ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
імені ПЕТРА МОГИЛИ

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

**ДАВИДЕНКО Євген Олександрович**
**канд. техн. наук, доцент**

# Актуальність теми

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 інтелектуальної підтримки механізмів управління сталим розвитком 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, задачі досліджень

**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 управляння 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, предмет, методи

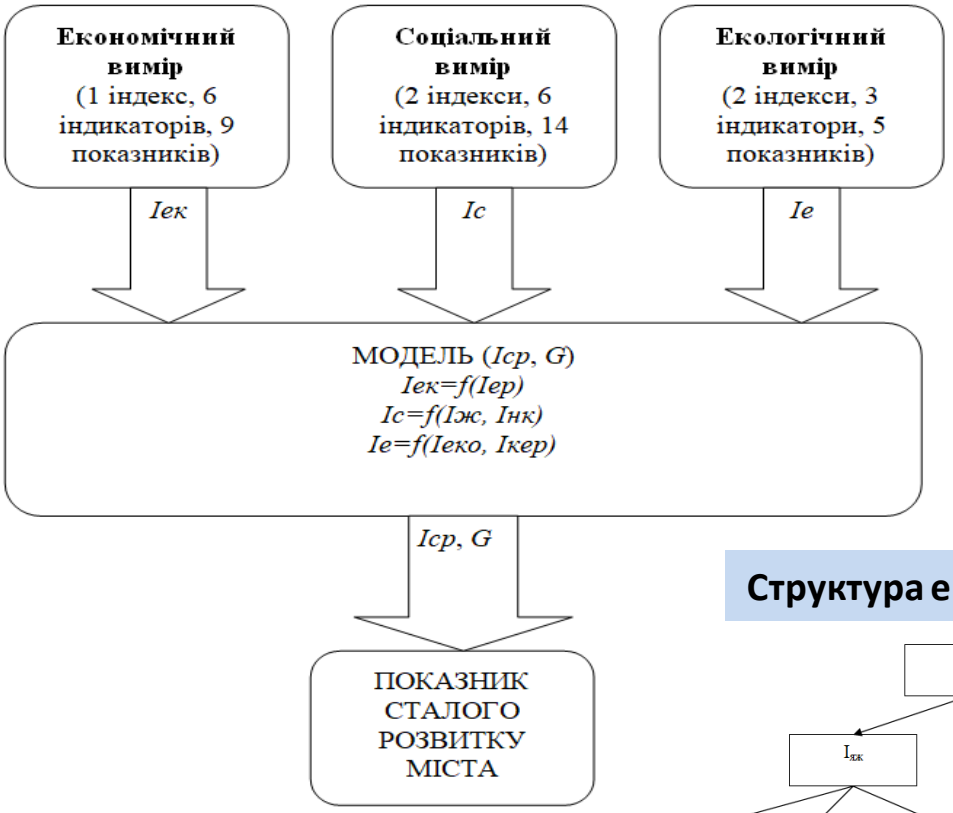
**Об’єкт наукової роботи** – сукупність аналітичних даних та експертних оцінок, що потребують структуризації при плануванні та підготовці процесів прийняття рішень на всіх рівнях управління сталим розвитком.

**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.

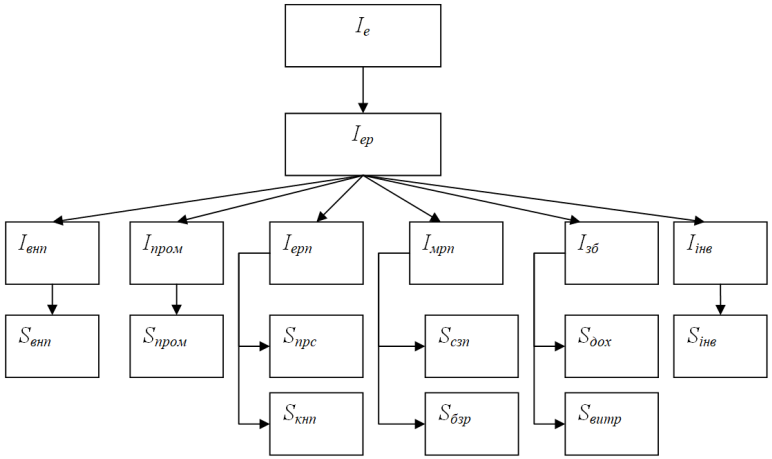
**Методи дослідження:** методи системного аналізу, теорія прийняття рішень, теорія множин, теорія свідоцтв, теорія правдоподібних та парадоксальних міркувань, теорія нечітких множин та нечітких відношень, робастні процедури статистичного оцінювання.

