

Державний торговельно-економічний університет

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних систем

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Комп'ютерне моделювання індексу екологічної безпеки
на основі факторного аналізу даних»**

Студента 2 курсу, 4м групи
спеціальності
122 «Комп'ютерні науки»

**Будюка Тимур
Олегович**

(підпис студента)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник
доктор фізико-математичних наук,
професор

**Пурський Олег
Іванович**

(підпис керівника)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Гарант освітньої програми
доктор фізико-математичних наук,
професор

**Пурський Олег
Іванович**

(підпис керівника)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Київ 2023

Державний торговельно-економічний університет

Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних систем
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітня програма «Комп'ютерні науки»

Затверджую
Пурський О.І.
«9» грудня 2022 р.

Зав. кафедри _____

Завдання на випускну кваліфікаційну роботу студенту

Будюці Тимурі Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи

Комп'ютерне моделювання індексу екологічної безпеки на основі факторного аналізу даних

Затверджена наказом ректора «Про поновлення для проходження атестації» від «02» листопада 2023 р. № 3906

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 24 листопада 2023 року

3. Цільова установка та вихідні дані до роботи

Мета роботи: розробка моделі та автоматизованої системи розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки на основі факторного аналізу.

Об'єкт дослідження: процес оцінки рівня екологічної безпеки.

Предмет дослідження: методи та технології моделювання індексу екологічної безпеки на основі факторного аналізу даних.

4. Перелік графічного матеріалу

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів, за якими здійснюється консультування:

Розділ	Консультант (прізвище, ініціали)	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Пурський О.І.	09.12.2022 р.	09.12.2022 р.
2	Пурський О.І.	09.12.2022 р.	09.12.2022 р.
3	Пурський О.І.	09.12.2022 р.	09.12.2022 р.

6. Зміст випускного кваліфікаційної роботи (перелік питань за кожним розділом)

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ

ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

1.1. Аналітичний огляд законодавства з питань екологічної безпеки

1.2. Аналіз існуючих досліджень з питань екологічної безпеки

1.3. Формування системи показників оцінювання рівня екологічної безпеки

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ

ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ

2.1. Математична модель оцінювання рівня екологічної безпеки регіонів

2.2. Розробка методу автоматизованого розрахунку індексу екологічної безпеки

РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО

МОДЕЛЮВАННЯ ІНДЕКСУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ

3.1. Інформаційно-логічна модель інформаційно-аналітичної системи моніторингу показників екологічної безпеки

3.2. Інформаційно-аналітична веб-система моніторингу показників екологічної безпеки регіонів України

3.3. Технологія використання інформаційно-аналітичної веб-системи комп'ютерного моделювання індексу екологічної безпеки регіонів

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТОК

7. Календарний план виконання роботи

Пор. №	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
		за планом	фактично
1	2	3	4
1	<i>Вибір теми випускної кваліфікаційної роботи</i>	01.11.2022	01.11.2022
2	<i>Розробка та затвердження завдання на випускну кваліфікаційну роботу</i>	09.12.2022	09.11.2022
3	<i>Вступ</i>	01.05.2023	01.05.2022
4	<i>РОЗДІЛ 1. Теоретичні аспекти оцінювання рівня екологічної безпеки</i>	14.06.2023	14.06.2023
5	<i>Підготовка статті у збірник наукових статей магістрів</i>	20.06.2023	20.06.2023
6	<i>РОЗДІЛ 2. Моделювання процесу оцінювання рівня екологічної безпеки регіонів</i>	08.09.2023	08.09.2023
7	<i>РОЗДІЛ 3. Автоматизована система комп'ютерного моделювання індексу екологічної безпеки регіонів</i>	20.10.2023	20.10.2023
8	<i>Висновки</i>	02.11.2023	02.11.2023
9	<i>Здача випускної кваліфікаційної роботи на кафедрі науковому керівнику</i>	22.11.2023	22.11.2023
10	<i>Попередній захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	29.11.2023	29.11.2023
11	<i>Виправлення зауважень, зовнішнє рецензування випускної кваліфікаційної роботи</i>	04.12.2023	04.12.2023
12	<i>Представлення готової зшитої випускної кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	06.12.2023	06.12.2023
13	<i>Публічний захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	<i>За розкладом роботи ЕК</i>	

8. Дата видачі завдання «9» грудня 2022 р.

9. Керівник випускного кваліфікаційного проекту

(підпис)

Пурський О.І.

(прізвище та ініціали)

10. Гарант освітньої програми

(підпис)

Пурський О.І.

(прізвище та ініціали)

11. Завдання прийняв до виконання студент

(підпис)

Будюка Т.О.

