

УДК: 004.043:519.722

Козуля Т. В.<sup>1</sup>, Білова М. О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, професор, професор кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики Харківського національного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

<sup>2</sup>Аспірант, асистент кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики Харківського національного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

## ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА МЕТОДІВ З КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

**Актуальність.** Формування інформаційно-методичного і алгоритмічно-програмного забезпечення з оцінки рівня сталого розвитку еколого-соціально-економічних систем різного рівня складності потребує становлення комплексного системного підходу щодо вирішення проблемних науково-практичних задач.

**Мета.** Формування методичного та інформаційно-програмного забезпечення оцінки відповідності стану і функціональності системного об'єкта вимогам екологічної якості з позицій сталого розвитку, що становить його безпечність для навколишнього природного середовища.

**Методи** з оцінки якості системних об'єктів різного рівня складності сформовані в комплексну аналітичну систему для послідовного розв'язання задач обробки та оцінки моніторингових даних: головних компонент, компараторної ідентифікації та когнітивного моделювання.

**Результати.** Надано аналіз системних методів з формування комплексного інформаційно-методичного забезпечення оцінки стану еколого-соціально-економічних систем для автоматизації управління їх безпекою. Обґрунтовано доцільність створення алгоритмічно-програмного комплексу оцінки якості системних утворень, що складаються з об'єкта дослідження і його навколишнього середовища, для визначення об'єктивно зваженого управлінського рішення. Сформовано аналітичну систему методів, послідовне використання яких забезпечує оцінювання рівня безпеки системного об'єкта за результатами дослідження «(система – навколишнє середовище) – процес – рівноважний стан системи». Алгоритмічне забезпечення оцінки якості системних об'єктів і створений для цього програмний продукт на практиці апробовано при вирішенні завдань екологічної безпеки районів і підприємств Харківської області. Визначено перспективи управлінської діяльності за результатами оцінки стану підприємств Харківської області.

**Висновки.** Наукова новизна полягає у формуванні комплексної методичної інформаційно-програмної підтримки оцінки екологічності та безпеки системних об'єктів еколого-соціально-економічного змісту, введення в методичну основу системного аналізу об'єктів послідовності оцінювання «стан (система – навколишнє середовище) – процес (взаємодія, внутрішнє регулювання, самоорганізація) – стан системи». Практична значущість полягає у розробці інформаційно-методичного та алгоритмічного забезпечення з комплексної оцінки рівня екологічної безпеки складних еколого-соціально-економічних об'єктів; інформаційно-програмного комплексу розв'язання задач оцінки стану рівня безпеки складних об'єктів, невідповідності аналізованих параметрів вимогам збалансованого сталого розвитку систем різного рівня дослідження.

**Ключові слова:** складна система, оцінка якості, інформаційно-методичне забезпечення, алгоритмічне забезпечення, програмний продукт.

### НОМЕНКЛАТУРА

КК – когнітивна карта;  
НПС – навколишнє природне середовище;  
НС – навколишнє середовище;  
СР – сталий розвиток;  
 $C$  – множина концептів когнітивної карти;  
 $E$  – множина дуг причинно-наслідкового зв'язку між  $i$ -м і  $j$ -м концептами когнітивної карти;  
 $G$  – когнітивна карта (знаковий орієнтований граф);  
 $l$  – кількість факторів, що характеризують економічний стан об'єкта  $X_e$ ;  
 $m$  – кількість факторів, що характеризують екологічний стан об'єкта  $X_{ек}$ ;  
 $m_j$  – математичне очікування ознаки  $X_j$ ;  
 $\max r_j$  – максимальне значення  $j$ -го нормованого показника  $X$ ;  
 $\min r_j$  – мінімальне значення  $j$ -го нормованого показника  $X$ ;  
 $p_j(t)$  – імпульсний сигнал у момент часу  $t$  на  $j$ -й концепт;

$q(e_{ij})$  – ваговий коефіцієнт дуги  $e_{ij}$ , що становить зв'язок  $(c_i, c_j)$ ;  
 $S(t)$  – стан об'єкта дослідження в момент часу  $t$ ;  
 $S^*(t)$  – оптимальна траєкторія переходу системи з початкового у рівноважний стан;  
 $S$  – кількість факторів, що характеризують екологічний стан об'єкта  $X_c$ ;  
 $(S_k, t_k)$  – кінцевий стан системи;  
 $U(t)$  – управляючий вплив в момент часу  $t$ ;  
 $U^*(t)$  – програмне управління, яке реалізує  $S^*(t)$ ;  
 $U\{S^*(t), t\}$  – управління, яке компенсує відхилення від  $S^*(t)$ ;  
 $v_i(t)$  – значення  $i$ -го концепту  $c$  в момент часу  $t$ ;  
 $w_{ij}$  – коефіцієнт  $i$ -ї головної компоненти  $j$ -го показника дослідження;  
 $x_{ij}$  – значення  $j$ -го показника  $i$ -го об'єкта дослідження;

$Z_j$  – максимально досяжні показники якості об'єкта дослідження;

$\Delta_{ij}$  – відхилення від норми на одиницю розкиду  $j$ -го показника  $i$ -го об'єкта дослідження.

## ВСТУП

Актуальність теми даного дослідження полягає у необхідності автоматизації вирішення проблемних науково-практичних задач формування інформаційно-методичного і алгоритмічно-програмного забезпечення з оцінки рівня сталого розвитку (СР) еколого-соціально-економічних систем різного рівня складності. Одним із пріоритетних завдань гармонізації стабільного функціонування складних систем є підтримка їх природного екологічного розвитку. Встановлення стійкої рівноваги для системного об'єкта «соціально-економічна система – навколишнє природне середовище (НПС)», що забезпечує необхідний рівень якості екосистем і безпеки для живих організмів і людини, потребує здійснення управлінської діяльності при зверненні до сучасних інформаційних технологій. У теоретичному і практичному плані складність досліджень таких систем визначається відсутністю достатньої бази знань про особливості функціонування об'єктів еколого-соціально-економічної змістовності та процесів природного регулювання їх стану, що ускладнює розробку систем для прийняття зваженого управлінського рішення.

