцією:

$$P\left(x^{(k)}\right)=\sum_{j=1}^{n}w_j^{\text{норм}}p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)\to\max,\quad x^{(k)}\in X \tag{20}$$

та обмеженнями

$$w_j^{\text{норм}}=\left[\alpha_{j1},\alpha_{j2},\alpha_{j3},\alpha_{j4}\right], \tag{21}$$

$$s_{\min}\le s\left(x^{(k)}\right)\le s_{\max}, \tag{22}$$

де $\sum_{j=1}^{n}\alpha_{j1}<1$, $\sum_{j=1}^{n}\alpha_{j4}>1$; s_1 та s_2 – значення мінімальної і максимальної альтернатив. Вирішення завдання має комбінаторний характер і може бути сформульоване як пошук найкращого рішення. Для знаходження очікуваної альтернативи $s\left(x^{(k)}\right)$ пропонується генетичний алгоритм, що складається з таких кроків (рис. 4).

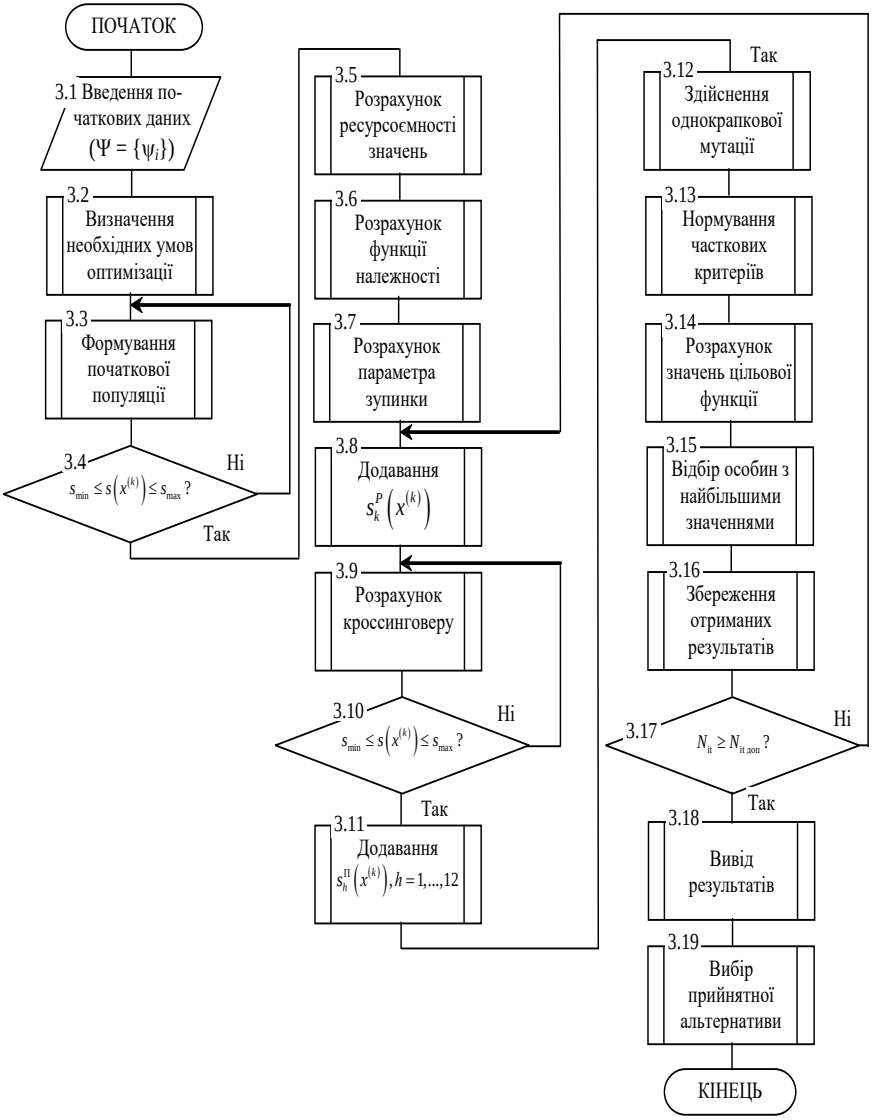


***Рис. 4**. Послідовність виконання удосконаленого генетичного алгоритму*

Дія 3. 1. Введення початкових даних: $s\left(x^{(k)}\right)$ – ненормовані інтервальні часткові критерії альтернатив; $s_{\min}$ та $s_{\max}$ – значення мінімальної і максимальної альтернатив; *kol* – кількість ітерацій; *d* – позиція кроссинговера; *q* – позиція мутації; w_j – інтервальний коефіцієнт відносної важливості *j*-го часткового критерія альтернатив, а також визначення початкового розміру популяції $P=2p$.

