

Надані результати формування комплексної методики оцінки екологічного стану природно-техногенних об'єктів. Показана доцільність і необхідність при дослідженні системних утворень за умови багатофакторного аналізу вихідної інформації застосовувати методичне узгодження методу головних компонент і компараторної ідентифікації. Ефективне використання наданої методики забезпечується розробленим програмним продуктом у вигляді мобільного додатку

Ключові слова: природно-техногенний об'єкт, екологічність, оцінка відповідності вимогам безпеки, комплексне методичне забезпечення

Представлены результаты формирования комплексной методики оценки экологического состояния природно-техногенных объектов. Показана целесообразность и необходимость при исследовании системных образований применять в условиях многофакторного анализа исходной информации методическое согласование метода главных компонент и компараторной идентификации. Эффективное использование предоставленной методики обеспечивается разработанным программным продуктом в виде мобильного приложения

Ключевые слова: природно-техногенный объект, экологичность, оценка соответствия требованиям безопасности, комплексное методическое обеспечение

РОЗРОБКА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ КОМПАРАТОРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

Т. В. Козуля

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: mariya_kozulya@mail.ru

М. О. Білова

Аспірант**

Кафедра комп'ютерного

моніторингу та логістики*

E-mail: maria_belova-91@mail.ru

М. М. Козуля

Аспірант**

*Кафедра комп'ютерного

моніторингу та логістики***

**Кафедра інтелектуальних

комп'ютерних систем***

***Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

1. Вступ

Промислові та інші техногенні об'єкти визначають як складні організаційно-технічні системи, характерними ознаками яких є нелінійність, багатокомпонентність і наявність великої кількості внутрішніх і зовнішніх зв'язків. Методологія оцінки екологічної безпеки таких об'єктів використовує екологічні, географічні, еколого-медичні та медико-географічні методи системного аналізу на основі врахування поняття цілісності, взаємозв'язків, структури, організації, ієрархічності систем відповідно до загальної теорії систем і бази знань-орієнтованих даних [1].

Визначення техногенного об'єкта як соціально-еколого-економічної системи за концепцією сталого розвитку потребує удосконалення системного аналізу при необхідності досягнення екологічної безпеки з врахуванням об'єктивно реалізованих самодовільних відношень між складовими при формуванні цілісного природно-техногенного утворення. Функціональність такого об'єкта визначається динамікою систем, описується змінними та параметрами, які відповідають за стан складових на конкретному ієрархічному рівню. При ускладненні організації інформація з нижніх системних рівнів за синергетичним принципом «розширення-стиснення» фазового простору забезпечує цілісність об'єкта і його геомостатичну взаємодію з зовнішнім середовищем [2].

Для запровадження положень системного аналізу стану об'єкта соціально-еколого-економічного змісту доцільним є звернення до синергетики, сутність якої у межах дослідження екологічних проблем управління полягає в ідеї самоорганізації. Таким чином, при даній постановці задачі дослідження актуальним стає впровадження комплексної методики оцінки стану природно-техногенних об'єктів з метою прогнозування його впливу на функціонування навколишнього природного середовища (НПС) і подальшого визначення управлінських рішень на основі розв'язання задач еколого-економічної та соціально-екологічної безпеки.

2. Аналіз літературних джерел і постановка проблеми

Головним завданням моніторингу є інформаційне забезпечення управління якістю навколишнього природного середовища [3]. Відповідно до класичної теорії управління, регулювання стану екосистем базується на використанні інформації про можливі варіанти асимптотичного руху до рівноваги (сталості) системи і засоби її переходу у такі стани [2].

При вирішенні завдань оцінки стійкості стану природних об'єктів в екологічних дослідженнях використовують стохастичні та детерміновані математичні моделі [4]. Для встановлення рівня небезпек сценар-

ний підхід застосовує апарат ймовірнісного аналізу, в рамках якого здійснюється аналіз потенційних аварій на підприємстві з визначенням їх тяжкості та частоти за результатами ризик-аналізу [5].

Для практичного застосування в умовах задач економічного управління розроблені і широко застосовуються різноманітні логіко-ймовірнісні моделі на основі методів типу «дерево відмов» – «дерево подій», схеми функціональної цілісності, загального логіко-ймовірнісного, топологічного, логіко-графічного та інших методів, які рекомендовані багатьма національними та міжнародними організаціями для практичних розрахунків при виконанні ймовірнісної оцінки безпеки складних динамічних систем [6]. Дані методи потребують вирішення достатньо складних питань, пов'язаних з використанням характеристик надійності вимірювання параметрів відмов і небезпек, що ускладнює їх використання для отримання гарантованих результатів від запропонованих заходів екологічної безпеки.