Враховуючи ці проблемні питання, у роботі пропонується алгоритмічно-програмний комплекс послідовної оцінки ступеню безпеки природно-техногенних об'єктів в умовах невизначеності відповідно до аналізу «(система – НС) – процес – стан системи». Об'єктом дослідження є математичні методи і інформаційні системи обробки даних про стан систем різного рівня складності. Предметом дослідження є інформаційно-методичне забезпечення комплексної оцінки якості складних системних об'єктів.

Метою роботи є формування методичного та інформаційно-програмного забезпечення оцінки відповідності стану і функціональності системного об'єкта вимогам екологічної якості, що становить його безпечність для НПС.

## 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Поняття складної системи надає цілісний об'єкт, який складається із різнотипних систем, характеризується ієрархічною їх підпорядкованістю і функціональною залежністю при виконанні цільових задач за певних умов, визначається низкою еколого-соціально-економічних параметрів загальною кількістю  $q$ :  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_q\}$ . У роботі цілісність об'єкта позначається через кооперативні зв'язки різнорідних за функціональним призначенням систем, що дозволяє зберегти їх природні властивості і встановити для них синергетичні умови розвитку.

Традиційно прийнято визначати рівень складності системи за кількістю в ній елементів і різноманітністю зв'язків між ними. У роботі застосовано поняття змістовної складності за еколого-соціально-економічним призначенням відповідно до концепції СР, вимог екологічності та безпечності.

Прийняття управлінського рішення на основі формування комплексного показника якісного стану екологічних і соціально-економічних систем дозволить підтримувати, відтворювати сталий гармонійний розвиток, забезпечувати необхідний рівень біорізноманіття і продуктивності природного середовища. Якість стану складних систем визначається у двох аспектах: екологічність – відповідність вимогам функціональності природного середовища, безпечність – характеристика умов підтримки життєдіяльності екосистем і суспільства. Отже, екологічність як складова якості об'єкта дослідження відповідає у широкому загалі за стан, а безпечність за взаємодію, вплив і зв'язок, реалізований між системами. Відповідно до вище зазначеного, оцінка якості системних об'єктів різного рівня організації потребує комплексного підходу при наявності великої кількості різнорідних показників, що характеризують їх стан.

Таким чином, задача дослідження полягає у розробці універсального інформаційно-методичного забезпечення обробки даних для послідовного аналізу «(система – НС) – процес – стан системи» при зверненні до інтелектуальних технологій з подальшою її автоматизацією у вигляді алгоритмічно-програмного комплексу.

## 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Питання оцінки якості складних систем відповідно до вимог процесу оцінки інформації з екологічної безпеки розглянуті у роботах А. Б. Качинського [1], Г. О. Харламової [2], С. П. Іванюти [3] та ін. З позицій СР ця проблема досліджена у наукових працях М. З. Згуровського [4], Ю. І. Сохи [5], Д. В. Зеркалова [6], Р. Тарві [7], Й. Дж. Чанга [8] та ін.

Стан системного об'єкта розглядається в еколого-соціально-економічному аспекті як зміна властивостей, складу, структури та взаємозв'язків між системами, які визначені як:

- економіко-екологічні – природокористування та вплив господарської діяльності на природне середовище, наслідки забруднення довкілля відходами виробництва, нерациональне використання природних ресурсів, заходи з його оздоровлення та запобігання екологічних збитків;

- еколого-економічні – вплив НПС на розвиток суспільного виробництва; роль природи в забезпеченні виробництва природними ресурсами;

- соціально-економічні – стан і розвиток трудових ресурсів, винаходи технологій і предметів виробництва;

- еколого-соціальні – середовище життєдіяльності людини, джерело харчування і природних благ, фактор, що визначає умови збереження необхідного рівня здоров'я людей;

- економіко-соціальні – взаємозв'язки людей у сфері виробництва і використання суспільних благ;

- соціально-екологічні – стан НПС як результат взаємодії людини і НПС [9].

Названі вище системні елементи складають основу природно-техногенного об'єкта для будь-якого за масштабістю екологічного дослідження з виявленням вагомих факторів дестабілізації безпеки суспільства і визначенням необхідних регулюючих рішень для забезпечення екологічного розвитку.

Відповідно до інформації Національного інституту стратегічних досліджень України єдиного підходу до комплексної оцінки стану «об'єкт – НС» в умовах зростаючого впливу техногенного розвитку на екосистеми не існує. До цього часу не сформовано універсальної системи показників, що характеризують рівень безпеки та розвитку системних об'єктів різного рівня складності, не надано обґрунтування їх визначення і кількісних оцінок. Поняття безпеки включає в себе велику кількість аспектів, які важко об'єднати у єдиний показник. У світовій практиці запроваджено систему індикаторів для оцінки екологічності досліджуваних систем [10], встановлені правила врахування усіх трьох аспектів СР на основі індексного підходу [1]. При цьому залишаються не врахованими аспекти взаємодії «система – НС», наслідки процесів в межах об'єкта дослідження, викликаних впливом на нього НС.