(прізвище та ініціали)

Анотація

У випускній кваліфікаційній роботі здійснено комплексну розробку моделей та інформаційної технології моделювання індексу екологічної безпеки з метою підвищення ефективності моніторингу та контролю екологічної безпеки регіонів. Теоретично обґрунтовано основні положення формування і проведення екологічного моніторингу та запропоновано концепцію створення інформаційно-аналітичної системи комп'ютерного моделювання індексу екологічної безпеки для контролю стану безпеки регіонів. Розроблено метод автоматизованого розрахунку індексу екологічної безпеки на основі факторного аналізу даних. Створено автоматизовану інформаційно-аналітичну веб-систему комп'ютерного моделювання індексу екологічної безпеки регіонів України.

Ключові слова: екологічна безпека, інформаційно-аналітична система, математична модель, факторний аналіз.

Annotation

In the graduation qualification work, a comprehensive development of models and information technology for modeling the environmental safety index was carried out in order to improve the effectiveness of monitoring and control of the environmental safety of the regions. The main provisions of forming and carrying out environmental monitoring are theoretically substantiated, and the concept of creating an information-analytical system of computer modeling of the environmental safety index for monitoring the state of safety of regions is proposed. A method of automated calculation of the index of environmental safety based on factor analysis of data has been developed. An automated information and analytical web system for computer modeling of the ecological safety index of the regions of Ukraine has been created.

Keywords: environmental safety, information and analytical system, mathematical model, factor analysis.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

MVC	модель-представлення-контролер (model-view-controller)
ORM	об'єктно-реляційне відображення (object-relational mapping)
БД	база даних
ВКР	випускна кваліфікаційна робота
ЕБ	екологічна безпека
ІП	інтегральний показник
НПС	навколишнє природне середовище
НС	надзвичайна ситуація
СУБД	система управління базами даних
Рис.	рисунок
Табл.	таблиця



ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ	13
1.1. Аналітичний огляд законодавства з питань екологічної безпеки ..	13
1.2. Аналіз існуючих досліджень з питань екологічної безпеки	15
1.3. Формування системи показників оцінювання рівня екологічної безпеки	19
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ	23
2.1. Математична модель оцінювання рівня екологічної безпеки регіонів	23
2.2. Розробка методу автоматизованого розрахунку індексу екологічної безпеки	27
РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНДЕКСУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ ...	32
3.1. Інформаційно-логічна модель інформаційно-аналітичної системи моніторингу показників екологічної безпеки	32
3.2. Інформаційно-аналітична веб-система моніторингу показників екологічної безпеки регіонів України	34
3.3. Технологія використання інформаційно-аналітичної веб-системи комп'ютерного моделювання індексу екологічної безпеки регіонів	38
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48
ДОДАТОК	63

ВСТУП

У сучасних умовах екологічні проблеми стають усе важливішим чинником економічних проблем у більшості регіонів України. Аналіз основних тенденцій і характеру змін основних джерел загроз екологічній безпеці регіонів держави переконливо доводить, що збереження високої енерго- та ресурсоемності економіки України за умов подальшого виснаження земельних, водних, мінерально-сировинних і біотичних ресурсів неминуче призводить до формування масштабних загроз національній безпеці в екологічній і природно-техногенній сферах.

Однією з найважливіших науково-технічних проблем на даний час є проблема ефективного застосування інформаційних технологій контролю, або, іншими словами, інформаційних систем моніторингу у забезпеченні ефективної політики оцінювання рівня екологічної безпеки регіонів. Безпосередня роль інформаційних технологій в системі екологічної безпеки регіону, визначається сукупністю дій та заходів з прийняття управлінських рішень на основі процедур і механізмів збору, накопичення, обробки і аналізу еколого-економічних даних засобами обчислювальної техніки. Аналіз специфіки екологічної безпеки регіонів пов'язаний з обробкою великих інформаційних масивів даних, що спричиняє певні часові затримки в отриманні результатів цього аналізу, і, як наслідок, вибудовуванні хибних стратегій щодо підвищення рівня екологічної безпеки регіонів держави, які ґрунтуються на певних застарілих показниках і висновках. Таким чином, постає необхідність розробки методів і засобів автоматизації обробки екологічних статистичних даних, з метою розрахунку й моделювання індексу екологічної безпеки для забезпечення ефективного управління й прийняття рішень щодо стану навколишнього середовища регіонів, що і зумовило **актуальність** обраної теми дослідження, його мету та завдання.

Мета і завдання дослідження. Метою даного дослідження є розробка моделі та автоматизованої системи розрахунку і моделювання індексу

екологічної безпеки на основі факторного аналізу. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні **завдання**:

- провести комплексне аналітичне дослідження питань екологічної безпеки та проблематики екологічного моніторингу;
- дослідити методи аналізу рівня екологічної безпеки;
- визначити принципи формування системи екологічних показників;
- розробити математичну модель комплексної оцінки рівня екологічної безпеки регіонів на основі факторного аналізу даних;
- розробити метод автоматизованого розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки;
- розробити інформаційно-логічну модель автоматизованої системи розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки;
- розробити автоматизовану систему оцінювання рівня екологічної безпеки.