Достатньо поширеними для формування узагальненого критерію оцінки безпеки є методи на основі функції корисності, побудованої з використанням отриманих за різними методиками індексних показників, орієнтованих на безрозмірні шкали безпеки. Такі шкали встановлюють відповідність між значенням індексу ризику D_{RL}^m і відповідним йому показником функції втрат d . За змістовністю побудови шкала є суб'єктивною і виражає ставлення експерта до окремих індексних показників [7].

При розгляді об'єкта як системного утворення природно-техногенного походження для оцінки стану безпеки необхідно врахувати взаємовплив екологічних, соціальних, економічних складових, що передбачає роботу з різнорідними показниками. Зважаючи на недоліки зазначених вище методів при дослідженні об'єктів з різнорідними складовими, у роботі запропоноване комплексне методичне забезпечення з використанням положень теорії компараторної ідентифікації. В межах даної методики відбувається трансляція складної наукової інформації до математичного опису сенсорних систем, структурної ідентифікації невідомого оператора та визначення його параметрів, що використовується для оцінки якості складних техногенних об'єктів.

3. Ціль і задачі дослідження

Метою роботи є формування методичного забезпечення оцінки екологічного стану промислових об'єктів на основі багатофакторного аналізу вихідної інформації за умови комплексного узгодження методу головних компонент і компараторної ідентифікації.

Для надання опису цілісності складного природно-техногенного комплексу запропоновано впровадження синергетичної парадигми, що забезпечить відокремлення дестабілізуючих факторів і визначення механізмів екологічного їх регулювання. У виконаних дослідженнях поставлені і вирішені такі завдання:

– надати обґрунтування комплексної методики оцінки екологічної якості природно-техногенних об'єктів із запровадженням синергетичної, ентропійно-інформаційної складової системного аналізу;

– розробити алгоритмічно-програмний комплекс забезпечення реалізації комплексної методики оцінки екологічності стану складних систем;

– встановити доцільність запропонованих методичних удосконалень на прикладі практичного визначення екологічного рейтингу районів в Харківській області та досліджень стану безпеки на промислових об'єктах за результатами розрахунків розробленої програми з оцінки невідповідності аналізованих параметрів прийнятим стандартам.

4. Рішення задачі дослідження та аналіз результатів

4.1. Впровадження синергетичного аспекту в екологічну оцінку стану складних об'єктів для здійснення управлінської діяльності

Вагоме значення для забезпечення надійності управління має адекватний аналіз об'єкта на різних рівнях дослідження: опис елементів системи на мікроскопічному рівні; виділення інформаційних даних для оцінки стану системи на мезоскопічному рівні; виділення особливих закономірностей поведінки системного об'єкта при взаємодії з зовнішнім середовищем.

Принципово важливим є виділення з вихідних даних управляючих параметрів структури об'єкта, які є фіксованими для регулювання необхідної якості системи. Структура «об'єкт – навколишнє середовище» зберігається при зміні умов середовища і визначається у такому випадку стійкою; при інших результатах мова йде про відносну нестійкість структури. Поведінка системи у випадку нестійкості залежить від принципово малої кількості змінних – параметрів порядку, які в умовах прояву хаотичної зміни стану системи, високого ступеню неупорядкованості приводять її до самоорганізації.

Завдання самоорганізації і подальшого самовідновлення взаємодії у природно-техногенному утворенні (промисловий об'єкт – навколишнє природне середовище) ускладнюється необхідністю врахування енергетичної, технологічної та інформаційно-плануючої компоненти. У цьому випадку внутрішня організація системи, її поведінка не можуть бути описані в причинно-наслідкових категоріях.

Техногенний об'єкт розглядається як відкрита система, нелінійна: певному набору рішень нелінійних рівнянь, що описують поведінку системи, відповідає множина варіантів переходу в той чи інший відносно стійкий стан, еволюція відбувається стрибкоподібно. У процесі корінних змін техногенна система характеризується множиною дискретних станів. Спектр структур, які є результатом еволюційних процесів, на рівні технологічних систем обмежено. Таким чином, дестабілізація системи і повернення її в стан рівноваги визначається вибором між різними аттракторами у результаті досягнення нею точки біфуркації [8].