# Ступінь гармонізації сталого розвитку

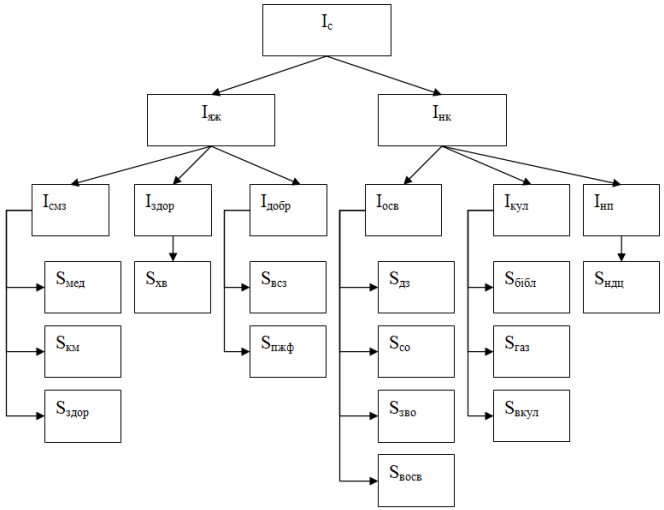
## Математична модель



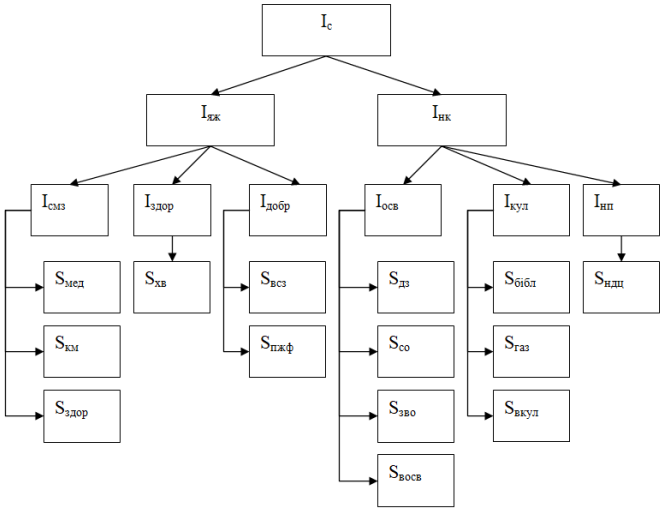

## Структура економічного виміру




## Структура екологічного виміру



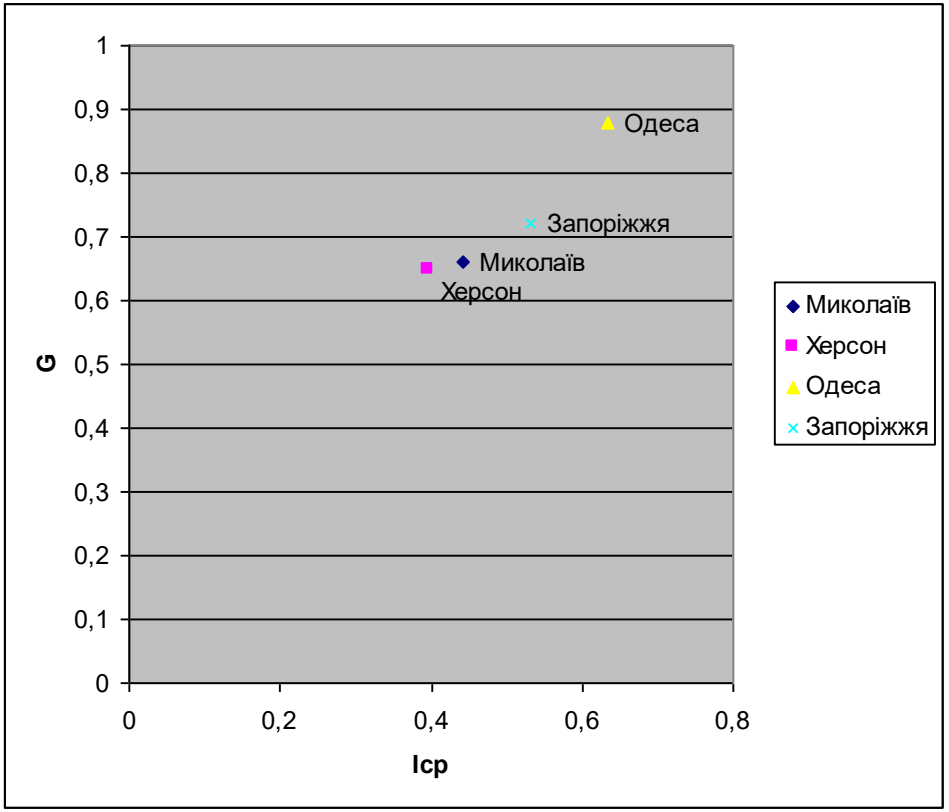

## Структура соціального виміру



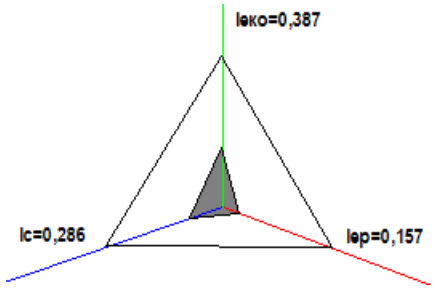
# Індекс сталого розвитку міст південного регіону