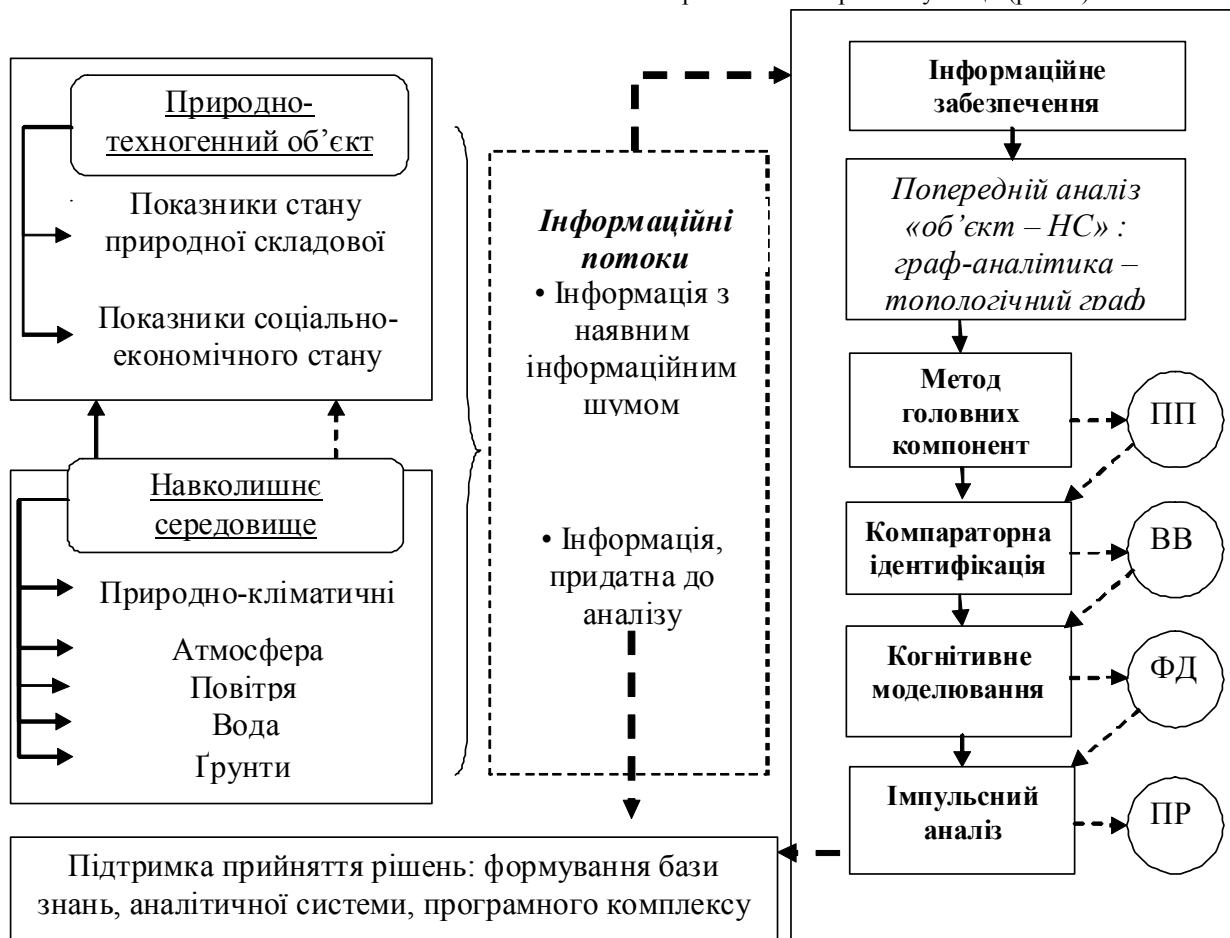
Відсутність єдиного підходу до оцінки якості системних утворень ускладнює її автоматизацію. Незважаючи на увагу, що приділяється у сучасних дослідженнях розробці програмних комплексів, спрямованих на спрощення формування управлінської стратегії [11–12], наразі відсутній програмний продукт, що дозволяв би надавати аналіз відповідності природно-техногенних об'єктів вимогам якості, формувати множину управлінських аль-

тернатив. У зв'язку з цим, необхідним є створення аналітичної інформаційно-методичної системи оцінки стану та поведінки складних об'єктів.

Прийняття рішення стосовно підвищення якості системних утворень потребує комплексного підходу до аналізу стану складних систем з урахуванням їх взаємодії з оточуючим середовищем для визначення дестабілізуючих факторів екологічності та безпечності об'єкта дослідження. Відповідно до цього, у роботі розглянуто питання щодо удосконалення інформаційно-методичного і алгоритмічно-програмного забезпечення оцінки якості природно-техногенних об'єктів з метою подальшої автоматизації формування управлінської стратегії  $U(t)$ .

### 3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Розв'язання задач управління якістю полягає у встановленні відповідності об'єктів умовам забезпечення сталого розвитку. Визначення на кількісному рівні оцінки стану системного об'єкта незалежно від рівня його організації проводиться відповідно до результатів аналізу «(система – НС) – процес – стан системи». Це передбачає послідовне застосування методів системного аналізу з визначенням дестабілізуючих факторів, механізмів самоорганізації систем в межах об'єкта, заходів підтримки рівноважного розвитку тощо (рис. 1).



ПП – пріоритетні показники, ВВ – відповідність вимогам безпеки, ФД – виділення факторів дестабілізації, ПР – формування стратегії, спрямованої на прийняття рішення

Рисунок 1 – Схема інформаційно-методичного забезпечення оцінки стану складних об'єктів

З усього доступного набору даних, необхідних для розв'язання поставленої задачі, встановлюється інформаційне поле для аналізу на основі створення нової системи координат  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  у початковому просторі показників  $X_n$ . Отримані результати як вхідна інформація використовується для оцінки відповідності стану об'єкта вимогам якості в залежності від змістовності систем за методом компараторної ідентифікації:

$$\begin{cases} Y_j(X) = w_{ij}(X_j - m_j) + \dots + w_{nj}(X_n - m_n); \\ \sum_{i=1}^n w_{ij}^2 = 1, j = \overline{1, n}; \\ \sum_{i=1}^n w_{ij}w_{ik} = 0, j, k = \overline{1, n}, j \neq k. \end{cases} \quad (2)$$