Підприємство як складна соціально-еколого-економічна система є внутрішньо-нестійкою за такими критеріями:

- 1) наявність великої кількості елементів та зв'язків між ними;
- 2) нелінійний характер взаємодії елементів системи;
- 3) залежність елементів від зовнішніх дестабілізуючих впливів;
- 4) активність елементів, які знаходяться у стані постійного поповнення інформації;
- 5) обмеженість доступної інформації;

6) пороговий характер процесів, що полягає у досягненні конкретних результатів лише у випадку, коли зусилля, спрямовані на ці результати, перевищують деяку границю значень;

7) наявність часового запізнювання реакції системи на зміну умов взаємодії з навколишнім середовищем.

На відміну від ортодоксального підходу пошуку оптимального шляху розвитку в управлінні з урахуванням зазначених вище особливостей системного об'єкта запроваджено синергетичний підхід, що дозволяє розглядати систему, як таку, що, постійно змінюючись, потребує тільки корегування параметрів для підтримки її функціональності.

Таким чином, значущим в досягненні безпеки об'єкта стає комплексна підтримка змістовних характеристик системи, її структури, внутрішніх зв'язків, ступеню хаотичності, характерної для конкретної діяльності з урахуванням еволюції усєї системи в часі; пошуку шляхів самоорганізації і переходу системи в стан самовідновлення. Обмежений інформаційний потік потребує вирішення задачі своєчасного реагування на зміну середовища функціонування соціально-еколого-економічних систем, що у даному дослідженні пропонується зробити за рахунок впровадження компараторної ідентифікації для оцінки якості природно-техногенних утворень.

4. 2. Обґрунтування методичного забезпечення оцінки якості з елементами компараторної ідентифікації

За умови невизначеності вихідних даних, мінливості характеру перебігу процесів, великої кількості різнорідних факторів, які впливають на функціональність і розвиток системи, системної структури об'єкта дослідження, доцільним є пошук і розробка засобів та інформаційних технологій для вирішення прикладних задач значного рівня комплексності.

Розвиток техногенної системи інтерпретують як перехід від початкового стану системи S_0 в бажаний стан S_1 . Такий перехід описується функцією, яка дозволяє встановити зв'язок поточного стану об'єкту $S(t)$ з управляючим впливом $U(t)$, перешкодами $\eta(t)$ і початковим станом S_0 :

$$S(t) = f\{S_0, U(t_0, t), \eta(t_0, t)\}. \tag{1}$$

Завдання синтезу управління вирішується шляхом формування управлінського впливу

$$U(t) = P\{S(t), S_k, t\}. \tag{2}$$

Ступінь досягнення кінцевого стану S_k і матеріальних затрат на реалізацію управління U є задачею багатфакторної оптимізації за умови виконання екстремуму частинних критеріїв якості

$$K_i = \{K_0(S, U)\}, i = \overline{1; k}. \tag{3}$$

Розв'язок такої задачі зводиться до вирішення завдань планування для допустимих $t, S(t)$ у вигляді

$$U(t) = U\{S(t), S_k, t\} = U^*(t) + U\{S^*(t), t\}, \tag{4}$$

де $U^*(t)$ – програмне управління, яке реалізує оптимальну траєкторію $S^*(t)$ переходу системи з почат-

кового (S_0, t_0) у кінцевий стан (S_k, t_k) ; $U\{S^*(t), t\}$ – управління, яке компенсує відхилення від $S^*(t)$.

Отже, вирішення задач управління якістю у соціально-екологічному аспекті безпеки повинно базуватися на результатах оцінки стану природно-техногенних об'єктів. Для таких кількісних визначень пропонується використати елементи теорії компараторної ідентифікації з математичного опису сенсорних систем, встановлення невідомого оператора і його параметрів з метою оцінки відповідності складних систем встановленим вимогам безпеки.

Для будь-якої сукупності елементів $X_0, X_1, X_2, \dots, X_n$ загальної кількості n , кожен з яких характеризується m набором певних параметрів $\{x_{ij}\}$, $i = \overline{1; n}$; $j = \overline{1; m}$, встановлюється стан S_n згідно з прийнятим початковим станом S_0 . Складність і різноманітність об'єкта обумовлює різний фізичний зміст параметрів $\{x_{ij}\}$, що заважає надати однозначну їх оцінку. У зв'язку з цим проводиться нормування вихідних величин на основі обраного «еталонного» значення, яке є найкращим для заданої вибірки параметрів. Згідно з «еталонним» значенням розраховують відхилення кожного з параметрів. Чим більше величина відхилення наближається до 0, тим краще буде стан оцінюваного об'єкта. Для визначення стану об'єкта використовується компаратор, що має m входів і один вихід (рис. 1).