Рейтинг міст відповідно до індексу сталого розвитку (*Icp*) і рівнем його гармонізації (*G*)

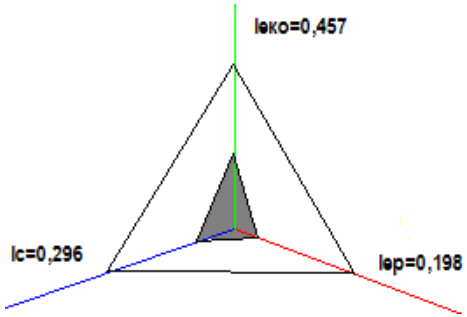
| Місто | Ie | Ic | Iек | Icp | G | Рейтинг за Icp | Рейтинг за G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Одеса | 0,528 | 0,715 | 0,644 | 0,634 | 0,878 | 1 | 1 |
| Запоріжжя | 0,390 | 0,442 | 0,709 | 0,532 | 0,722 | 2 | 2 |
| Херсон | 0,157 | 0,286 | 0,387 | 0,396 | 0,648 | 4 | 4 |
| Миколаїв | 0,198 | 0,296 | 0,457 | 0,443 | 0,662 | 3 | 3 |



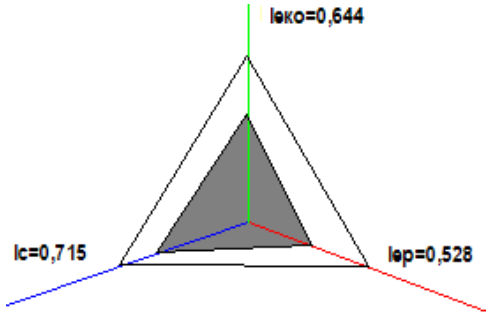

Покомпонентний профіль Херсона



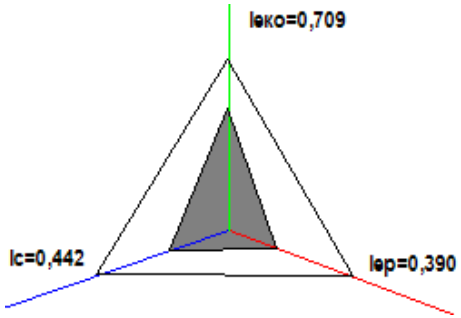

Покомпонентний профіль Миколаєва




Покомпонентний профіль Одеси




Покомпонентний профіль Запоріжжя



# Методика синтезу інформаційної технології аналізу технічного стану будівлі. Етап 1

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

Припустимо задана множина аналізованих об'єктів реконструкції $\mathrm{A}=\{A_i \mid i=\overline{1,n}\}$, множина КТС $\mathrm{K}=\{K_l \mid l=\overline{1,z}\}$ та група експертів $\mathrm{E}=\{E_j \mid j=\overline{1,t}\}$.

Необхідно встановити КТС для $\forall A_i \in \mathrm{A}, i=\overline{1,n}:(A_i,K_l),\ l=\overline{1,s}$. Пара $(A_i,K_l)$ встановлює приналежність $A_i$ до $K_l$.

Групою експертів Е формується множина $\mathrm{H}=\{\gamma_j \mid j=\overline{1,t}\}$, що відображає профілі експертних переваг виду $\gamma_j =< X_j^{(i)}, B_j^{(i)} >$, $i=\overline{1,n}$:

1. $X_j^{(i)}=\{Y_k \mid k=\overline{1,d}\}$, $d \le 2^{|\mathrm{K}|}$ відображає переваги (вибір) $E_j \in \mathrm{E}$ відносно встановленої категорії (категорій) ТС для об'єкта $A_i \in \mathrm{A}$.

2. $Y_k=\{K_l \mid l=\overline{1,s}\}$, $1 \le s \le z$, $Y_k \subseteq \mathrm{K}$ містить встановлені $E_j \in \mathrm{E}$ категорії (групи категорій) ТС $K_l \in \mathrm{K}$ для об'єкта $A_i \in \mathrm{A}$ та відповідає системі правил.

3. Кожній $X_j^{(i)}$ відповідає вектор $\mathrm{B}_j^{(i)}=\{b_k \mid k=\overline{1,d}\}$, що містить чисельні значення ступеню переваги $b_k$ виду $Y_k \succeq \mathrm{K}$, $Y_k \subseteq X_j^{(i)}$, задані $E_j$ для кожного $A_i \in \mathrm{A}$.

Таким чином, $\forall A_i \in \mathrm{A}$ буде отримано кортеж $\alpha_i =< \mathrm{X}^{(i)}, \mathrm{B}^{(i)} >$, де $\mathrm{X}^{(i)}=\{X_j^{(i)} \mid j=\overline{1,t}\}$ – система підмножин, що відображає вибір всіх експертів відносно КТС $A_i \in \mathrm{A}$; $\mathrm{B}^{(i)}=\{B_j^{(i)} \mid j=\overline{1,t}\}$ – містить чисельні значення ступеню переваги для кожного $X_j^{(i)} \in \mathrm{X}^{(i)}$.

