

## РЕФЕРАТ

роботи на здобуття щорічної премії

Президента України для молодих вчених:

### «СИНТЕЗ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА»

**Актуальність теми дослідження.** Системний аналіз, як методологія вирішення значних проблем, заснована на концепції систем, в останні десятиліття зайняв провідне місце в технологіях аналізу даних. Цьому сприяла також і поява в останні роки цілої низки видань з основ системного аналізу, серед яких можна виділити фундаментальну працю.

Разом з тим, існуючі роботи, в певній мірі, «страждають» відсутністю розгляду більш широкого спектру додатків системного аналізу для забезпечення сталого розвитку суспільства.

Ця обставина і обумовила необхідність досліджень, в яких запропоновано інноваційні технології обробки та аналізу даних та експертних знань в технічних, економічних, соціальних, екологічних системах.

**Мета досліджень** полягає в здійсненні науково-прикладного дослідження щодо синтезу методів, математичних моделей та інформаційних технологій аналізу сценаріїв для інтелектуальної підтримки механізмів управління сталим розвитком суспільства.

Відповідно до мети визначено наступні **задачі дослідження:**

1. Комплексне дослідження проблематики та теоретико-методологічні аспекти теорії систем та системного аналізу; основних проблем побудови та аналізу сценаріїв прийняття рішень при розв'язку прикладних задач.

2. Розробка методів структуризації та інтелектуального аналізу даних умовах неоднорідності, неповноти, неточності вихідної інформації.

3. Розробка методів та математичних моделей синтезу індивідуальних та групових рішень в умовах невизначеності, багатокритеріальності та ризику.

4. Розробка комплексу інноваційних інформаційних технологій (ІТ) та оригінальних методик побудови та аналізу сценаріїв при вирішенні задач логістики, моніторингу екологічного середовища, оборонного будівництва, оцінювання та управління сталим розвитком суспільства, дослідження складних фізичних систем.

5. Розробка функціональної структури та програмних модулів реалізації інформаційно-аналітичної системи реалізації запропонованих моделей, методів та інформаційних технологій аналізу сценаріїв при розв'язку ряду прикладних задач.

**Об'єкт наукової роботи** – сукупність аналітичних даних та експертних оцінок, що потребують структуризації при плануванні та підготовці процесів прийняття рішень на всіх рівнях управління сталим розвитком.

**Предмет наукової роботи** – моделі та методи аналізу даних та управління експертними знання, інформаційні технології інтелектуальної підтримки прийняття оперативних та оптимальних рішень при формуванні та реалізації політики сталого (збалансованого) розвитку суспільства, що формуються в умовах специфічних видів незнання та багатокритеріальності.

**Методи дослідження:** методи системного аналізу, теорія прийняття рішень, теорія множин, теорія свідочств, теорія правдоподібних та парадоксальних міркувань, теорія нечітких множин та нечітких відношень, робастні процедури статистичного оцінювання.

**Наукова новизна здобутих результатів** полягає в тому, що:

*Вперше* запропоновано метод ідентифікації аномальних спостережень на основі комплексного використання методів робастної статистики, що дозволив скоротити час пошуку аномальних спостережень (похибок) на 10–12%;

*Вдосконалено:* методику синтезу інформаційної технології аналізу вимірювальних даних екологічного моніторингу навколишнього середовища, за рахунок використання математичного апарату непараметричної статистики. Такий підхід дозволив формалізувати процедуру визначення рівнів усічення вихідної сукупності аналізованих даних, формуючи області молодших та старших порядкових статистик, що містять аномальні значення; методику синтезу інформаційної технології вибору категорії технічного стану об'єктів військово-цивільного призначення, та ранжування об'єктів в рамках визначеної категорії технічного стану за ступенем їх небезпеки (очікуваного збитку при виникненні аварійної ситуації). Синтез групових рішень здійснюється на основі математичного апарату теорії свідочств та теорії правдоподібних та парадоксальних міркувань. Використання математичного апарату теорії свідочств дозволяє моделювати невизначеність в судженнях експертів або осіб, які приймають рішення (знята суворя вимога «однозначного» переваги однієї альтернативи перед іншою). Використання правил пропорційного перерозподілу конфліктів для агрегування групових експертних оцінок дозволяє обробляти суперечливі, конфліктні експертні свідочства. Застосування запропонованої методики дозволить раціонально розподіляти наявні ресурси при плануванні запобіжних заходів і проведення ремонтних робіт з метою підвищення ефективності безаварійної експлуатації об'єктів військово-цивільного призначення.

*Дістали подальшого розвитку* прикладні основи синтезу вирішення задачі вибору транспортного засобу при організації мультимодальних перевезень, оцінювання та управління сталим розвитком суспільства; моделі та методи синтезу індивідуальних та групових рішень в умовах невизначеності, багатокритеріальності та ризику.