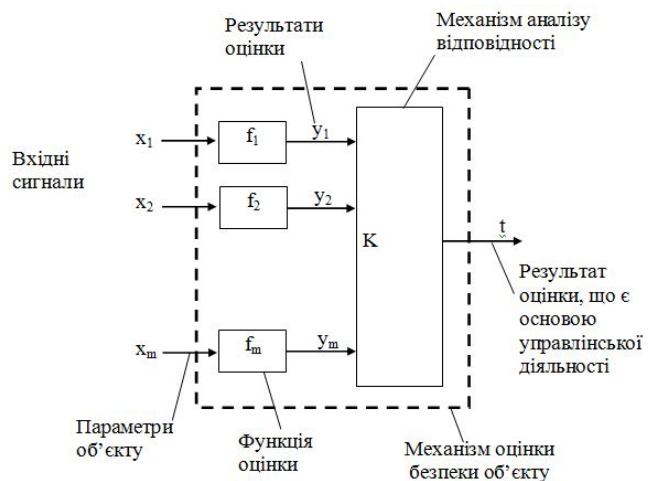


Рис. 1. Схема компаратору

Допустиме відхилення за шкалою оцінки небезпеки становить 20 % від оптимального (максимально досяжного за даних умов) значення, що визначає витривалість стійкість до впливів. Зовнішнє регулювання для стабілізації параметрів і поліпшення відповідності вимогам соціально-екологічної безпеки потребує система, стан якої дестабілізовано більше ніж на 20 % [9].

За даною методикою проводиться екологічне ранжування систем: на перше місце рейтингу розміщується об'єкт з оптимальним відхиленням параметрів від їх безпечних значень/еталонних величин не більше 20 %, і позначається відповідністю 1. Надалі формується нова вибірка об'єктів, яка не включає обраний об'єкт. Розрахунки проводяться у тій же послідовності, починаючи з пошуку еталонних значень параметрів, у результаті чого обирається об'єкт на друге місце рейтингу. Формується оновлена вибірка. Розрахунки

проводять до отримання загального рейтингу об'єктів за значеннями екологічних відхилень.

При наявності великої за обсягом (різномірністю) вихідної інформації запропоновано до ранжування залучати вагомні параметри стану системи згідно з постанововою задачі дослідження. Таким чином запроваджується комплексне методичне забезпечення оцінки рівня якості складних систем на основі сполучення методу головних компонент і компараторної ідентифікації (рис. 2).

Практична реалізація даної методики з елементами компараторної ідентифікації екологічної якості (рис. 2) здійснена на прикладі аналізу стану природно-техногенних територій і небезпечних промислових об'єктів Харківської області. У роботі розглядається ситуація прийняття рішення з регулювання системного об'єкта еколого-соціально-економічного змісту при обмеженій кількості даних на основі запропонованого підходу з ідентифікації відповідності вимогам безпеки.

Проналізовано стан районів області за такими параметрами (табл. 1) [10]:

- 1) викиди, тис. т.: x_{11} – пил, x_{12} – діоксид сірки, x_{13} – діоксид азоту, x_{14} – оксид вуглецю, x_{15} – всього викидів;
- 2) наявність на території сміттєзвалищ – x_{16} , шт.;
- 3) площі під твердими побутовими відходами – x_{17} , га;
- 4) фінансування природоохоронної діяльності – x_{18} , тис. грн.