За результатами процедури агрегування $X_{j1}^{(i)}$ та $X_{j2}^{(i)}$, $\forall(j1,j2)=\overline{1,t}$ для кожної $A_i$, $i=\overline{1,n}$, може бути побудоване групове ранжування КТС:

$$\mathrm{RA}^{(i)}:\{K_1^{(i)} \succ K_2^{(i)} \succ \ldots \succ K_i^{(i)} \succ \ldots \succ K_l^{(i)}\}.$$

Далі $\forall A_i \in \mathrm{A}$ обирається КТС, що задовольняє умові: max($m_{comb}(K_l)$).

# Методика синтезу інформаційної технології аналізу технічного стану будівлі. Етап 2

**Класифікація проєктів реконструкції методами теорії грубих множин (ТГМ)**

Припустимо задана таблиця рішень $T = (A, At \cup \{a_d\})$, де $\mathrm{A} = \{A_i \mid i = \overline{1,n}\}$ – множина об'єктів реконструкції; $At = \{a_r \mid r = \overline{1,q}\}$ – не порожня скінчена множина примітивних атрибутів (кількісних та якісних показників технічного та експлуатаційного стану $A_i$, його окремих конструкцій); $\{a_d\}$ – атрибут-рішення, що містить номер / ім'я / мітку КТС ТС $K_l \in \mathrm{K}$, до якої було віднесено $A_i \in \mathrm{A}$.

Таблиця 1 – Фрагмент таблиці рішень Т

| $A_i$ | $a_r^i$ | | | | $K_l$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | $a_1^i$ | $a_2^i$ | ... | $a_q^i$ | |
| $A_s$ | $b$ | $c$ | ... | $d$ | $K_t$ |
| $A_p$ | $b$ | $c$ | ... | $d$ | $K_e$ |

Необхідно встановити однозначну приналежність $A_i \in \mathrm{A}$ до деякої КТС $K_l \in \mathrm{K}$: $A_i(a_1^i, ..., a_q^i) \to K_l$:

$$\exists (A_s, A_p) \in \mathrm{A}: \begin{cases} \forall \mathrm{r} = \overline{1,q} : a_r^s \equiv a_r^p; \\ (A_s \to K_t) \wedge (A_p \to K_e). \end{cases}$$

За результатами процедури синтезу системи вирішуючи правил, $\forall K_l$ було встановлено множину об'єктів $A_i \in \mathrm{A}$, які їй відповідають: $O_l = \{A_i^{(l)} \mid i = \overline{1,z}\}$, $z \le n$.

# Методика синтезу інформаційної технології аналізу технічного стану будівлі. Етап 3

**Ранжування об’єктів в межах заданої КТС**

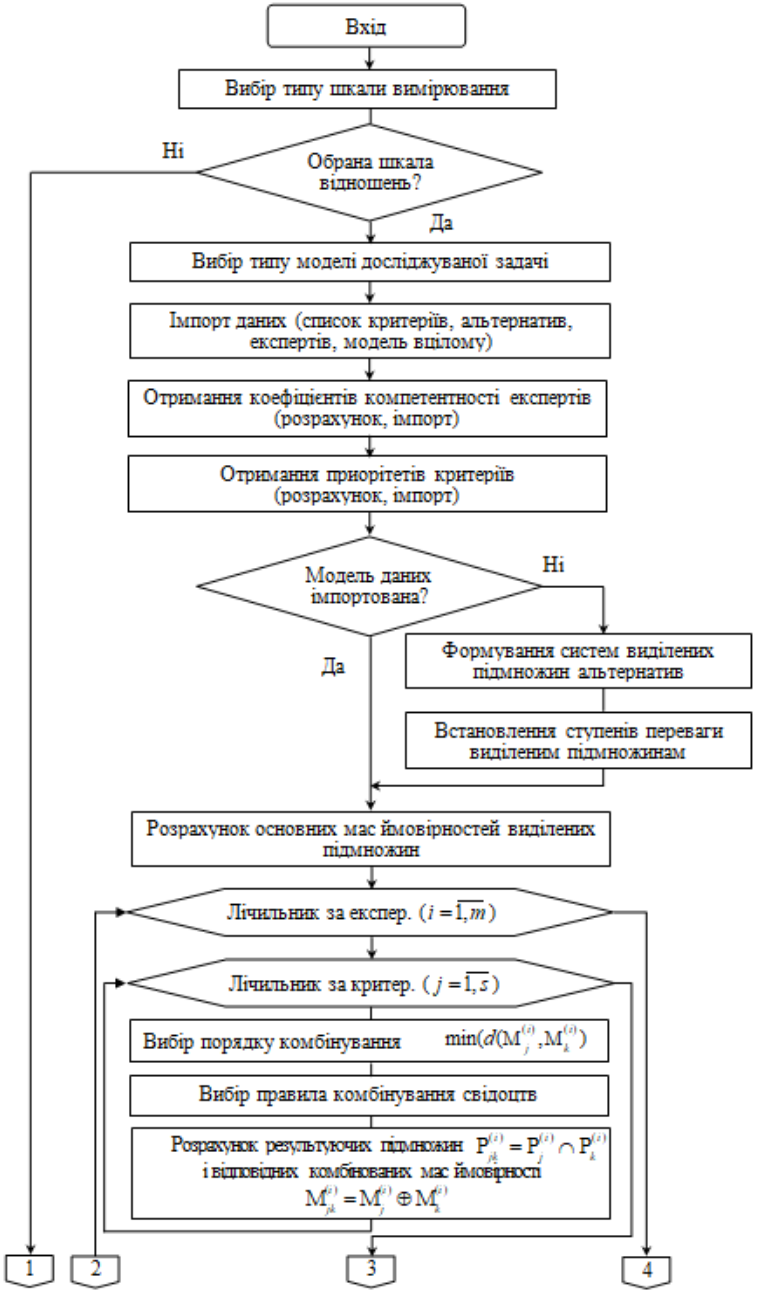
Необхідно побудувати ранжування $A_i^{(l)}$ в рамках визначеної КТС $K_l$ по ступенем їх небезпеки (очікуваного збитку при виникненні аварійної ситуації) та необхідності проведення ремонтних робіт.