Визначення максимально досяжних показників  $Z_j$  у межах аналізованої системи становить таке:

$$Z_j = \begin{cases} \max(X_j) \text{ для позитивного виміру } j\text{-го показника } X, \\ \min(X_j) \text{ для негативного виміру } j\text{-го показника } X. \end{cases} \quad (3)$$

Нормування множини показників у кожній із виділених груп факторів відповідає таким вимогам:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{Z_j}, \quad \Delta_{ij} = \frac{|r_{ij} - 1|}{\max r_j - \min r_j}. \quad (4)$$

Визначення факторів дестабілізації відбувається шляхом ідентифікації значень  $\Delta_{ij}$  через компаратор, що має один вхід і один вихід. На виході компаратора отримують значення  $\Delta_{ij} = 1$  у випадку покриття інтервалу  $[0; 0,2]$  – відповідність прийнятим вимогам якості. В іншому випадку на виході компаратора мають  $\Delta_{ij} = 0$ . Фактор дестабілізації визначається за такими умовами:

$$I_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } \Delta_{ij} \notin [0; 0,2]; \\ 1, \text{ якщо } \Delta_{ij} \in [0; 0,2]. \end{cases} \quad (5)$$

Загальна оцінка стану системи та регулюючі механізми для підтримки екологічної рівноваги визначаються за методом когнітивного аналізу. Об'єкт дослідження для оцінки його стану надається у вигляді когнітивної карти (КК):

$$G = \langle C, E \rangle, \quad C = \{c_i\}, \quad E = \{e_{i,j}\} \quad i = 1, 2 \dots n, j = 1, 2 \dots n, i \neq j. \quad (6)$$

Оцінка стійкості моделі встановлюється відповідно до результатів імпульсного аналізу:

$$\{p_j(t)\} = |v_j(t) - v_j(t-1)| \leq |v_j(t)| + |v_j(t-1)|. \quad (7)$$

Прогнозування поведінки системи визначається на базі когнітивної моделі за імпульсним режимом змін у системі:

$$v_i(t+1) = v_i(t) + \sum_{j=1}^n q(e_{ij})p_j(t), \quad (8)$$

де  $q(e_{ij})$  визначається як:

$$\begin{cases} q(e_{ij}) = 1, \text{ якщо збільшення } v_i \text{ призводить до збільшення } v_j; \\ q(e_{ij}) = -1, \text{ якщо збільшення } v_i \text{ призводить до зменшення } v_j; \\ 0, \text{ якщо дуга } e_{ij} \text{ відсутня.} \end{cases} \quad (9)$$

Формування управлінської стратегії  $U(t)$  відповідає вимогам максимального наближення до рівноважного сталого стану у межах складної системи за оптимальною траєкторією змін, що відповідають мінімальним деструктивним змінам:

$$U(t) = U\{S(t), S_k, t\} = U^*(t) + U\{S^*(t), t\}. \quad (10)$$

На основі визначеного інформаційного забезпечення відповідності вимогам якості формується алгоритмічно-програмний комплекс, який у роботі реалізовано для оцінки екологічної безпеки промислових об'єктів (рис. 2).

#### 4 ЕКСПЕРИМЕНТ

Реалізація запропонованого методичного забезпечення апробована при розв'язанні задач визначення рівня екологічної безпеки стану природно-техногенних територій і промислових об'єктів Харківської області [13]. На практиці розглядається ситуація прийняття рішення з регулювання екологічної якості функціонування системного об'єкта еколого-соціально-економічного змісту при обмеженій кількості даних на основі запропонованого

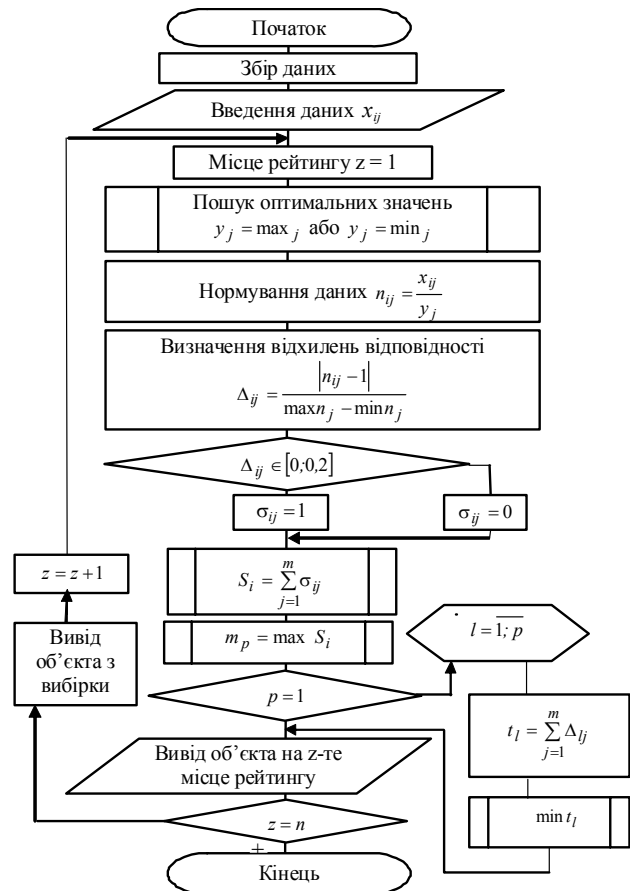


Рисунок 2 – Алгоритмічне забезпечення з оцінки відповідності вимогам екологічної безпеки техногенних систем

підходу з ідентифікації відповідності його вимогам екологічної безпеки.