Дія 3. 2. Визначення необхідних умов оптимізації: цільова функція (20) і обмеження (21), (22).

Дія 3. 3. Формування початкової популяції – особин-батьків (чотири варіанти векторів стану об'єкту аналізу для кожної *k*-ї альтернативи стану об'єкту) з використанням генератора випадкових чисел:

$$S_1^P\left(x^{(1)}\right)=\left(S_1^{P(1)},S_2^{P(1)},S_3^{P(1)},S_4^{P(1)}\right),$$
$$S_2^P\left(x^{(2)}\right)=\left(S_1^{P(2)},S_2^{P(2)},S_3^{P(2)},S_4^{P(2)}\right),$$
$$S_3^P\left(x^{(3)}\right)=\left(S_1^{P(3)},S_2^{P(3)},S_3^{P(3)},S_4^{P(3)}\right),$$
$$S_4^P\left(x^{(4)}\right)=\left(S_1^{P(4)},S_2^{P(4)},S_3^{P(4)},S_4^{P(4)}\right).$$

Формування початкової популяції, в якій хромосоми закодовані в вигляді 8-ми розрядних наборів значень. Даний вид хромосом дозволяє залишати гени розташованими послідовно після застосування оператора мутації. Збереження безперервного розташування генів дає можливість генетичному оператору схрещування копіювати в дочірню хромосому безперервні ділянки оперативної пам'яті батьківських хромосом, що дозволяє прискорити схрещування [10].

Дія 3. 4. Перевірка виконання умови. Якщо умова (22) для особин-батьків дотримується, то перехід до дії 8; якщо умова (22) не дотримується, то перехід до дії 3.

Дія 3. 5. Розрахунок ресурсоємності отриманих значень і перевірка умов на не перевищення $res_{\text{доп}}$ для кожної особини в початковій популяції:

$$res_i = f\left(U_{eff}\right), \tag{23}$$

де U_{eff} – ключові показники ефективності.

Дія 3. 6. Розрахунок функції належності рівня досягнення цілі Λ_{ij}^{targ}, що полягає в реалізації ітераційної процедури перерахунку цільових показників на основі розробленої нечіткої когнітивної моделі:

$$\Lambda_{ij}^{targ} = f\left(U_{eff}\right), \quad j = \overline{1,k}. \tag{24}$$

Дія 3. 7. Розрахунок параметра зупинки алгоритму на основі мінімального відхилення рівня досягнення цілі щодо необхідного значення:

$$\begin{aligned} &\Delta\Lambda_{ij}^{targ} = \Lambda_{ij}^{targ} - \Lambda_{i\text{необ}}^{targ}, \\ &\Delta\Lambda = \min_i \min_j \Delta\Lambda_{ij}^{targ}. \end{aligned} \tag{26}$$

Дія 3. 8. Додавання вектору $s_k^P\left(x^{(k)}\right)$ в популяцію.

Дія 3. 9. Здійснення операції одноточкового кросинговеру над отриманими варіантами векторів k-ої альтернативи $s^P\left(x^{(k)}\right)$ (точка кросинговеру d<4). Вибір особин і формування пар для схрещування відповідно до їх функцією придатності. Запропонована процедура відбору реалізована за допомогою механізму адаптації параметрів алгоритму оптимізації, описаного в роботі [1].

Даний механізм адаптації побудований на основі компромісу між швидкістю збіжності і якістю одержуваного локально-оптимального рішення, його суть зводиться до того, що ймовірність відбору особин гнучко змінюється в залежності від передісторії пошуку [11].

З цією метою використовується нормальний закон розподілу ймовірності відбору. Математичне очікування приймається рівним значенню функції придатності найкращою для даного покоління хромосоми популяції.