Дослідження виконуються в рамках науково-дослідних розробок, що фінансуються за кошти державного бюджету, в яких автор є керівником і співкерівником: «Розробка інформаційно-аналітичної системи військово-цивільного застосування як чинника захисту інформації в умовах

багатокритеріальності, невизначеності та ризику» (номер державної реєстрації №0120U101222); «Науково-практичне обґрунтування та визначення стенобіонтного підходу щодо забезпечення національної екологічної безпеки водних екосистем України» (номер державної реєстрації №0120U101959).

За результатами наукової роботи «Синтез інноваційних технологій обробки та аналізу даних для забезпечення сталого розвитку суспільства» опубліковано **57 публікацій**, зокрема 5 розділів у монографіях (4 з них видані закордоном), **22 статті** у міжнародних та вітчизняних журналах, **1 патент** України на корисну модель та **1 авторське свідоцтво** на комп'ютерну програму. Отримані результати доповідалися на 22 наукових конференціях різного рівня за якими було опубліковано 28 тез доповідей. Згідно з базою даних Scopus загальний індекс цитування публікацій автора, що представлені у роботі, складає **81**, ***h-індекс*** = 7, згідно бази даних Google Scholar загальна кількість посилань – складає **130**, ***h-індекс*** (за роботою) = 7, згідно бази даних Web of Science загальна кількість посилань – складає **19**, ***h-індекс*** (за роботою) = 3.

#### **Методологія оцінювання сталого розвитку.**

Як об'єкти для дослідження процесів сталого розвитку Південного регіону України було обрано чотири міста, а саме: Одеса, Миколаїв, Херсон і Запоріжжя.

Цей вибір обґрунтований тим, що дані міста є обласними центрами, тому інформація, зібрана по ним, в достатній мірі, відображає процеси сталого розвитку.

Для отримання даних за наведеними вище показниками сталого розвитку (індексами і індикаторами) була використана статистична інформація, отримана з офіційних джерел, таких як дані Держкомстату, звітів міських та обласних рад, інших документів звітного характеру.

Для формування простору критичних індикаторів для Миколаєва виділено наступні:

1. Економічний вимір: «Валовий національний продукт», «Промислова сфера», «Ефективність ринку праці», «Збалансованість бюджету», «Інвестиційні можливості»;

2. Соціальний вимір: «Санітарно-медичне забезпечення», «Добробут населення», «Рівень освіти», «Відпочинок і культура людей»;

3. Екологічний вимір: «Навантаження на водні ресурси», «Освіта і використання відходів».

Для формування простору критичних індикаторів для Одеси виділено наступні:

1. Економічний вимір: «Можливості ринку праці»;

2. Соціальний вимір: «Стан здоров'я населення»;

3. Екологічний вимір: «Навантаження на водні ресурси».

Для формування простору критичних індикаторів для Херсона виділено наступні:

1. Економічний вимір: всі індикатори, крім «Промислова сфера»;

2. Соціальний вимір: всі індикатори, крім «Стан здоров'я населення».

Для формування простору критичних індикаторів для Запоріжжя виділено наступні:

1. Економічний вимір: «Промислова сфера», «Можливості ринку праці»;

2. Соціальний вимір: «Добробут населення», «Науковий потенціал»;

3. Екологічний вимір: «Навантаження на водні ресурси», «Освіта і використання відходів».

Як видно, результат визначення критичних показників для міст також свідчить про те, що місто Одеса посідає перше місце за рівнем сталого розвитку серед досліджуваних міст, оскільки в даному місті виявлено найменшу кількість критичних показників.

**Системний підхід до вибору транспортних засобів для мультимодальних перевезень вантажів**

Мультимодальні перевезення, засновані на використанні різних видів транспорту для переміщення товарів в просторі і часі, займають важливе місце в транспортній логістиці. Для вирішення задачі бачиться перспективним застосування моделі BOCR: В – *Benefits* (Вигоди), О – *Opportunities* (Можливості), С – *Costs* (Витрати), R – *Risks* (Ризики), заснований на методі аналізу ієрархій Т. Сааті.

Кожен з чотирьох зазначених аспектів може бути представлений окремою ієрархічною структурою і проаналізований з використанням методу аналізу ієрархій (MAI).

В кінцевому підсумку, для кожної з розглянутої альтернативи підраховується відношення виду:

$$BOCR = \frac{\text{Вигоди} \times \text{Можливості}}{\text{Витрати} \times \text{Ризики}},$$