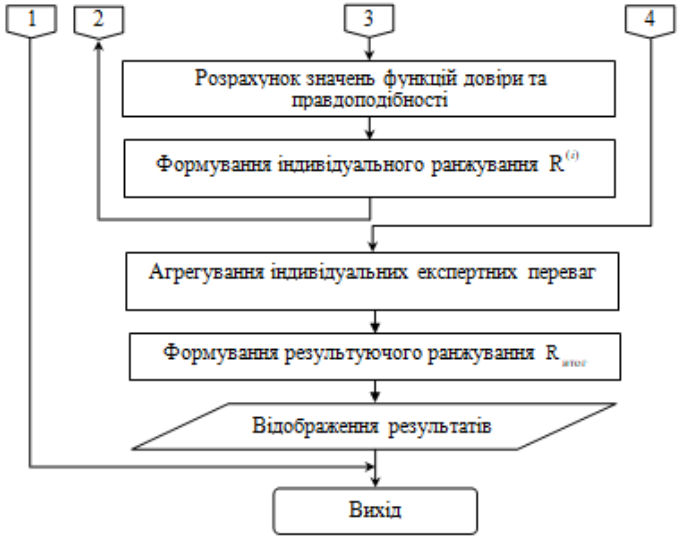
Групою експертів Е було сформована множина $\mathrm{H} = \{\gamma_j \mid j = \overline{1,t}\}$, що відображає профілі експертних переваг виду $\gamma_j = < \mathrm{P}_j^{(l)}, \Omega_j^{(l)} >$, $i = \overline{1,n}$:

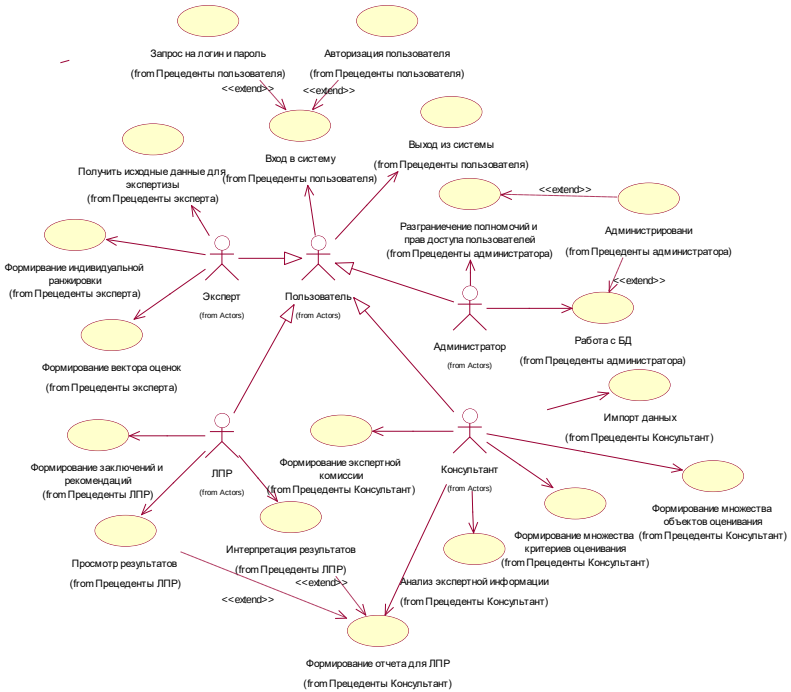
1. $\mathrm{P}_j^{(l)} = \{U_i^{(l)} \mid i = \overline{1,f}\}$, $f \le 2^{|O_l|}$, $U_i^{(l)} \subseteq O_l$ відповідає системі умов (16) і відображає вибір $E_j$ відносно ступеню зношеності та необхідності проведення ремонтних робіт для об’єкта $A_i^{(l)}$ (за умови, що $|U_i^{(l)}| = 1$), або групи об’єктів $\{A_i^{(l1)}, \ldots, A_i^{(l2)}\}$ (за умови, що $|U_i^{(l)}| > 1$), в рамках заданої КТС $K_l$.
2. Кожній $U_j^{(i)}$ відповідає вектор $\Omega_j^{(l)} = \{\omega_i^{(l)} \mid i = \overline{1,f}\}$, елементи якого відповідають (1.3).