Згідно із запропонованою комплексною оцінкою екологічної відповідності (1)–(10) (рис. 2) встановлюють рейтинг досліджуваних техногенних джерел навантаження на НПС за рівнем їх безпечності. З метою автоматизації визначеного інформаційно-методичного забезпечення у роботі розроблено програмний продукт мовою С# у середовищі Microsoft Visual Studio 2010 для оцінювання екологічності і безпечності підприємств і районів Харківської області, що складається з головного вікна, яке містить посилання на форми для оцінки стану промислових підприємств (рис. 3) і районів Харківської області (рис. 4). Зчитування даних здійснюється з текстового файлу. Рейтинг об'єктів за їх безпечністю формується після натискання кнопки «Розрахувати».

Для оцінки безпечності промислових об'єктів використано вісім параметрів, кожен з яких позначає кількість викидів в тоннах на рік певної речовини:  $x_{i1}$  – метали та

їх сполуки;  $x_{i2}$  – речовини у вигляді суспендованих твердих частинок;  $x_{i3}$  – сполуки азоту;  $x_{i4}$  – діоксид і сполуки сірки;  $x_{i5}$  – оксид вуглецю;  $x_{i6}$  – неметанові леткі органічні сполуки;  $x_{i7}$  – метан;  $x_{i8}$  – діоксид вуглецю.

Стан НС встановлюється відповідно до оцінки стану районів Харківської області, в яких знаходяться зазначені підприємства, за такими параметрами: викиди, тис. т:  $x_{i1}$  – пил,  $x_{i2}$  – діоксид сірки,  $x_{i3}$  – діоксид азоту,  $x_{i4}$  – оксид вуглецю,  $x_{i5}$  – всього викидів; наявність на території сміттєзвалищ –  $x_{i6}$ , шт.; площі під твердими побутовими відходами –  $x_{i7}$ , га; фінансування природоохоронної діяльності –  $x_{i8}$ , тис. грн. [14].

### 5 РЕЗУЛЬТАТИ

За результатами аналізу стану районів Харківської області найбільш небезпечними визначено Зміївський, Балаклійський та Чугуївський райони. Відповідно до оцінки факторів безпеки, саме на їх території знаходяться підприємства – джерела порушення екологічної

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
ПАТ «Євроцемент-Україна»	0,271	414,9	12,305	0,234	16,88	3,819	1,277	10757,0
ПАТ «Харківська ТЕЦ-5»	1,000	0,012	730,8	323,1	14,79	0,211	15,411	825650,3
Філія «Теплоэлектро-централь»	6,528	5570,0	2046,9	9447,1	106,24	0,989	9,19	652136,1
Зміївська ТЕС ПАТ «Центрэнерго»	* 50,79	41963,6	8386,6	99735,3	874,15	5,703	75,886	554014...

Рисунок 3 – Фрагмент програмного розрахунку екологічності роботи підприємств

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
Балаклійський р-н	0,547	0,029	0,459	0,75	4,572	2	21,7038	4933,10
Бервiнкiвський р-н	0,045	0,007	0,001	0,005	0,086	3	8,0	62,31
Близнюкiвський р-н	0,002	0	0	0,001	0,171	1	3,2	20,88
Богодухiвський р-н	0,037	0,026	0,014	0,055	0,296	1	5,565	351,40
Борiвський р-н	0,022	0	0,051	0,066	0,373	11	20,1889	126,20
Валкiвський р-н	0,03	0,005	0,035	0,213	0,817	4	7,5	6,70
Великобурлукiвський р-н	0,09	0,004	0,056	0,085	0,726	2	5,5	67,48
Вовчанський р-н	0,182	0,012	0,06	0,13	0,519	3	8,0	147,84
Дворiчанський р-н	0,003	0	0	0	0,370	1	1,2	24,20
Дергачiвський р-н	0,204	0,005	0,782	0,108	1,942	5	23,2	941,93
Зачепилiвський р-н	0,003	0,002	0	0,002	0,348	2	4,6	24,80
Змiївський р-н	41,99	99,727	8,463	0,932	151,705	3	20,93	10712,00
Золочiвський р-н	0,011	0,001	0	0,002	0,083	3	4,17	12,17
Iзюмський р-н	0,046	0,004	0,003	0,008	0,183	0	0	6,40
Кегичiвський р-н	0,021	0	0,033	0,086	0,950	2	4,848	88,00
Коломацький р-н	0	0	0,057	0,03	0,684	1	1,0	24,00
Красноградський р-н	0,126	0,027	0,526	0,417	0,145	14	17,6	127,20
Краснокутський р-н	0,013	0,007	0,065	0,348	1,99	3	5,5	51,10
Куп'янський р-н	0	0	0,051	0,146	0,827	0	0	30,34
Лозiвський р-н	0,022	0	0,014	0,017	0,081	2	5,3	35,40
Нововодолазький р-н	0,024	0,001	0,019	0,015	0,454	5	8,83	155,70
Первомайський р-н	0	0	0	0	1,884	0	0	20,20
Печенiзький р-н	0	0	0	0	0,088	5	3,6	27,80
Сахновщинський р-н	0,005	0	0	0	0,01	1	6,0	1,60
Харкiвський р-н	0,058	0,005	0,105	0,1	1,012	1	21,2	425,59
Чугуївський р-н	5,71	9,45	2,071	0,321	15,547	0	0	1287,16
Шевченкiвський р-н	* 0,032	0,009	0,022	0,045	0,438	1	9,91	47,90

Рисунок 4 – Фрагмент програмного розрахунку оцінки стану

безпеки: у ПАТ «Свроцемент-Україна» – Балаклійський район, ПАТ «Харківська ТЕЦ-5» – Дергачівський район, Філія «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ навтогазвидобування» – Чугуївський район, Зміївська ТЕС ПАТ «Центренерго» – Зміївський район. З метою поліпшення екологічної ситуації в районах розроблено КК як модель для прогнозування змін і встановлення ефективного управління якістю НПС (рис. 5а).