Об'єктом дослідження є процес розробки автоматизованої інформаційно-аналітичної системи розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки.

Предметом дослідження є методи розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки на основі факторного аналізу даних.

Методи дослідження. Теоретичною основою дослідження є загальнонауковий аналітичний метод, а також системний підхід і праці провідних вчених з проблем дослідження і оцінювання рівня екологічної безпеки. Інформаційну базу дослідження становлять статистичні дані Державної служби статистики України [98, 99, 100]. Для практичного вирішення поставлених задач використовувалися такі методи:

- загальнонауковий аналітичний метод (розділ 1);
- методи математичного моделювання для оцінки рівня екологічної безпеки (розділ 2);
- методи факторного аналізу для виявлення причинно-наслідкових взаємозв'язків між факторами впливу на навколишнє середовище (розділ 2);

- методи теорії баз даних (БД) для формування інформаційно-логічної (інфологічної) моделі предметної області, а також самої БД (розділ 3);
- методи алгоритмічного та об'єктно-орієнтованого програмування, для створення автоматизованої системи розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки (розділ 3).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці автоматизованої інформаційно-аналітичної веб-системи розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки на основі факторного аналізу даних. Також, дослідження вносить вклад у процеси регіонального управління і моніторингу стану екологічної безпеки регіонів.

Практичне значення. Отримані результати, можуть бути використані регіональними органами управління, дослідницькими інститутами та державними службами статистики для оцінювання рівня екологічної безпеки, моніторингу рівнів екологічних ризиків та розробки стратегій для забезпечення екологічної стабільності в регіонах країни. Програмна реалізація запропонованої моделі надає можливість використання всієї множини початкових даних для розрахунку і моделювання індексів екологічної безпеки. Результати виконання даної програми допоможуть найбільш чітко виявити взаємозв'язки між екологічними факторами, що впливають на стан навколишнього природного середовища та створити модель екологічної безпеки в залежності від впливу певного фактору.

Публікації. Результати дослідження опубліковано у збірнику наукових статей студентів, які здобувають освітній ступінь магістра за освітньою програмою «Комп'ютерні науки» ДТЕУ на тему: «Комп'ютерне моделювання індексу екологічної безпеки на основі факторного аналізу даних», 2022 р.

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи. Випускна кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків,

списку використаних джерел із 169 найменувань, додатків і містить 69 сторінки основного тексту, 15 рисунків і 0 таблиці.



РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

1.1. Аналітичний огляд законодавства з питань екологічної безпеки

У своїй авторській публікації, присвяченій становленню права екологічної безпеки, вітчизняний науковець Ю.А. Краснова [2] зазначає, що одним із об'єктів правового регулювання на сьогоднішній день є екологічна безпека, визначена як напрям державної політики (розділ 7 Декларації про державний суверенітет України від 16 липня 1990 року), як конституційний обов'язок держави та суб'єктивне право людини і громадянина (статті 16 і 50 Конституції України), як сфера національної безпеки (Закон України «Про основи національної безпеки України» від 19 червня 2003 року), як стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей (стаття 50 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року).

Формування права екологічної безпеки на міжнародному рівні присвячено багато наукових досліджень, де можна виділити праці таких відомих вітчизняних вчених-юристів у сфері міжнародного права навколишнього середовища як В.І. Андрейцева [139], Г.І. Балюк [139], А.Й. Головача [138], Ю.А. Красної [2, 27, 140], Н.Р. Малишевої [139], Ю.С. Шемшученка [139] та ін. Тим не менше, загострення глобальних проблем навколишнього середовища, змушують шукати ефективні заходи протидії та встановлення результативних механізмів, направлених на подолання не тільки негативних наслідків антропогенного впливу на природу, але і недопущення їх настання у майбутньому [138].

Одним зі складових компонентів системи екологічної та соціально-економічної безпеки держави є система моніторингу, обліку та контролю за станом навколишнього природного середовища та природно-ресурсного потенціалу. В умовах зростання глобальних загроз зумовлених зміною

клімату, збільшенням ймовірності ризиків виникнення надзвичайних природних явищ або ж катастроф (паводків, повеней і посух), зростаючим дефіцитом природних ресурсів, забрудненням середовища існування як людини так тваринного й рослинного світу, а також за всеохоплюючої та невинно прогресуючої інформатизації людства, питання прийняття оптимальних та оперативних рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища набувають значної ваги.

Основою для створення та існування державної системи моніторингу довкілля є стаття 50 Конституції України, що гарантує кожному право вільного доступу до інформації про стан довкілля, а також право на її поширення [136].