Якщо в черговому поколінні відбулася зміна найкращою хромосоми, то дисперсія приймає максимальне значення, розширюючи тим самим діапазон пошуку. Якщо ж протягом декількох поколінь виявляється краща хромосома, то дисперсія зменшується, в найпростішому випадку, вона пропорційна числу поколінь:

$$D = D_{\max} - \beta \times g, \tag{27}$$

де $D_{\max}$ – максимальне значення дисперсії; β – коефіцієнт, що визначає швидкість збіжності алгоритму; g – число "невдалих" поколінь.

Математичне сподівання функції розподілу дорівнює значенню функції $F_{\max}$. Випадкова величина X_i є безперервною, на відміну від дискретних значень F_k, k=1,2,…,M і необхідно вибрати таке значення F_k функції придатності, відстань від якого до $F_{\max}$ була б найближчою до відстані від X_i до $F_{\max}$:

$$k = \arg\min \left\| F_{\max} - X \right| - \left| F_{\max} - X \right\|. \tag{28}$$

В даному випадку цим значенням буде F_i.

У наступних циклах відбору необхідно враховувати при розгляді значення функції придатності, відповідні особинам, вже відібраним на попередніх циклах. Це забезпечить різноманітність складу популяції.

Описаний механізм формує передумови для елітного відбору, зберігає найкращу зі знайдених хромосом популяції, і використовується в трьох випадках: перед етапом кросинговеру для вибору схрещується особин; перед етапом мутації для вибору особин, що мутують; після застосування всіх операторів ГА для відбору найбільш придатних особин в наступне покоління.

В результаті операції кросинговеру виходить 12 особин-нащадків:

$$S_1^{\sqcap}\left(x^{(1)}\right)=\left(S_1^{P(1)},S_d^{P(1)},S_{d+1}^{P(2)},S_4^{P(2)}\right),$$
$$S_2^{\sqcap}\left(x^{(2)}\right)=\left(S_1^{P(2)},S_d^{P(2)},S_{d+1}^{P(1)},S_4^{P(1)}\right),$$
$$S_3^{\sqcap}\left(x^{(1)}\right)=\left(S_1^{P(1)},S_d^{P(1)},S_{d+1}^{P(3)},S_4^{P(3)}\right),$$
$$S_4^{\sqcap}\left(x^{(3)}\right)=\left(S_1^{P(3)},S_d^{P(3)},S_{d+1}^{P(1)},S_4^{P(1)}\right),$$
$$S_5^{\sqcap}\left(x^{(1)}\right)=\left(S_1^{P(1)},S_d^{P(1)},S_{d+1}^{P(4)},S_4^{P(4)}\right),$$
$$S_6^{\sqcap}\left(x^{(4)}\right)=\left(S_1^{P(4)},S_d^{P(4)},S_{d+1}^{P(1)},S_4^{P(1)}\right), \qquad (29)$$
$$S_7^{\sqcap}\left(x^{(2)}\right)=\left(S_1^{P(2)},S_d^{P(2)},S_{d+1}^{P(3)},S_4^{P(3)}\right),$$
$$S_8^{\sqcap}\left(x^{(3)}\right)=\left(S_1^{P(3)},S_d^{P(3)},S_{d+1}^{P(2)},S_4^{P(2)}\right),$$
$$S_9^{\sqcap}\left(x^{(2)}\right)=\left(S_1^{P(2)},S_d^{P(2)},S_{d+1}^{P(4)},S_4^{P(4)}\right),$$
$$S_{10}^{\sqcap}\left(x^{(4)}\right)=\left(S_1^{P(4)},S_d^{P(4)},S_{d+1}^{P(2)},S_4^{P(2)}\right),$$
$$S_{11}^{\sqcap}\left(x^{(3)}\right)=\left(S_1^{P(3)},S_d^{P(3)},S_{d+1}^{P(4)},S_4^{P(4)}\right),$$
$$S_{12}^{\sqcap}\left(x^{(4)}\right)=\left(S_1^{P(4)},S_d^{P(4)},S_{d+1}^{P(3)},S_4^{P(3)}\right).$$

Оператор кросинговеру (кросовера, схрещування) дозволяє на основі схрещування хромосом батьків створювати хромосоми нащадків. Одноточкове схрещування полягає в розрізуванні хромосом батьків в обраній випадковим чином спільної точки розрізу (розриву) і обмін правими частинами (“хвостами” хромосом).