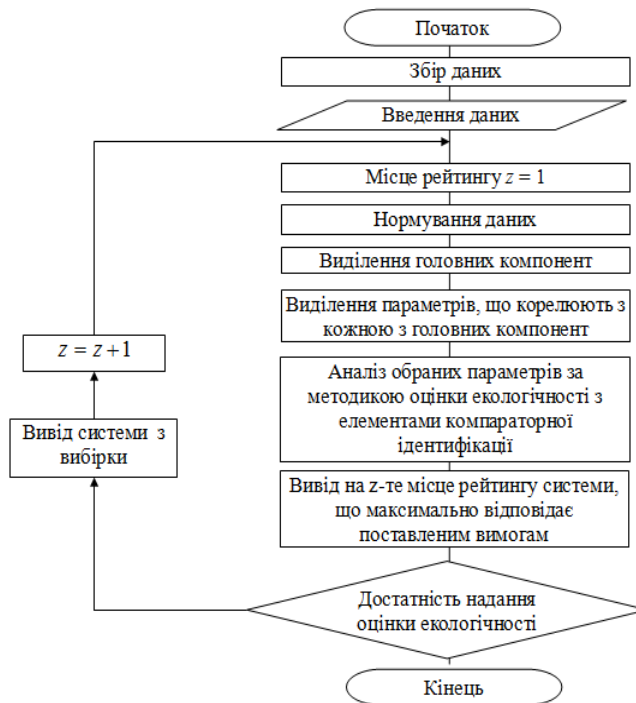


Рис. 2. Схема алгоритму комплексного методичного забезпечення оцінки екологічності системного об'єкта

Таблиця 1

Початкові дані локального моніторингу

Райони	Викиди, тис. т.					Джерела забруднення		
	Пил	Діоксид сірки	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Всього викидів	Сміттєзвалищ, шт	Площі під тв. побутовими відходами, га	Кошти на природоохоронну діяльність, тис. грн
Балаклійський р-н	0,55	0,029	0,46	0,75	4,572	2	21,70	4933,10
Барвінківський р-н	0,04	0,007	0,00	0,005	0,066	3	8,0	62,31
Близнюківський р-н	0,00	0	0	0,001	0,171	1	3,2	20,88
Богодухівський р-н	0,04	0,026	0,01	0,055	0,296	1	5,565	351,40
Борівський р-н	0,02	0	0,05	0,066	0,373	11	20,19	126,20
Валківський р-н	0,03	0,005	0,03	0,213	0,617	4	7,5	6,70
Великобурлуцький р-н	0,09	0,004	0,06	0,085	0,726	2	5,5	67,48
Вовчанський р-н	0,18	0,012	0,06	0,13	0,519	3	8,0	147,84
Дворічанський р-н	0,00	0	0	0	0,370	1	1,2	24,20
Дергачівський р-н	0,20	0,005	0,78	0,108	1,942	5	23,2	941,93
Зачепилівський р-н	0,00	0,002	0	0,002	0,348	2	4,6	24,80
Зміївський р-н	42,0	99,73	8,46	0,932	151,70	3	20,93	10712,00
Золочівський р-н	0,01	0,001	0	0,002	0,083	3	4,17	12,17
Ізюмський р-н	0,05	0,004	0,00	0,008	0,163	0	0	6,40
Кегичівський р-н	0,02	0	0,03	0,086	0,950	2	4,848	88,00
Коломацький р-н	0	0	0,06	0,03	0,684	1	1,0	24,00
Красноградський р-н	0,13	0,027	0,53	0,417	0,145	14	17,6	127,20
Краснокутський р-н	0,01	0,007	0,06	0,348	1,99	3	5,5	51,10
Куп'янський р-н	0	0	0,05	0,146	0,627	0	0	30,34
Лозівський р-н	0,02	0	0,01	0,017	0,081	2	5,3	35,40
Нововодолазький р-н	0,02	0,001	0,02	0,015	0,454	5	8,83	155,70
Первомайський р-н	0	0	0	0	1,884	0	0	20,20
Печенізький р-н	0	0	0	0	0,098	5	3,6	27,80
Сахновщинський р-н	0,01	0	0	0	0,01	1	6,0	1,60
Харківський р-н	0,06	0,005	0,11	0,1	1,012	1	21,2	425,59
Чугуївський р-н	5,71	9,45	2,07	0,321	15,547	0	0	1287,16
Шевченківський р-н	0,03	0,009	0,02	0,045	0,438	1	9,91	47,90

З метою усунення інформаційного шуму вихідні дані оцінені стосовно їх вагомості у розв'язанні поставленої цілі за методом головних компонент у середовищі Statistica 6.0. За критерієм Кайзера виділені дві головні компоненти, які обумовлюють 85 % загальної інформативності даних щодо стану об'єкта. Аналіз отриманих результатів показав, що інформаційний шум відсутній для 8 параметрів, вони корелюють з виділеними головними компонентами, і їх надалі використано для розрахунків (рис. 3).

Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics Active variables only				
Value number	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	5,280436	66,00545	5,280436	66,0055
2	1,527728	19,09660	6,808164	85,1020
3	0,837706	10,47133	7,645870	95,5734
4	0,231522	2,89402	7,877392	98,4674
5	0,103344	1,29180	7,980736	99,7592
6	0,018736	0,23420	7,999472	99,9934
7	0,000410	0,00513	7,999882	99,9985
8	0,000118	0,00148	8,000000	100,0000

а

Factor coordinates of the variables, based on correlations (Spreadsheet2 in Workbook1)								
Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Var1	-0,967336	0,213813	-0,122420	0,000065	0,054344	0,018268	0,016130	0,003342
Var2	-0,963377	0,217711	-0,135037	-0,011737	0,059151	0,050623	-0,001790	-0,008362
Var3	-0,983318	0,095099	-0,033690	0,040752	0,090243	-0,114426	-0,002923	-0,000684
Var4	-0,620161	-0,516739	0,496417	0,318735	-0,003479	0,018638	0,000483	-0,000147
Var5	-0,972477	0,196320	-0,105741	-0,006389	0,046479	0,046797	-0,011751	0,006028
Var6	-0,077066	-0,684155	-0,712316	0,131938	-0,034496	-0,000965	-0,000116	0,000040
Var7	-0,453847	-0,806433	0,189955	-0,320505	0,069723	0,004606	0,000375	0,000060
Var8	-0,952608	0,040088	0,047552	-0,089217	-0,283768	-0,013653	-0,000038	-0,000321

б

Рис. 3. Результати аналізу методом головних компонент факторів стану системи: а – їх визначення; б – кореляція між ними

Відповідно до методики оцінки стану складних об'єктів (рис. 2) отримано такий рейтинг районів Харківської області:

1. Барвінківський р-н
2. Близнюківський р-н
3. Богодухівський р-н
4. Борівський р-н
5. Валківський р-н
6. Великобурлуцький р-н
7. Вовчанський р-н
8. Дворічанський р-н
9. Дергачівський р-н
10. Зачепилівський р-н
11. Золочівський р-н
12. Ізюмський р-н
13. Кегичівський р-н
14. Коломацький р-н
15. Красноградський р-н
16. Краснокутський р-н
17. Куп'янський р-н
18. Лозівський р-н
19. Нововодолазький р-н
20. Первомайський р-н
21. Печенізький р-н
22. Сахновщинський р-н
23. Харківський р-н

24. Шевченківський р-н
25. Чугуївський р-н
26. Балаклійський р-н
27. Зміївський р-н

Найбільш небезпечними визначено Зміївський, Балаклійський та Чугуївський райони Харківської області. Відповідно до Доповіді про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2012 році, саме у цих районах знаходяться найбільш небезпечні промислові об'єкти області: ПАТ «Євроцемент-Україна» (Балаклійський район), ПАТ «Харківська ТЕЦ-5» (Дергачівський район), Філія «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ Навтогазвидобування» (Чугуївський район), Зміївська ТЕС ПАТ «Центренерго» (Зміївський район).

Для кожного підприємства існує певний лімітований типовий набір встановлених внутрішніх і зовнішніх чинників дестабілізації стану навколишнього природного середовища, пов'язаний з виробничою діяльністю і особливістю місць їх розташування. У сучасній практиці оцінка безпеки промислового підприємства визначається індексом відносної безпеки окремого підприємства, використовуюваного для ранжування підприємств. Згідно із запропонованою методикою оцінки екологічної відповідності визначають рейтинг досліджуваних техногенних джерел навантаження на НПС за рівнем екологічного стану (рис. 2).

Для аналізу небезпечності вищезазначених промислових об'єктів використано запропонований підхід компараторної ідентифікації екологічної якості складних систем. Аналіз виконаний за восьма параметрами, кожен з яких позначає кількість викидів в тоннах на рік певної речовини:

x_{11} – метали та їх сполуки; x_{12} – речовини у вигляді суспендованих твердих частинок; x_{13} – сполуки азоту; x_{14} – діоксид і сполуки сірки; x_{15} – оксид вуглецю; x_{16} – неметанові леткі органічні сполуки; x_{17} – метан; x_{18} – діоксид вуглецю (табл. 2) [10].