Вагомим фактором дестабілізації в районах відповідно до вимог безпеки за результатами аналізу (див. рис. 2) є незадовільний стан атмосферного повітря. За даними проведеного імпульсного режиму прогнозування стану об'єкта визначено перспективи підвищення якості на 10% (рис. 5б). Екологічна ефективність регулювання стану атмосферного повітря для територій визначається відповідним збільшенням екологічно чистих підприємств на 10%, зростанням кількості населення на 40%.

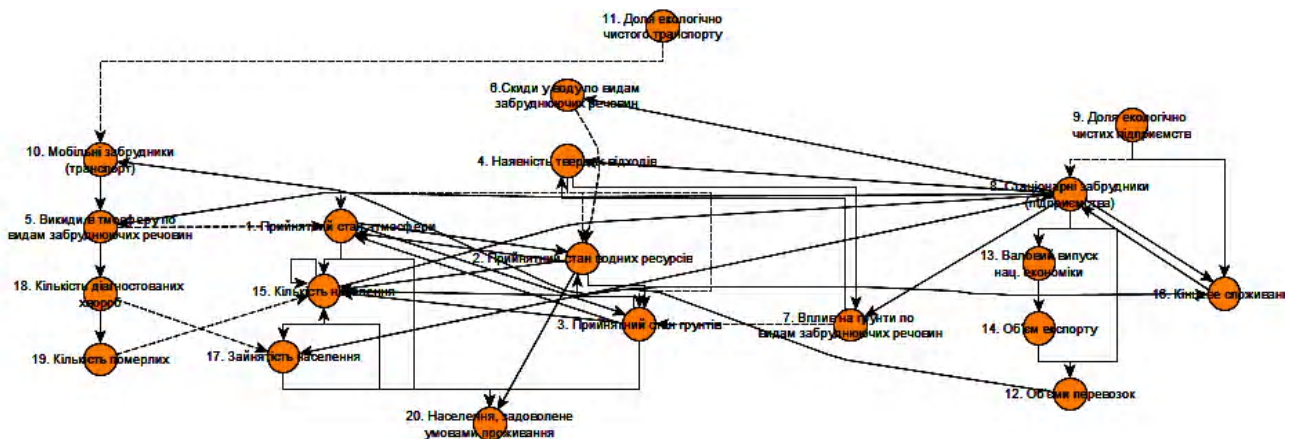
Таким чином, завдяки комплексному дослідженню в межах системного об'єкта (підприємство – НС, підприємства – район) визначено закономірне зростання техногенної напруги як наслідок незадовільного стану НС у результаті небезпечного рівня викидів підприємствами. Об'єктивна всебічна оцінка екологічної якості стану територій районів дозволила встановити основні напрями досягнення безпечного стану за рахунок підвищення якості атмосферного повітря при відповідному рівні екологізації підприємств [15].

### 6 ОБГОВОРЕННЯ

У роботі розв'язано науково-практичну задачу з формування комплексу системних методів для всебічного дослідження складних об'єктів з визначення об'єктивної оцінки екологічної безпеки в умовах невизначеності взаємодії «об'єкт – НС» завдяки запровадженню аналітичної системи «(об'єкт – НС) – процес – стан об'єкт». У результаті апробації на практиці методичного забезпечення на основі розробленого інформаційно-програмного продукту отримані порівняні результати для різних завдань дослідження стану та функціональності складних систем. Надані висновки щодо оцінки рівня безпеки стану підприємств і районів області загалом відповідають статистичним даним, поданим у Регіональній доповіді про стан НПС у Харківській області [14].

Перевагою запропонованої системи методів з аналізу еколого-соціально-економічних об'єктів є встановлення факторів дестабілізації на основі врахування принципів самоорганізації складних утворень (синергетика), взаємозалежності факторів регулювання відповідно до кооперативних зв'язків в системному об'єкті (когнітивний аналіз).

Недоліком є багатоетапність отримуваних висновків про стан об'єкта, залежність від кількості доданих до аналізу параметрів, що в свою чергу дозволяє підвищити адекватність результатів оцінювання.



а

$$V := (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

$$P0 := (0.1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

$$V0 := V + P0$$

$$V1 := V0^T + A^T \cdot P0^T$$

$$P1 := A^T \cdot P0^T$$

$$V2 := V1 + A^T \cdot P1$$

$$V2^T =$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.3	0.2	0.2	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.4	0.1	0.1	0	0	0.3

б

Рисунок 5 – Дослідження поведінки промислового підприємства за прогнозованими змінами

## 7 ПОДЯКИ

Робота виконувалась на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики в рамках державних замовлень на науково-технічні праці згідно наукових напрямків Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» у межах планів держбюджетної НДР МОН України: «Розробка математичних моделей і методів розв'язання задач управління виробництвом в нечітких умовах» (ДР №0106U005166).

## ВИСНОВКИ

У роботі вирішено актуальну задачу автоматизації прийняття рішення на основі наданого інформаційно-методичного забезпечення оцінки відповідності вимогам безпеки стосовно підвищення якості еколого-соціально-економічних систем у контексті СР на рівні аналізу «(стан системи – навколишнє середовище) – процес – стан системи». У результаті досліджень встановлено:

1) складові елементи системи оцінки якості складних об'єктів відповідно до їх цільового призначення і виконання вимог сталого розвитку (рис. 1);

2) структуру методичного забезпечення комплексного оцінювання якості системних об'єктів за результатами дослідження «(система – НС) – процес – стан» та алгоритмічно-інформаційну підтримку його реалізації (рис. 2, формули (1)–(9));

3) переваги практичного застосування сформованого комплексу системних методів і програмно-інформаційного забезпечення при встановленні об'єктивної оцінки екологічного стану підприємств і районів Харківської області (рис. 3–4).

Наукова новизна роботи полягає у формуванні комплексної методичної інформаційно-програмної підтримки оцінки екологічності та безпеки системних об'єктів еколого-соціально-економічного змісту, введення в методичну основу системного аналізу послідовного оцінювання «стан (система – НС) – процес (взаємодія, внутрішнє регулювання, самоорганізація) – стан системи».