Законом України „Про охорону навколишнього природного середовища” (ст.20, 22) передбачено створення державної системи моніторингу довкілля (далі – ДСМД) та проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення. Виконання цих функцій покладено на Міндовкілля та інші центральні органи виконавчої влади, які є суб’єктами державної системи моніторингу довкілля, а також підприємства, установи та організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля [134, 136].

1.2. Аналіз існуючих досліджень з питань екологічної безпеки

Дослідженням питань оцінки стану екологічної безпеки України та її регіонів займалися такі вітчизняні науковці, як: Г.О. Обиход, Т.Л. Омеляненко [49], Г.О. Харламова, В.В. Бутковський [47], В.Г. Боронос, Л.В. Довга [48], І.М. Ковалевська [62, 63], В.В. Тарасова [57], А.Б. Качинський, С.П. Іванюта [44, 45], Н.М. Матвійчук, С.В. Сидорук [46] та ін.

Незважаючи на високий науковий рівень досліджень науковців, досі не існує єдиного підходу до визначення системи показників екологічної безпеки та їхніх порогових значень. Тому, поряд з вирішенням значної кількості екологічних проблем, суттєвого значення набудатиме процес розробки і поступового впровадження у життя системи показників, які визначатимуть стан екологічної безпеки в Україні [46].

Аналіз історії розвитку та парадигми категорії ЕБ дає підстави стверджувати, що ця категорія є досить складною, багатомірною й навіть сучасні джерела не дають однозначного визначення цього поняття [47, 118]. Також, існують значні відмінності й в підходах до визначення екологічної безпеки не тільки серед зарубіжних, але й серед вітчизняних науковців.

Комплексна оцінка рівня екологічної безпеки є досить складним процесом, оскільки включає в себе багато аспектів. Тому дослідники застосовують систему показників, яка перш за все характеризує компоненти навколишнього середовища і формує остаточний показник (індекс) [46].

Поряд із оцінкою екологічної безпеки за компонентами навколишнього середовища, окремі науковці пропонують оцінювати рівень екологічної безпеки в країні та в регіонах на основі оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій (НС) природного і техногенного характеру [62, 57, 45]. З-поміж показників відповідного регіону, що певною мірою відображають загальний рівень його екологічної безпеки, розглядаються значення індивідуального ризику загибелі населення впродовж року від НС, ризику матеріальних збитків за рік від надзвичайних ситуацій, смертності населення за рік тощо [46].

З огляду на неоднозначність підходів науковців щодо віднесення екологічної безпеки до економічної безпеки держави, пропонується здійснювати її оцінку на основі формування окремої методики з аналогією до методики оцінювання складових економічної безпеки та з виділенням наступних етапів [46]:

- формування переліку індикаторів;
- розрахунок значень індикаторів;
- нормування індикаторів;
- визначення вагових коефіцієнтів;
- розрахунок інтегрального індексу екологічної безпеки.

Методика визначення інтегрального індексу екологічної безпеки має базуватися на таких показниках, які підлягають спостереженню та вимірюванню. Тобто доцільним буде до переліку показників екологічної безпеки включити ті, що вже розраховуються Державною службою статистики України і стосуються перш за все екологічного стану сфер довкілля та відображають рівень негативного впливу господарської діяльності суб'єктів господарювання на НПС. Однак, враховуючи те, що процеси економічних та соціальних трансформацій істотно впливають на рівень екологічно стійкого розвитку держави, у запропонованій [46] системі показників екологічної безпеки використані не лише екологічні, а й економічні та соціальні показники (рис. 1.1). Дуже важливо враховувати всі можливі фактори, так як вони можуть суттєво вплинути на загальний показник рівня екологічної безпеки в державі.