Таблиця 2

Вхідні дані оцінки небезпечності підприємств Харківської області

Підприємства	Викиди, т/рік							
	Метали та їх сполуки	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Сполуки азоту	Діоксид та інші сполуки сірки	Оксид вуглецю	Неметанові леткі органічні сполуки	Метан	Діоксид вуглецю
ПАТ «Євроцемент-Україна»	0,271	414,9	12,305	0,234	16,68	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 «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ Нафтогазвидобування»	6,528	5570,0	2046,9	9447,1	106,24	0,989	9,19	652136,1
Зміївська ТЕС ПАТ «Центренерго»	50,79	41963,6	8386,6	99735,3	874,15	5,703	75,686	5540141,7

Загальний рейтинг підприємств за рівнем їх небезпечності визначається такою послідовністю:

1. Зміївська ТЕС ПАТ «Центрэнерго».
2. Філія «Теплоенергоцентраль» ТОВ «ДВ Навтогазвидобування».
3. ПАТ «Євроцемент-Україна».
4. ПАТ «Харківська ТЕЦ-5», що цілком відповідає даним рейтингу районів Харківської області.

4. 3. Програмний продукт оцінки стану складних природно-техногенних утворень для оперативного прийняття управлінських рішень

Для автоматизації реалізації наданої методики, зниження трудовитрат на розрахункові операції для об'єктів будь-якої складності запропоновано програмне забезпечення у вигляді мобільного додатку, що є доцільним при оперативному управлінні і реагуванні на небезпечні ситуації.

Програмний продукт орієнтовано на користувачів гаджетів з операційною системою Android. Вибір такої операційної системи зумовлено великою розповсюдженістю електронних пристроїв з операційною системою Android й можливістю мобільного та оперативного визначення оцінки стану складних природно-техногенних утворень.

При формуванні програмного продукту врахована різниця між версіями операційної системи з метою можливості встановити додаток на різні електронні пристрої, починаючи з версії Android 4.1 і до версії Android 4.4 (KitKat). У розробці враховані ситуації залучення до роботи телефонних пристроїв і планшетних комп'ютерів.

Розробка програмного продукту за операційною системою Android дозволяє отримати кількісні розрахунки, залучити елементи ГІС технологій – відображення інформації для територіальних об'єктів оцінки рівня безпеки [11].

Програмний додаток складається з трьох вкладок: перша вкладка «Харківська область» відповідає за графічне відображення місцевості та розстановку рейтингу районів досліджуваної області, а саме Харківської; друга «Рейтинг» – надає рейтинг районів Харківської області (рис. 4, б); третя «Підприємства» – відповідає за рейтинг підприємств Харківської області за рівнем їх небезпечності (рис. 4, а).

У вкладках «Рейтинг» та «Підприємства» (рис. 4, а) є можливість перейти до бази даних та скорегувати початкові дані через кнопку «Скорегувати дані». Після корегування даних відбувається перерахунок і перепис рейтингу, який одразу виводиться на екран у вкладках.

На вкладці «Харківська область» (рис. 4, б) відбувається відображення рейтингу Харківської області з відмітками рівня екологічності кожного району.

5. Висновки

Обґрунтованість запровадження елементів компараторної ідентифікації в методику оцінки стану екологічності об'єктів будь-якого рівня дослідження дозволило надати комплексну змістовність в методичне забезпечення обробки моніторингової інформації. За даними роботи з теоретичним матеріалом дослідження і практичних розрахунків отримані такі основні результати:

1) встановлено необхідність комплексного системного врахування факторів гармонізації природно-техногенних об'єктів з погляду набуття ними стаціонарності, механізмів самоорганізації для стабілізації стану систем за умови дії деструктивних зовнішніх впливів з метою прийняття зважених управляючих заходів на основі ентропійної оцінки;

2) визначено зміст комплексної методики оцінки екологічної якості складних систем з елементами методу головних компонент, компараторної ідентифікації для встановлення факторів безпеки на основі визначення відповідності показників стану систем вимогам безпеки, надано її алгоритмічне забезпечення;

3) розроблено програмний продукт у вигляді мобільного додатку, орієнтованого на користувачів гаджетів з операційною системою Android для розрахунку екологічного рейтингу природно-техногенних об'єктів, відображення оцінки екологічності систем у вигляді геоінформації [11], забезпечуючи своєчасність отримання даних для оперативного управління.