За результатами процедури агрегування $\mathrm{P}_j^{(l)}$, $(j = \overline{1,t})$ для заданої $K_l$ для $\forall E_j$ буде сформована множина $R_{rez} = \{RK_l \mid l = \overline{1,s}\}$, елементами якої є групові ранжування аналізованих $A_i \in \mathrm{A}$ для кожної КТС $K_l$: $RK_l : \{A_1^{(l)} \succ A_2^{(l)} \succ \ldots \succ A_i^{(l)} \succ \ldots \succ A_z^{l)}\}$, або $RK_l : \{A_1^{(l)} \succ A_2^{(l)} \sim A_3^{(l)} \ldots \succ A_i^{(l)} \succ \ldots \succ A_z^{l)}\}$.

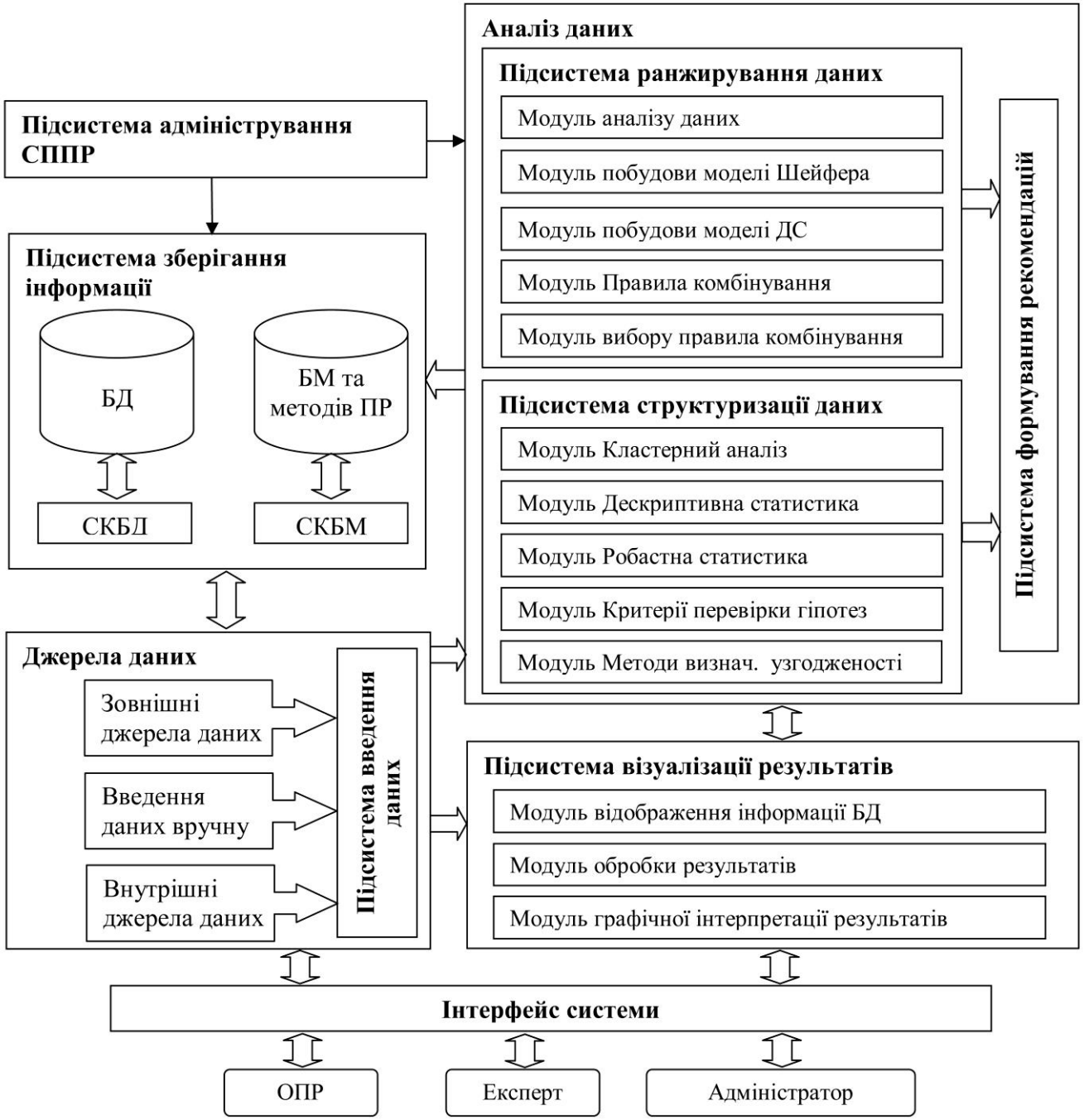
# Узагальнений алгоритм роботи підсистеми ранжування