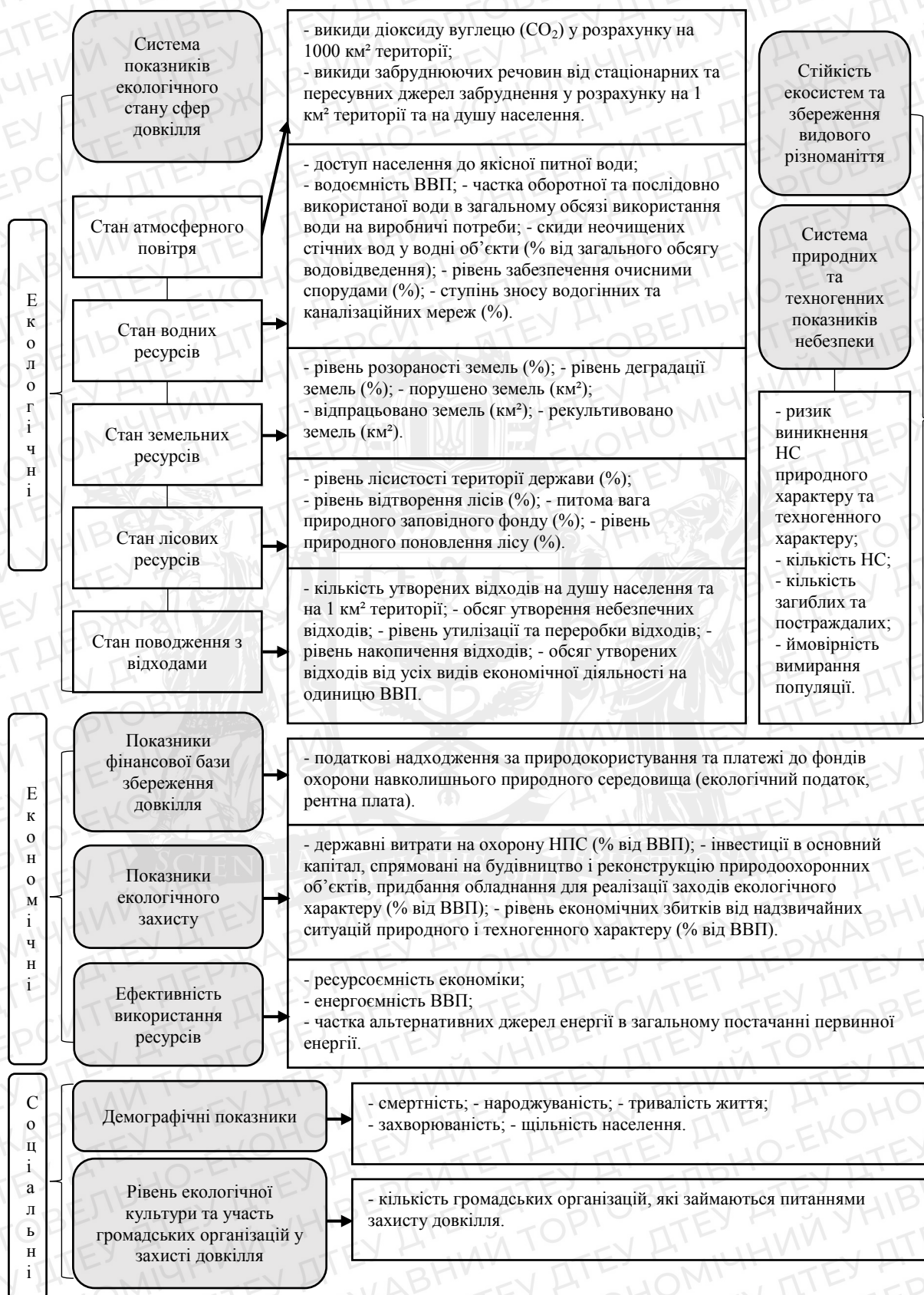


Рис. 1.1. Модель комплексної системи індикаторів екологічної безпеки України [46]

Проаналізувавши перелічені вище дослідження можна дійти таких висновків:

- екологічну безпеку треба розглядати як багатогранну категорію, яка піддається впливу й сама впливає на безліч факторів;
- оцінка екологічної безпеки лише за екологічними показниками не дає повної картини для розуміння більш глобальної ситуації;
- підготовчі роботи з виконання розрахунків показника екологічної безпеки дали можливість виявити слабкі сторони регіональних статистичних даних, що були основним джерелом отримання інформації;
- для більш повного відображення рівня екологічної безпеки потрібно розробити і використовувати науково обґрунтовані порогові значення нормованих показників та інтегрального індексу екологічної безпеки, в якому найвищий стан безпеки досягатиметься за умови, коли всі показники безпеки знаходяться в допустимих межах своїх граничних значень.

Розробка та впровадження показників екологічної безпеки дозволить: в повному обсязі відобразити вплив діяльності людини на НПС та оцінити дійсний стан небезпеки, яка формується за рахунок сукупності природних і техногенних чинників; визначити основні загрози екологічній безпеці держави та її сталому розвитку; здійснювати прогнозування небезпек та загроз екологічній безпеці на перспективу за факторами впливу на довкілля в кожному регіоні і державі загалом; проводити фінансування заходів щодо запобігання небезпечних природно-техногенних явищ та надзвичайних екологічних ситуацій; виробити ефективну екологічну політику, спрямовану на покращення стану екологічної безпеки держави та її регіонів [46].

1.3. Формування системи показників оцінювання рівня екологічної безпеки

Аналіз описаних вище праць засвідчив, що з метою отримання достовірної оцінки загроз національній безпеці в екологічній сфері та формування пріоритетних напрямів їх нейтралізації необхідним є здійснення моніторингу стану екологічної безпеки на основі системи економічних, соціальних та екологічних індикаторів. При цьому важливим завданням є розробка науково обґрунтованих порогових значень для запропонованих індикаторів [46].