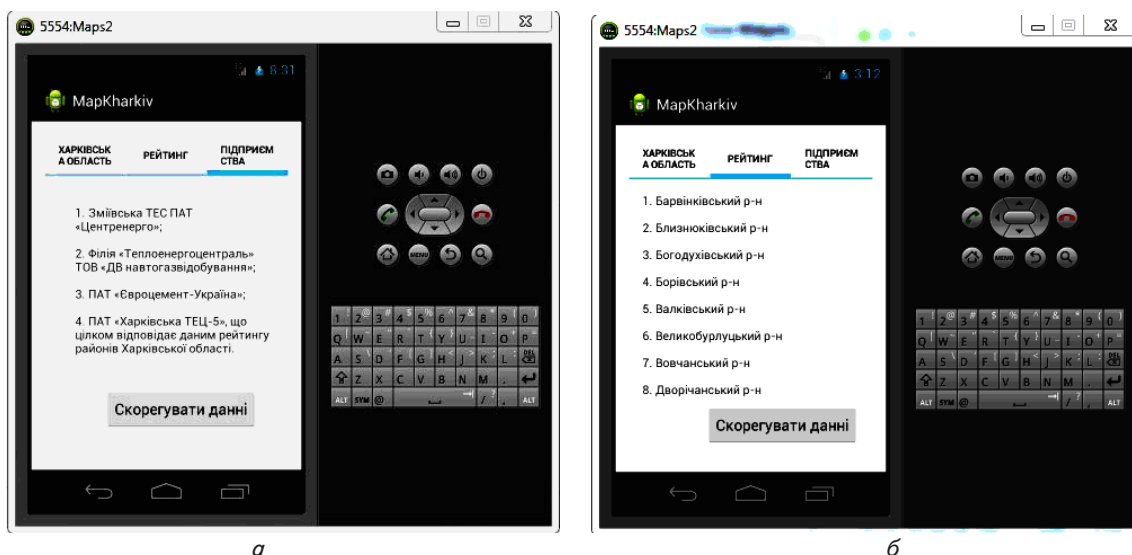


Рис. 4. Фрагмент роботи програмного додатку на прикладі вкладок: а – «Підприємства», б – «Рейтинг»

Література

1. Рыбалов, А. А. Качество окружающей среды: методические подходы оценки [Текст] / А. А. Рыбалов // Экологическая экспертиза. – 2001. – № 1. – С. 12–66.
2. Колесников, А. А. Синергетический принцип иерархизации и аналитический синтез регуляторов взаимосвязанных электромеханических систем [Текст] / А. А. Колесников, Г. Е. Веселов // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. Синергетика и проблемы управления. – 2001. – № 5 (23). – С. 80–99.
3. Кіпоренко Г. С. Аналіз нормативного забезпечення екологічного моніторингу на міжнародному, європейському, державному рівнях [Текст] / Г. С. Кіпоренко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 5, № 10 (65). – С. 20–25. – Режим доступу: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/18149/15883>
4. May, R. Theoretical Ecology. Principles and Applications [Text] / R. May, A. McLean. – New York: Oxford University Press Inc., 2007. – 268 p.
5. Sornette, D. Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems [Text] / D. Sornette, T. Maillart, W. Kroger. – Zurich: Risk Center, 2013. – Available at: <http://arxiv.org/pdf/1207.5674.pdf>
6. Острейковский, В. А. Математическое моделирование техногенного риска от эксплуатации нефтегазового оборудования [Текст] / В. А. Острейковский // Вестник кибернетики. – 2012. – № 11. – С. 71–75.
7. Статюха, Г. О. До питання оцінки безпечності промислових об'єктів в аспекті сталого розвитку [Текст] / Г. О. Статюха, Т. В. Бойко, В. І. Бендюг // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2003. – № 3. – С. 57–61.
8. Богуславский, И. В. Концептуальные основы современного синергетического предприятия [Текст] / И. В. Богуславский, М. Б. Флек // Инженерный вестник Дона. – 2007. – № 1. – С. 8–22.
9. Бондаренко, М. Ф. Про загальну теорію компараторної ідентифікації [Текст] / М. Ф. Бондаренко, С. Ю. Шабанов-Кушнарченко, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2008. – № 2 (69). – С. 13–22.
10. 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-2012-rotsi/kharkivska_2012.pdf
11. Шаронова, Н. В. Інформаційні та об'єктивні загальносистемні особливості функціонування природно-техногенних систем [Текст]: матер. 17-й Междун. науч.-техн. конф. / Н. В. Шаронова, М. М. Козуля // Системный анализ и информационные технологии: SAIT 2015. – К.: УНК “ИПСА” НТУУ “КПИ”, 2015. – С. 117–119.