Дія 3. 10. Перевірка виконання умови. Якщо умова (22) для отриманих особин-нащадків дотримується, то перехід до дії 11; якщо умова (22) не дотримується, то перехід до дії 9.

Дія 3. 11. Додавання вектору $s_h^{\sqcap}\left(x^{(k)}\right),\ h=1,\ldots,12$ в популяцію.

Дія 3. 12. Здійснення операції однокрапкової мутації отриманих 12 особин-нащадків (точка мутації $q<4$). З приходом особи-нащадка шляхом мутації виходить нова особина-нащадок з мутованими генами $\bar{S}_1^{M}\left(x^{(1)}\right)=\left(S_1^{M},S_q^{M},\bar{S}_{q+1}^{M},S_4^{M}\right)$.

Аналогічним чином дана операція проводиться і над іншими

особинами-нащадками. Оператор мутації дозволяє випадково вносити зміни в особини, які згодом набувають нових властивостей. Одноточкова мутація полягає у випадковому виборі гена, який обмінюється своїм значенням з рядом розташованим геном.

Дія 3. 13. Здійснення нормування часткових критеріїв $p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)$, в тому числі і очікувана вартість альтернатив для кожної *k*-ї альтернативи оцінювання стану об'єкту по формулі

$$c_j\left(x^{(k)}\right)=\left[c_{j1}\left(x^{(k)}\right),c_{j2}\left(x^{(k)}\right),c_{j3}\left(x^{(k)}\right),c_{j4}\left(x^{(k)}\right)\right],$$

$$p_j^{\text{норм}}\left(x^{(k)}\right)=\left[\frac{c_{j1}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j2}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j3}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}},\frac{c_{j4}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{\max}}\right], \tag{30}$$

$$c_j^{\max}=\max_{1\le k\le m}\left\{c_{j4}^{(k)}\right\},$$

де $c_{j1}(x^{(k)})$, $c_{j4}(x^{(k)})$ – песимістична та оптимістична оцінки границь інтервалів, $c_{j2}(x^{(k)})$, $c_{j3}(x^{(k)})$ – інтервал найбільш очікуваних значень. Розрахунок інтервальних коефіцієнтів $w_j^{\text{норм}}$ відносної важливості часткових критеріїв за формулою:

$$w_j^{\text{норм}}=\frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n}w_j},\quad j=\overline{1,n}, \tag{31}$$

де w_j – інтервальний коефіцієнт відносної важливості *j*-го частки критерію, який може бути представлений у вигляді інтервалів, нечітких трикутних, трапецієподібних чисел та багатограноподібних чисел.

Дія 3. 14. Розрахунок значень цільової функції (19) для всіх особин популяції, а саме – для всіх варіантів векторів очікуваної стану об'єкту.

Дія 3. 15. Відбір чотирьох особин (чотирьох векторів) з 12 можливих з найбільшими значеннями цільової функції,

які будуть батьками для наступної ітерації (покоління), або ж у разі виконання всіх ітерації – результатом обчислень.

Оскільки в запропонованому завданні розглядаються чотири альтернативи оцінки стану об'єкту, то відбирається всього чотири вектору очікуваного стану. Відбір особин виробляється рангових методом, тобто особини популяції ранжуються за значенням їх функції пристосованості (ранжирування проводиться по зростанню величин). Оскільки оцінки узагальненої корисності $P(x^{(k)})$ представлені в вигляді трапецієподібних нечітких чисел, то для вибору прийнятної альтернативи стану об'єкту застосовується метод Чію-Парку.

Дія 3. 16. Збереження отриманих результатів.

Дія 3. 17. Перевірка виконання умови. Якщо умова виконання $N_{it} \geq N_{it\ доп}$ кількості ітерацій дотримується, то перехід до дії 18; якщо умова не дотримується, то перехід до дії 8.

Дія 3. 18. Вивід результатів (вектори альтернатив $s(x^{(k)})$ і багатокритеріальної оцінки $Ср(P(x^{(k)}))$ для кожної k-ї альтернативи).