Принципи формування системних показників екологічної безпеки регіонів є першоосновою для формування теоретичної бази дослідження. Чітке визначення принципів дозволить побудувати ефективну систему показників та уникнути додаткових проблем під час аналізу.

1. *Достовірність.* Передбачає забезпечення дослідника інформацією, яка б відповідала часовим та просторовим рамкам об'єкту дослідження.
2. *Об'єктивність.* Показники повинні відображати реальну дійсність.
3. *Однозначність трактування.* Усі показники та способи їх розрахунку повинні базуватися на єдиній методиці, що давало б можливість здійснювати їх однозначну позитивну або негативну оцінку.
4. *Порівнянність.* Тобто забезпеченість їх співставності з аналогічними показниками інших регіонів.
5. *Повнота охоплення.* Показники повинні відображати широкий спектр екологічних і моніторингових процесів, що відбуваються в регіоні.
6. *Лаконічність.* Система повинна містити таку кількість показників, яка б дозволяла охарактеризувати усі особливості стану екологічної безпеки регіону.
7. *Структурованість.* Система показників повинна поділятися на окремі елементи (підсистеми) в залежності від процесів, що характеризуються тими чи іншими показниками. При цьому між усіма елементами системи мають існувати взаємозв'язки (між первинними

показниками, індикаторами та індексами, між показниками окремих сфер функціонування та інші).

Проведення моніторингового дослідження неможливе без визначення переліку екологічних показників, що описують стан довкілля, його позитивні і негативні риси. Джерелом інформації для визначення таких показників є статистичні дані регіональних досліджень, які відображені у статистичних збірниках Державної служби статистики України (далі – Держстат України) [99, 100], а також у екологічних паспортах регіонів.

В залежності від ролі показника в оцінці конкретного питання показники класифікуються за схемою Європейської агенції з навколишнього середовища **РС-Т-С-В-Р (DPSIR)** [135]: *Рушійні сили – Тиск – Стан – Вплив – Реагування*.

- **РС – Рушійні сили (Driving force)** – соціально-економічні фактори та види діяльності, що посилюють або зменшують навантаження на довкілля.
- **Т – Тиск (Pressure)** – пряме антропогенне навантаження на довкілля, що здійснюється через викиди та скиди забруднюючих речовин, використання природних ресурсів.
- **С – Стан (State)** – відносяться до поточного стану та тенденцій змін навколишнього середовища, що включають також параметри якості основних складових довкілля.
- **pV – Вплив (Impact)** – наслідки зміни довкілля для здоров'я населення, наслідки для природи та біорізноманіття.
- **Р – Реагування (Response)** – конкретні дії, що спрямовані на вирішення екологічних проблем.

Згідно системи аналізу за цієї схемою, соціальний і економічний розвиток збільшує тиск на довкілля і, як наслідок, спричиняє зміни довкілля – наприклад, створення адекватних умов для здоров'я, доступності ресурсів і біорізноманіття. Нарешті, це призводить до протистояння людського здоров'я, екосистем і матеріалів, які можуть спричинити негативну соціальну реакцію, що підтримується рушійними силами через тиск на довкілля або

фактори впливу безпосередньо, через адаптацію або запобіжні дії. Повний перелік екологічних показників моніторингу та оцінки стану навколишнього природного середовища наведено нижче [135]:

- *A. Забруднення атмосферного повітря та порушення озонового шару атмосфери:*

1. А-1 Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
2. Якість атмосферного повітря в міських населених пунктах;
3. Використання озоноруйнівних речовин.

- *B. Зміна клімату:*

1. Температура повітря;
2. Атмосферні опади;
3. Викиди парникових газів.

- *C. Водні ресурси:*

1. Відновлювальні ресурси прісних вод;
2. Забір прісних вод;
3. Побутове водовикористання у розрахунку на душу населення;
4. Втрати води;
5. Повторне і оборотне використання прісної води;
6. Якість питної води;
7. Біохімічне споживання кисню (БСК) та концентрація азоту амонійного в річковій воді;
8. Біогенні речовини в прісній воді;
9. Біогенні речовини в прибережних морських водах;
10. Забруднені стічні води.

- *D. Біорізноманіття та ліси:*

1. Природні території, що підлягають особливій охороні;
2. Ліси та інші лісовкриті землі;
3. Види, що знаходяться під загрозою зникнення, і види, що охороняються;
4. Тенденції зміни чисельності і розповсюдження окремих видів.