У якості подальшого розвитку роботи передбачається розробка цілісного програмно-інформаційного комплексу з отримання знань про нові особливості поведінки «системний об'єкт природно-техногенний – навколишнє природне середовище».

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А. Б. Качинський. – К.: НІСД, 2001. – 312 с.

Козуля Т. В.<sup>1</sup>, Белова М. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, професор, професор кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

<sup>2</sup>Аспірант, асистент кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

## ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Актуальность.** Формирование информационно-методического и алгоритмически-программного обеспечения для оценки уровня устойчивого развития эколого-социально-экономических систем различного уровня сложности требует становления комплексного системного подхода в решении проблемных научно-практических задач.

**Цель.** Формирование методического и информационно-программного обеспечения оценки соответствия состояния и функциональности системного объекта требованиям экологического качества с позиций устойчивого развития, что составляет его безопасность для окружающей среды.

**Методы** оценки качества системных объектов, имеющих различные уровни сложности, сформированы в комплексную аналитическую систему для последовательного решения задач обработки и оценки мониторинговых данных: главных компонент, компараторной идентификации и когнитивного моделирования.

- Харламова Г. Индекс екологічної безпеки України: концепція та оцінка / Г. Харламова, В. Бутковський // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2014. – № 7 (160). – С. 92–97.
- Іванюта С. П. Екологічна безпека регіонів України: порівняльні оцінки / С. П. Іванюта, А. Б. Качинський // Стратегічні пріоритети. – 2013. – №3 (28). – С. 157–164.
- Аналіз сталого розвитку – глобальний та регіональні контексти. Україна в індикаторах сталого розвитку / [М. З. Згуровський, Г. О. Статюха, С. В. Войтко и др.]. – К.: Політехніка, 2010. – 359 с.
- Соха Ю. І. Принципи сталого розвитку і проблема природно-техногенної безпеки / Ю. І. Соха // Вісн. Нац. ун-ту «Львів. політехніка». – 2011. – № 698. – С. 103–111.
- Зеркалов Д. В. Проблеми екології сталого розвитку: монографія / Д. В. Зеркалов. – К.: Основа, 2013. – 430 с.
- Turvey R. Evaluation, Sustainable Development, and the Environment in the South Pacific / R. Turvey // Journal of MultiDisciplinary Evaluation. – 2007. – Vol. 4, №7. – P. 32–48.
- Chang Y-Z. Evaluation of Sustainable Development of Resources-Based Cities in Shanxi Province Based on Unascertained Measure / Y-Z Chang, S-C Dong // Sustainability. – 2016. – № 8(6). – P. 585–603.
- Циганенко О. В. Стратегія соціо-еколого-економічного розвитку міських територій: дис. к.т.н, СумДУ, 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/45880>
- Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. 3rd Edition. – Department of Economic and Social Affairs. – NY: UN, 2007. – 99 p.
- Програмный комплекс для оценки экологоэкономической устойчивости промышленного предприятия / [А. А. Тайлакова, А. А. Кудрявцев, И. Е. Трофимов, В. Г. Михайлов] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 6 (100). – P. 121–124.
- Програмний засіб підтримання прийняття оптимальних еколого-економічних рішень у промисловості / [І. М. Джигирей, О. В. Минько, Р. С. Журавчак, Р. Б. Медведєв] // Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку. – КМХТ-2016: Збірник наукових статей П'ятої міжнар. наук.-практ. конф. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016 – С. 62–65.
- Козуля Т. В. Розробка оцінки екологічності техногенних об'єктів на основі методу компараторної ідентифікації / Т. В. Козуля, М. О. Белова, М. М. Козуля // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – № 5/10 (77). – С. 27–34.
- Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Харківській області у 2012 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2012rotsi/kharkivska\\_2012.pdf](http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2012rotsi/kharkivska_2012.pdf)
- Бухкало С. І. Особливості моделей утилізації різновидів полімерних відходів / С. І. Бухкало // Вісник НТУ «ХПІ». – 2016. – № 19 (1191). – С. 11–17.

Стаття надійшла до редакції 21.02.2017.

Після доробки 13.03.2017.

**Результаты.** Представлен анализ системных методов для формирования комплексного методического обеспечения оценки состояния эколого-социально-экономических систем для автоматизации управления их безопасностью. Обоснована целесообразность создания алгоритмично-программного комплекса оценки качества системных образований, состоящих из объекта исследования и окружающей его среды, для определения объективно взвешенного управленческого решения. Сформирована аналитическая система методов, последовательное использование которых обеспечивает оценивание уровня безопасности системного объекта по результатам исследований «(система – окружающая среда) – процесс – равновесное состояние системы». Алгоритмическое обеспечение оценки качества системных объектов и разработанный для этого программный продукт апробированы при решении задач экологической безопасности для районов и предприятий Харьковской области. Определены перспективы управленческой деятельности по результатам оценки состояния предприятий Харьковской области.

**Выводы.** Научная новизна заключается в формировании комплексной методической информационно-программной поддержки оценки экологичности и безопасности системных объектов эколого-социально-экономического содержания, введения в методическую основу системного анализа объектов последовательности оценки «состояние (система – окружающая среда) – процесс (взаимодействие, внутреннее регулирование, самоорганизация) – состояние системы». Практическая значимость заключается в разработке информационно-методического и алгоритмического обеспечения комплексной оценки уровня экологической безопасности сложных эколого-социально-экономических объектов; информационно-программного комплекса решения задач по оценке состояния уровня безопасности сложных объектов, несоответствия рассматриваемых параметров требованиям сбалансированного устойчивого развития систем различного уровня исследования.

**Ключевые слова:** сложная система, оценка качества, информационно-методическое обеспечение, алгоритмическое обеспечение, программный продукт.