Дія 3. 19. Вибір прийнятної альтернативи. Прийнятною альтернативою вважається та, у якій узагальнена корисність є найбільшою.

Кінець алгоритму.

Процедури 4–9 запропонованого методу детально описані в роботі [24].

Проведено моделювання роботи методу пошуку рішень відповідно до алгоритму на рис. 4 та виразів (19)–(32).

Висновки

1. Проведено формалізований опис задачі аналізу та прогнозування стану об'єктів в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. Зазначена формалізація дозволяє описати процеси, що проходять в інтелектуальних

системах підтримки прийняття рішень під час вирішення завдань аналізу та прогнозування стану об'єктів. В якості критерію ефективності зазначеної методики обрано оперативність процесу аналізу та прогнозування стану об'єкту.

2. В ході дослідження сформульована концепція представлення методики оцінки та прогнозування в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. В зазначеній концепції процес аналізу та прогнозування представлено у вигляді багатовимірного часового ряду. Це дозволяє створити ієрархічний опис складного процесу за рівнями узагальнення та провести відповідний аналіз з подальшим прогнозуванням його стану.

3. Визначено алгоритм реалізації методики, що дозволяє:

– провести багатовимірний аналіз і прогнозування стану об'єктів в умовах невизначеності;

– забезпечити прогнозну оцінку в умовах нестохастичної невизначеності, нелінійності взаємовпливу, часткової неузгодженості і суттєвою взаємозалежності компонентів багатовимірного часового ряду;

– провести топологічний аналіз структури НЧКМ;

– враховувати зашумленість вихідних даних на оперативність обробки даних;

– врахувати час затримки на надходження інформації від пунктів добування на пункти обробки;

– врахувати початковий тип невизначеності вихідних даних при побудові НКМ;

– провести структурно-параметричне навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень;

Методика дозволяє підвищити ефективності оперативності обробки даних на рівні 12–18 % за рахунок

використання додаткових удосконалених процедур.

4. Проведено математичний опис процесу оцінювання в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. Зазначений математичний опис дозволяє описати процеси, що проходять в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень під час вирішення завдань аналізу стану об'єктів. В якості критерію ефективності зазначеного методу обрано оперативність процесу аналізу стану об'єкту. В зазначеному описі процес аналізу представлено у вигляді багатовимірного часового ряду. Це дозволяє створити ієрархічний опис складного процесу за рівнями узагальнення та провести відповідний аналіз його стану.

5. Визначено алгоритм реалізації методу, що дозволяє:

– провести багатовимірний аналіз стану об'єктів в умовах невизначеності;

– забезпечити оцінку в умовах нестохастичної невизначеності, нелінійності взаємовпливу, часткової неузгодженості і суттєвою взаємозалежності компонентів багатовимірного часового ряду;

– провести топологічний аналіз структури НЧКМ;

– враховувати зашумленість вихідних даних на оперативність обробки даних;

– врахувати час затримки на надходження інформації від пунктів добування на пункти обробки;

– врахувати початковий тип невизначеності вихідних даних при побудові НКМ;

– провести структурно-параметричне навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень;

– здійснити швидку побудову нечіткої когнітивної темпоральної моделі за рахунок одночасного пошуку по декільком напрямкам декількома особинами.

6. Метод показав підвищення ефективності оперативності обробки даних на рівні 11–15 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур.

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. N.Yeromina,V. Kurban, S. Mykus, O. Peredrii, O. Voloshchenko, V. Kosenko, V. Kuzavkov, O. Babeliuk, M. Derevianko and H. Kovalov. The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2021. Vol. 11, Iss. 05., pp. 37. –41. https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05.

8. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечёткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. Винница: “УНИВЕРСУМ”, 1999. 320 с.

9. Алпеева Е. А., Волкова И. И. Использование нечетких когнитивных карт при разработке экспериментальной модели автоматизации производственного учета материальных потоков. Экономика и промышленность. 2019. Том 12. №1. С. 97–106. DOI: 10.17073/2072-1633-2019-1-97-106.

10. Заграновская А. В., Эйсснер Ю. Н. Моделирование сценариев развития экономической ситуации на основе нечетких когнитивных карт. Современная экономика: проблемы и решения. 2017, №10 (94), С. 33–47. DOI: 10.17308/meps.2017.10/1754.