- *Е. Земельні ресурси та ґрунти:*
 1. Вилучення земель із продуктивного обороту;
 2. Райони, що зазнають ерозії ґрунтів.
- *Ф. Сільське господарство:*
 1. Внесення мінеральних та органічних добрив;
 2. Внесення пестицидів.
- *Г. Енергетика:*
 1. Кінцеве енергоспоживання;
 2. Загальний об'єм енергоспоживання;
 3. Енергоемність;
 4. Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел.
- *Н. Транспорт:*
 1. Пасажирооборот;
 2. Вантажоборот;
 3. Склад парку дорожніх механічних транспортних засобів у розбивці по видах палива, що використовується;
 4. Середній вік парку дорожніх механічних транспортних засобів.
- *І. Відходи:*
 1. Утворення відходів;
 2. Транскордонні перевезення небезпечних відходів;
 3. Переробка та вторинне використання відходів;
 4. Кінцеве видалення відходів.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ

2.1. Математична модель оцінювання рівня екологічної безпеки регіонів

Для побудови інтегральних показників (індексів) ЕБ використовуємо двоетапний підхід. На першому етапі відбувається скорочення розмірності початкового простору ознак. Зменшення розмірності простору ознак на застосуванні методів факторного аналізу [34, 36]. Їх суть полягає в переході від опису деякої множини досліджуваних об'єктів, заданого великим набором опосередкованих, безпосередньо вимірюваних ознак, до опису меншим числом максимально інформативних змістовних змінних (факторів), які відображають найбільш важливі властивості екологічних явищ. З метою отримання такого скороченого набору факторів використовується один з методів факторного аналізу – метод головних компонент [31, 34]. Ці фактори є деякими функціями початкових ознак. Отриманий в результаті застосування цього методу скорочений набір факторів набуває важливої особливості щодо їх незалежності всередині системи [1].

Наступний етап полягає в отриманні, на основі скороченого набору незалежних факторів, одного інтегрального показника, який об'єднував би в собі найкращим чином всі ці фактори [34]. На відміну від інших методів, важливою особливістю факторного аналізу є можливість одночасного дослідження необмежено великої кількості взаємопов'язаних змінних [34]. Для соціально-економічних та екологічних досліджень відсутність обмежень щодо кількості і взаємозалежності змінних є надзвичайно важливою обставиною, оскільки виділити вплив окремих факторів на загальний соціально-економічний або екологічний стан виявляється досить складною задачею. Визначення факторів, що безпосередньо впливають на механізми функціонування регіону або його екологічний стан, дозволяє оптимізувати процес прийняття управлінських рішень, і, як наслідок, підвищити загальну ефективність системи регіонального управління й моніторингу екологічних

ризиків, що і визначає актуальність відповідного дослідження. Тому в цьому випадку можна застосувати методи факторного аналізу, які дозволяють здійснити чітку структурування соціально-економічних та екологічних даних і шляхом розрахунків виділити відносно незалежні фактори, що визначають сутність явища [1].

Представлена в екологічному дослідженні інформація може бути надана у вигляді матриці Θ (тета) розмірністю $G \times n$:

$$\Theta = \begin{pmatrix} \theta_{11} & \dots & \theta_{1j} & \dots & \theta_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \theta_{i1} & \dots & \theta_{ij} & \dots & \theta_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \theta_{G1} & \dots & \theta_{Gj} & \dots & \theta_{Gn} \end{pmatrix}. \quad (2.1)$$

При побудові інтегральних показників завжди виникає проблема вибору вимірювальної шкали для дослідження ознак. Для її вирішення використовуються певні перетворення змінних з метою: ослаблення впливу екстремальних значень ознак на результати розрахунків, компенсації впливу можливих помилок у початкових даних, забезпечення можливостей порівняння змін значень ознак на різних ділянках вимірювальної шкали. Перш за все потрібно привести ознаки, значення яких вимірюються якісно до числового виду. Наприклад, якісні оцінки «позитивний», «негативний», «без змін» можна представити цілими числами +1, -1, 0 відповідно. Далі слід привести всі ознаки до єдиної цільової функції, тобто застосувати до кожної із ознак таке перетворення, в результаті якого найменше значення перетвореного показника біде відповідати найгіршому значенню інтегрального показника, а максимальне – найкращому. Вибір конкретного уніфікуючого перетворення залежить від того, до якого із трьох основних типів належить показник [1, 35, 40, 41]:

– у випадку, якщо початковий показник x пов'язаний з відповідним інтегральним показником монотонно зростаючою залежністю, тобто чим більше значення θ (тета), тим вище значення інтегрального показника, значення уніфікуючої змінної θ^* залишається без змін;