Kozulia T. V.<sup>1</sup>, Bilova M. O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dr.Sc., Associate professor, Professor of department of computer monitoring and logistics, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>Post graduate student, Assistant of department of computer monitoring and logistics, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

#### INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM ASSESSMENT METHODS OF COMPLEX OBJECTS

**Context.** Formation of information-methodical, algorithmic and software sustainable development evaluation of ecological-socio-economic different complexity systems requires the formation of an integrated system approach to solving scientific problems.

**Objective.** Formation of methodological and information software for the evaluation of compliance state and functionality of the system object with the requirements of environmental quality from the standpoint of sustainable development, which makes it safe for the environment.

**Methods** for evaluation the quality of the system objects with different levels of difficulty are formed into an integrated analytical system for sequential processing solutions of tasks and evaluation of monitoring data: principal component analysis, comparator identification method and cognitive modelling.

**Results.** The analysis of common approaches to the formation of complex methodical support assessment of ecological and socio-economic systems state for the security management automation is given. The expediency of creating a methodical support system of system units quality estimation in accordance with the principles of sustainable development for decision making is grounded. Mathematical methods that provide system object security level analysis and evaluation of the research results “environment – the process – the equilibrium state of the system” are defined. Algorithmic support of system objects quality estimation and designed software are tested for solution of environmental safety problems at the level of regions and enterprises of Kharkov region. The prospects regarding the state of analyzed Kharkiv region enterprises management are identified.

**Conclusions.** Scientific novelty is defined by the formation of the complex methodological information and software support evaluation of environmental and safety system objects of ecological and socio-economic content, introduction to the methodological basis of the system analysis of objects estimation sequence “state (the system – environment) – the process (interaction, internal control, self-organization) – state of the system”. The practical significance is to develop an information-methodological and algorithmic support a comprehensive assessment of the environmental safety of complex ecological and socio-economic facilities; informational software solutions-level status assessment of safety problems of complex objects, mismatch parameters under consideration the requirements of a balanced sustainable development of the systems of different levels of study.

**Keywords:** complex system, quality evaluation, information and methodological support, algorithmic support, software.

#### REFERENCES

- Kachynskiy A. B. Ekologichna bezpeka Ukrainy: systemnyi analiz perspektiv pokrashchennia. Kiev, NISD, 2001, 312 p.
- Kharlamova H., Butkovskiy V. Indeks ekologichnoi bezpeky Ukrainy: kontseptsia ta otsinka, *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, 2014, No. 7(160), pp. 92–97.
- Ivaniuta S. P., Kachynskiy A. B. Ekologichna bezpeka rehioniv Ukrainy: porivnialni otsinky, *Stratehichni priorytety*, 2013, No. 3 (28), pp. 157–164.
- Zghurovskiy M. Z., Statiukha H. O., Voitko S. V., Melnychenko A. A., Boldak A. O., Dzhyhyrei I. M. Analiz staloho rozvytku – hlobalnyi ta rehionalni konteksty. Ukraina v indyikatorakh staloho rozvytku. Kiev, Politehnika, 2010, 359 p.
- Sokha Iu. I. Prynysy staloho rozvytku i problema pryrodno-tekhnohennoi bezpeky, *Visn. Nats. un-tu «Lviv. politehnika»*, 2011, No. 698, pp. 103–111.
- Zerkalov D. V. Problemy ekologichnoi staloho rozvytku: Monohrafiia. Kiev, Osnova, 2013, 430 p.
- Turvey R. Evaluation, Sustainable Development, and the Environment in the South Pacific, *Journal of MultiDisciplinary Evaluation*, 2007, Vol. 4, No. 7, pp. 32–48.
- Chang Y-Z, Dong S-C Evaluation of Sustainable Development of Resources-Based Cities in Shanxi Province Based on Unascertained Measure, *Sustainability*, 2016, No. 8(6), pp. 585–603.
- Tsyhanenko O. V. Stratehii sotsio-ekoloho-ekonomichnoho rozvytku miskykh terytorii: dys. k.t.n., SumDU, 2016 [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/45880>
- Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. 3rd Edition. Department of Economic and Social Affairs. NY, UN, 2007, 99 p.
- Tailakova A. A., Kudriavtsev A. A., Trofymov Y. E., Mykhailov V. H. Prohrammnyi kompleks dlia otsenky ekolohoekonomicheskoi ustoiichynosti promyshlennoho predpriiatyia, *Vestnyk Kuzbasskoho hosudarstvennoho tekhnicheskoho unyversyteta*, 2013, No. 6 (100), pp. 121–124.
- Dzhyhyrei I. M., Mynko O. V., Zhuravchak R. Ie., Medvediev R. B. Prohramnyi zasib pidtrymuvannia pryiniattia optymalnykh ekoloho-ekonomichnykh rishen u promyslovosti, *Komp'uterne modeliuвання v khimii i tekhnolohiiakh ta systemakh staloho rozvytku KMKhT-2016: Zbirnyk naukovykh statei P'iatoi mizhnar. nauk.-prakt. konf.* Kyiv, NTUU «KPI», 2016, pp. 62–65.
- Kozulia T. V., Bilova M. O., Kozulia M. M. Rozrobka otsinky ekolohichnosti tekhnohennykh ob'iektiv na osnovi metodu komparatornoi identyfikatsii, *Skhidno-Ievropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii*, 2015, No. 5/10(77), pp. 27–34.
- Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha u Kharkivskii oblasti u 2012 rotsi [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: [http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovid/regionalni/rehionalni-dopovid-u-2012-rotsi/kharkivska\\_2012.pdf](http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovid/regionalni/rehionalni-dopovid-u-2012-rotsi/kharkivska_2012.pdf)
- Bukhhalo S. I. Osoblyvosti modelei utylizatsii riznovydiv polimernykh vidkhodiv, *Visnyk NTU «KhPI»*, 2016, No. 19 (1191), pp. 11–17.