11. Симанков В. С., Путято М. М. Исследование методов когнитивного анализа. Системный анализ, управление и обработка информации. 2013, № 13. С. 31–35.

12. Y.-C. Ko, H. Fujita. An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. Information Sciences. 2019. Vol. 486. pp. 190–203. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079.

13. I. J.Ramaji, A. M. Memari. Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. Automation in Construction. 2018. Vol. 90. pp. 117–133. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025.

14. C. J.Pérez-González, M. Colebrook, J. L. Roda-García, C. B. Rosa-Remedios. Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. Expert Systems with Applications. 2019. Vol. 120. pp. 167–184. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023.

15. H. Chen. Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Procedia Computer Science. Vol. 131. 2018. pp. 952–958. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233.

16. H. K. Chan, X. Sun, S.-H. Chung. When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? Decision Support Systems. 2019. pp. 1–37. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114.

17. A. M. S. Osman. A novel big data analytics framework for smart cities. Future Generation Computer Systems. 2019. Vol. 91. pp. 620–633. DOI: https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046.

18. I. Gödri, C. Kardos, A. Pfeiffer, J. Váncza. Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. CIRP Annals. Vol. 68. Issu. 1. 2019. pp. 471–474. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001.

19. J. L. Harding. Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XL-2/W1. 2013. pp. 59–63. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-2-W1-59-2013.

20. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. Intern. Journal of Man-Machine Studies. 1986., Vol. 1., pp. 65–75.

21. Горелова Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем. Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 3. С. 239–250.

22. Orouskhani, M., Orouskhani, Y., Mansouri, M., Teshnehlab, M. A novel cat swarm optimization algorithm for unconstrained optimization problems, International Journal "Imformation Technology and Computer Science", 2013, Vol. 11, pp. 32 − 41.

23. 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.

24. 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.

25. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М., Емельянов В. В. Теория и практика эволюционного моделирования. М.: Физматлит, 2003. –432 с.

26. Гороховатський В., Стяглик Н.., Царевська, В. Комбінаційний метод прискореного метричного пошуку даних у задачах класифікації зображень. Сучасні інформаційні системи. 2021. Том 5, № 3, с. 5–12. https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01.

27. 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.

28. Meleshko, Y., Drieiev, O., Drieieva, H. Метод ідентифікації профілів ботів на основі нейронних мереж у рекомендаційних системах. Сучасні інформаційні системи, Том 4, № 2, с. 24–28. https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05.

29. 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.

30. 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.

31. Raskin, L., & Sira, O. (2016). Method of solving fuzzy problems of mathematical programming. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(4 (83), 23–28. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81292

32. Lytvyn, V., Vysotska, V., Pukach, P., Brodyak, O., & Ugryn, D. Development of a method for determining the keywords in the slavic language texts based on the technology of web mining. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017, Vol. 2, No. 2 (86), pp. 14–23. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98750

33. Stepanenko, A., Oliinyk, A., Deineha, L., & Zaiko, T. (2018). Development of the method for decomposition of superpositions of unknown pulsed signals using the second-order adaptive spectral analysis. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2018, Vol. 2, No.9 (92), pp. 48–54. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126578.

34. Gorbenko, I., & Ponomar, V. Examining a possibility to use and the benefits of post-quantum algorithms dependent on the conditions of their application. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017. Vol. 2, No. 9 (86), pp. 21–32. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96321.

35. Lovska A. A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. Metallurgical and Mining Industry. 2015. №1. pp. 49 – 54.

36. Lovska Alyona, Fomin Oleksij. A new fastener to ensure the reliability of a passenger coach car body on a railway ferry. Acta Polytechnica. 2020. Vol. 60. Issue 6. pp. 478 – 485.

37. 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.

38. 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.

39. 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.

40. 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.

41. 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.

42. 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.

43. 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.

44. 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.

45. 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.

46. 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.

47. 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 .

48. 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.

49. 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.

50. 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/.

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

MODERNÍ ASPEKTY VĚDY

Svazek XXXI mezinárodní kolektivní monografie

Podepsáno k tisku 11. Smět 2023
Formát 60x90/8. Ofsetový papír a tisk
Headset Times New Roman.
Mysl. tisk. oblouk. 8.2. Náklad 100 kopií.