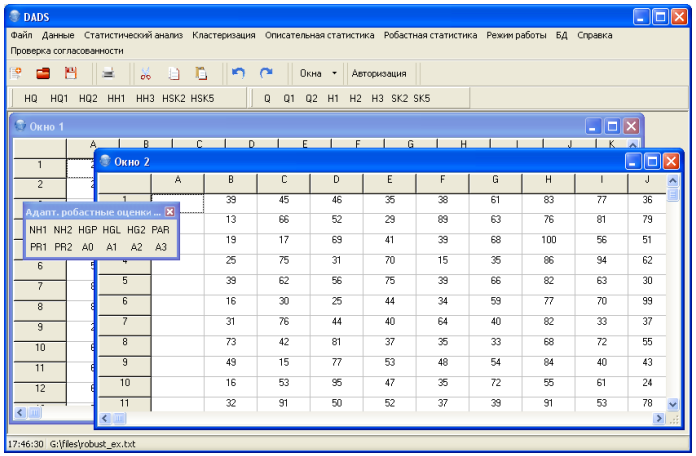


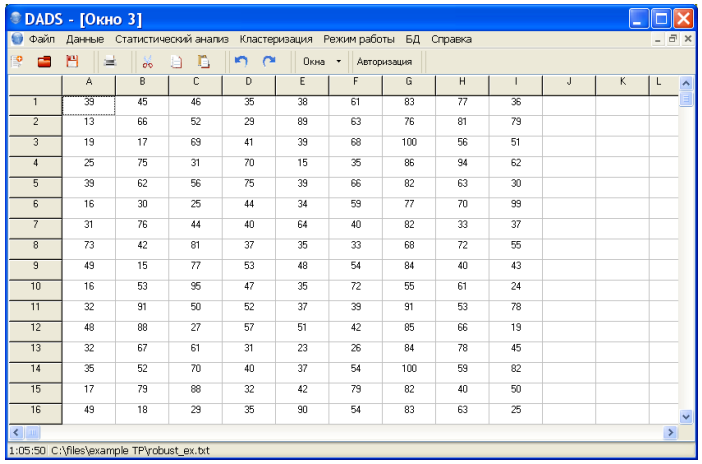



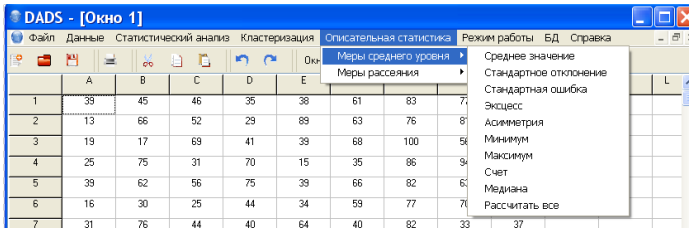



# Автоматизованої системи підтримки експертиз

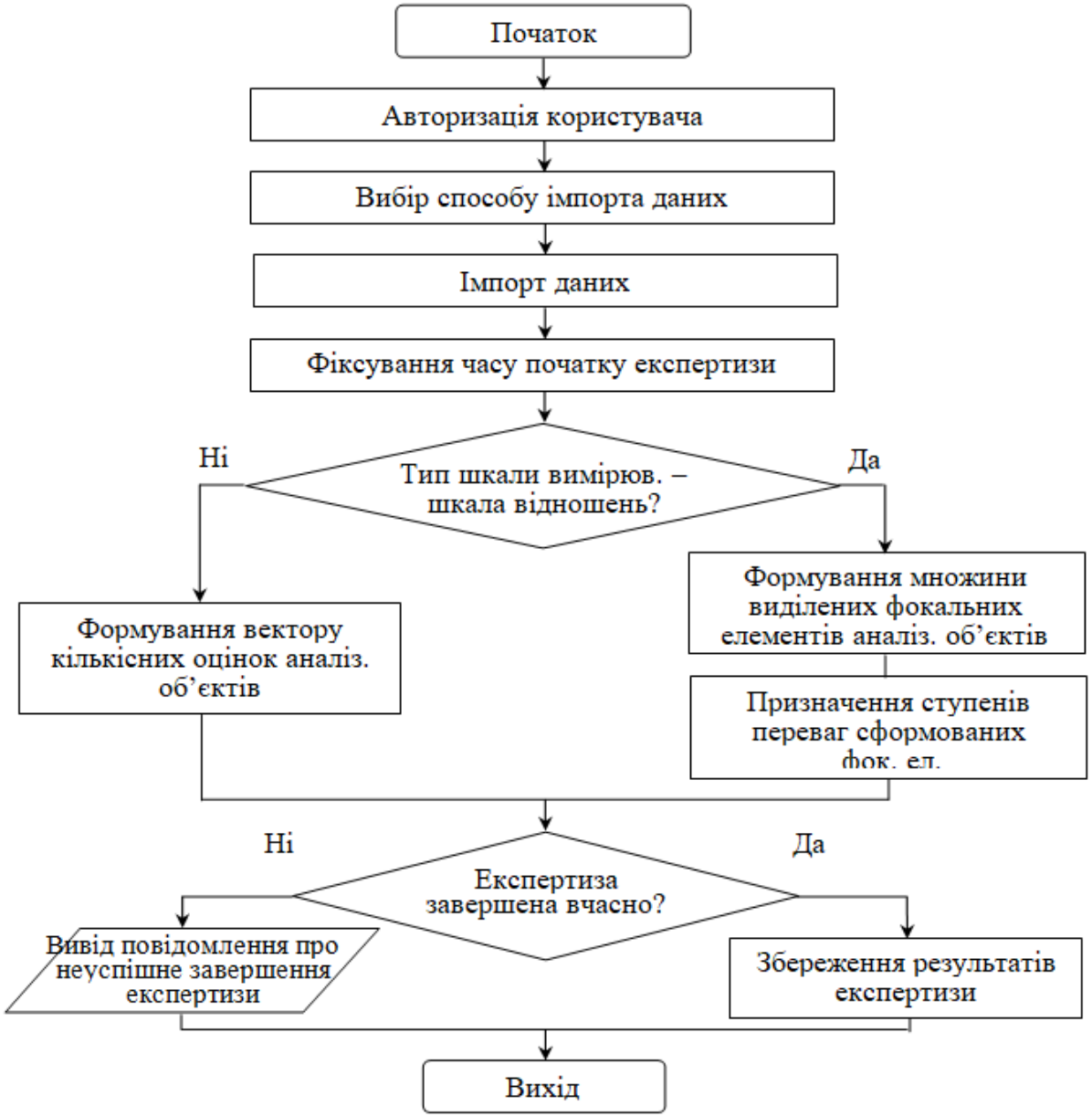


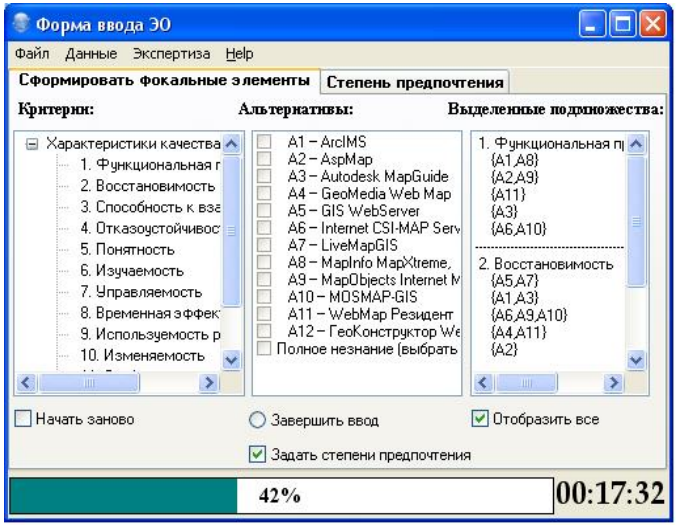



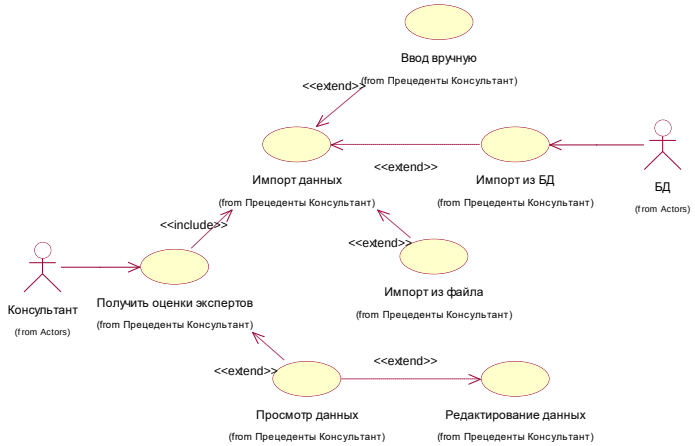



# Автоматизована система підтримки експертиз



# Наукова новизна

***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 свідоцтв та теорії правдоподібних та парадоксальних міркувань. Використання математичного апарату теорії свідоцтв дозволяє моделювати невизначеність в судженнях експертів або осіб, які приймають рішення (знята сувора вимога «однозначного» переваги однієї альтернативи перед іншою). Використання правил пропорційного перерозподілу конфліктів для агрегування групових експертних оцінок дозволяє обробляти суперечливі, конфліктні експертні свідоцтва. 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 організацій мультимодальних перевезень, оцінювання та управляння сталим розвитком суспільства; моделі та методи синтезу індивідуальних та групових рішень в умовах невизначеності, багатокритеріальності та ризику.

# Публікації та апробації

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***.

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).