За величиною даного відношення проводиться остаточний вибір альтернативи або може бути отримано їх ранжування. Застосування MAI супроводжується виконанням наступних процедур: для кожного аспекту формуються матриці попарних порівнянь [В] між критеріями [К] і між альтернативами [А] щодо кожного з критеріїв з використанням фундаментальної шкали; визначаються значення власного вектора (С) цієї матриці з подальшим їх нормуванням і визначенням ваг вектора пріоритетів. У формалізованому вигляді дану процедуру можна представити так:

$$\begin{aligned}
 [B] = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{21} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix} &\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sqrt[n]{b_{11} \cdot b_{12} \cdot \dots \cdot b_{1n}} \\ \sqrt[n]{b_{21} \cdot b_{22} \cdot \dots \cdot b_{2n}} \\ \dots \\ \sqrt[n]{b_{n1} \cdot b_{n2} \cdot \dots \cdot b_{nn}} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{array} \right\} \rightarrow \\
 \rightarrow (c_1 + c_2 + \dots + c_n) = C &\rightarrow \left\{ \frac{c_1}{C} = \omega_1; \frac{c_2}{C} = \omega_2; \dots; \frac{c_n}{C} = \omega_n \right\} \rightarrow \\
 \rightarrow (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n). &
 \end{aligned}$$

Далі виконується перевірка узгодженості елементів матриці [В] за допомогою підрахунку відношення узгодженості (ВУ). ВУ = ІУ/ВІ, де ІУ=( $\lambda_{\max}$  -n)/(n-1) – індекс узгодженості;  $\lambda_{\max}$  – максимальне власне число; n –

число порівнюваних елементів матриці [B]; ВІ – випадковий індекс [13]. В кінцевому підсумку ВУ не має перевищувати 10%.

### **Методика синтезу інформаційної технології аналізу результатів вимірювань**

Припустимо, задана сукупність вимірюваних за деяким параметром значень  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Задача полягає у виявленні та виключенні з подальшого аналізу сумнівних результатів вимірювань (грубих промахів вимірювань; аномальних значень; значень, що різко виділяються).

Запропоновано етапи методики виявлення та виключення аномальних значень:

1. Формування рівнів усічення варіаційного ряду  $X^*$  виду  $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(i)} \leq \dots \leq x_{(n)}$ , сформованого на основі сукупності вимірювальних даних  $X$ .

2. Перевірка граничних елементів  $x_{(g)}$ ,  $x_{(n-g+1)}$ ,  $g = [\alpha n]$  (симетричне усічення) або  $x_{(g_1)}$ ,  $x_{(n-g_2+1)}$ ,  $g_1 = [\alpha_L n]$ ,  $g_2 = [\alpha_U n]$  (не симетричне усічення) варіаційного ряду  $X^*$  на аномальність.

3. Виключення аномальних спостережень.

### **Методика синтезу інформаційної технології аналізу технічного стану та вибору об'єктів реконструкції військово-цивільного призначення**

В роботі запропонована методика вибору категорії технічного стану (ТС) будівельних конструкцій і споруд, і вибору будівельних об'єктів (будівель, споруд) для проведення робіт по їх реконструкції, капітального ремонту, в рамках заданої категорії ТС, або для всіх категорій ТС. Розглянуто етапи проведення запропонованої методики:

1. Встановлення категорії технічного стану (КТС) об'єктів реконструкції.

2. Класифікація проєктів реконструкції методами теорії грубих множин.

### 3. Ранжування об'єктів в межах заданої КТС

#### **Розробка програмного забезпечення функціональної структури автоматизованої системи підтримки експертиз**

Для автоматизації процесу аналізу групових експертних оцінок була запропонована система підтримки прийняття рішень, що дозволяє вирішувати в режимі діалогу слабо структуровані завдання, для яких характерна неповнота, неоднорідність і неточність вхідних та н них, недостатність наявних стандартних процедур їх вирішення, неповна ясність цілей і обмежень.

Основною метою СППР є синтез підсумкового рішення, яка відбувається в результаті ітераційного процесу, в якому приймає участь::

- система підтримки прийняття рішень в ролі обчислювальної ланки і об'єкта управління;
- людина як керуюча ланка, що задає вхідні дані і оцінює отриманий результат в ході проведених розрахунків .

Розроблена СППР призначена вирішити поставлену багатокритеріальну (багатоальтернативну) задачу аналізу експертних оцінок в ситуації неоднорідності і невизначеності (неточності, нечіткості) експертної інформації, а також дослідити вплив зазначених НЕ-факторів на процес прийняття рішень і вироблення колективної думки.

#### **Висновки.**

У результаті виконання роботи було отримано наступні практичні результати:

1. на основі проведеного дослідження процесів сталого розвитку міст південного регіону України, сформовано простір критичних індикаторів;
2. запропоновано методикау обробки та аналізу даних для забезпечення сталого розвитку суспільства;
3. запропоновано методикау вибору транспортних засобів для мультимодальних перевезень вантажів



4. запропоновано методику аналізу вимірювальних даних в складних фізичних системах;

5. розроблено функціональну структуру та комплекс пакетів прикладних програм реалізації інформаційно-аналітичної системи реалізації запропонованих моделей, методів та інформаційних технологій аналізу сценаріїв при розв'язку ряду прикладних задач.

В. о. завідувача кафедри інженерії  
програмного забезпечення  
Чорноморського національного  
університету імені Петра Могили  
канд. техн. наук, доцент

Є. О. Давиденко