– якщо початковий показник θ пов'язаний з відповідним інтегральним показником монотонно спадаючою залежністю, тобто чим більше значення θ_{max} , тим менше значення інтегрального показника, то значення уніфікуючої змінної x^* визначається за формулою [1]:

$$\theta^* = \theta_{max} - \theta, \quad (2.2)$$

– якщо початковий показник x пов'язаний з відповідним інтегральним показником немонотонною залежністю, тобто між мінімальним θ_{min} і максимальним θ_{max} значенням показника θ існує певне оптимальне значення θ_{opt} , при якому отримується найкраще значення інтегрального показника, то значення уніфікуючої змінної x^* визначається за формулою [1]:

$$\theta^* = \theta_{opt} - |\theta_{opt} - \theta|. \quad (2.3)$$

Отримаємо нормовану матрицю даних. Найбільш розповсюджений спосіб отримання нормованої матриці даних Z_{ij} – центрування або приведення до стандартної форми [1]:

$$Z_{ij} = \theta_{ij} - \bar{\theta}_j, \quad (2.4)$$

$$Z_{ij} = \frac{\theta_{ij} - \bar{\theta}_j}{s_j}, \quad (2.5)$$

де θ_{ij} – значення j -ї ознаки i -го об'єкта; $\bar{\theta}_j$ – середнє арифметичне значення j -ї ознаки; s_j – середньоквадратичне відхилення j -ї ознаки (дисперсія j -ї ознаки) [34].

В результаті стандартизації показників отримаємо матрицю розміром $G \times n$ нормованих значень спостережень [1]. Таким чином, отримується нормована матриця, що складається із векторів, координатами яких є показники ЕБ регіонів.

Відповідно до факторної моделі [34] кожна із ознак Z_j , що входять у досліджуваний набір, може бути представлена як функція невеликої кількості загальних факторів F_1, F_2, \dots, F_m і характерного фактору U_j :

$$Z_j = f(F_1, F_2, \dots, F_m, U_j). \quad (2.6)$$

Переважно, методи факторного аналізу ґрунтуються на припущенні про лінійність взаємозв'язків [1]:

$$Z_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + \dots + a_{jp}F_p + \dots + a_{jm}F_m + d_jU_j. \quad (2.7)$$

Коефіцієнти a_{jm} називаються факторними навантаженнями, що характеризують значимість кожного із факторів для опису j -ї ознаки. Факторні навантаження являють собою коефіцієнти кореляції між початковими показниками і факторними [1].

Застосування факторного аналізу до матриці попарних кореляцій між початковими показниками, на основі якої визначається статистична вага фактору, дозволяє здійснювати представлення початкових показників через фактори за методом головних компонент [1, 34, 36]:

$$Z_j = \sum_{p=1}^n a_{jp}F_p. \quad (2.8)$$

Для статистичного визначення вагових коефіцієнтів можна використовувати розраховані раніше власні числа кореляційної матриці початкових показників. Чим більша різниця у значеннях об'єктів за фактором, тим більша статистична вага цього фактору [1].

Узагальнена вага факторів буде враховувати лише статистичну вагу, яку можна отримати як середньозважену:

$$w_i = \frac{\bar{v}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{v}_i}, \quad (2.9)$$

де $\bar{v}_i = v_i / \sum_{i=1}^n v_i$ – статистичний зважений ваговий коефіцієнт фактору. Таким чином, інтегральний показник розраховується як сума факторів з відповідними середньозваженими ваговими коефіцієнтами w_i :

$$I_j = \sum_{i=1}^n w_i F_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.10)$$

де n – число факторів; F_{ij} – значення i -го фактору для j -го об'єкта. *Кращим є об'єкт з більшим значенням інтегрального показника.*

2.2. Розробка методу автоматизованого розрахунку індексу екологічної безпеки

В сьогоdnішньому інформаційному суспільстві важливим фактором, який впливає на його розвиток, є широке використання інформаційних технологій, які приймаються в результаті обробки і аналізу даних екологічного моніторингу, через значні часові затримки, як правило, не відповідають наявній екологічній ситуації в регіоні. Відповідні інформаційні системи дозволяють суттєво підвищити оперативність процедур обробки і аналізу даних екологічного моніторингу, а математичні моделі, які лежать в основі цих процедур, визначають рівень адекватності прийнятих рішень. В згаданому контексті, одним із головних аспектів розроблюваних та існуючих моделей є забезпечення можливості автоматизації процедур обробки екологічної інформації на основі сучасних засобів обчислювальної техніки. Представлений механізм оцінювання забезпечує можливість програмної реалізації процедури комп'ютерного моделювання індексу екологічної безпеки на основі факторного аналізу даних. Наведена в попередньому параграфі модель визначення інтегрального показника (індексу), формалізує розрахункові процедури і дозволяє розробити метод автоматизованої обробки даних екологічного моніторингу. Розглянемо безпосередньо метод автоматизованого моделювання індексу ЕБ на основі розробленої моделі зі застосуванням факторного аналізу даних. На схемі (рис. 2.1) наведено алгоритм реалізації методу визначення інтегрального показника (індексу) екологічної безпеки, який дозволяє здійснити його програмну реалізацію у вигляді автоматизованої інформаційно-аналітичної системи моніторингу спираючись на особливості регіонів України.

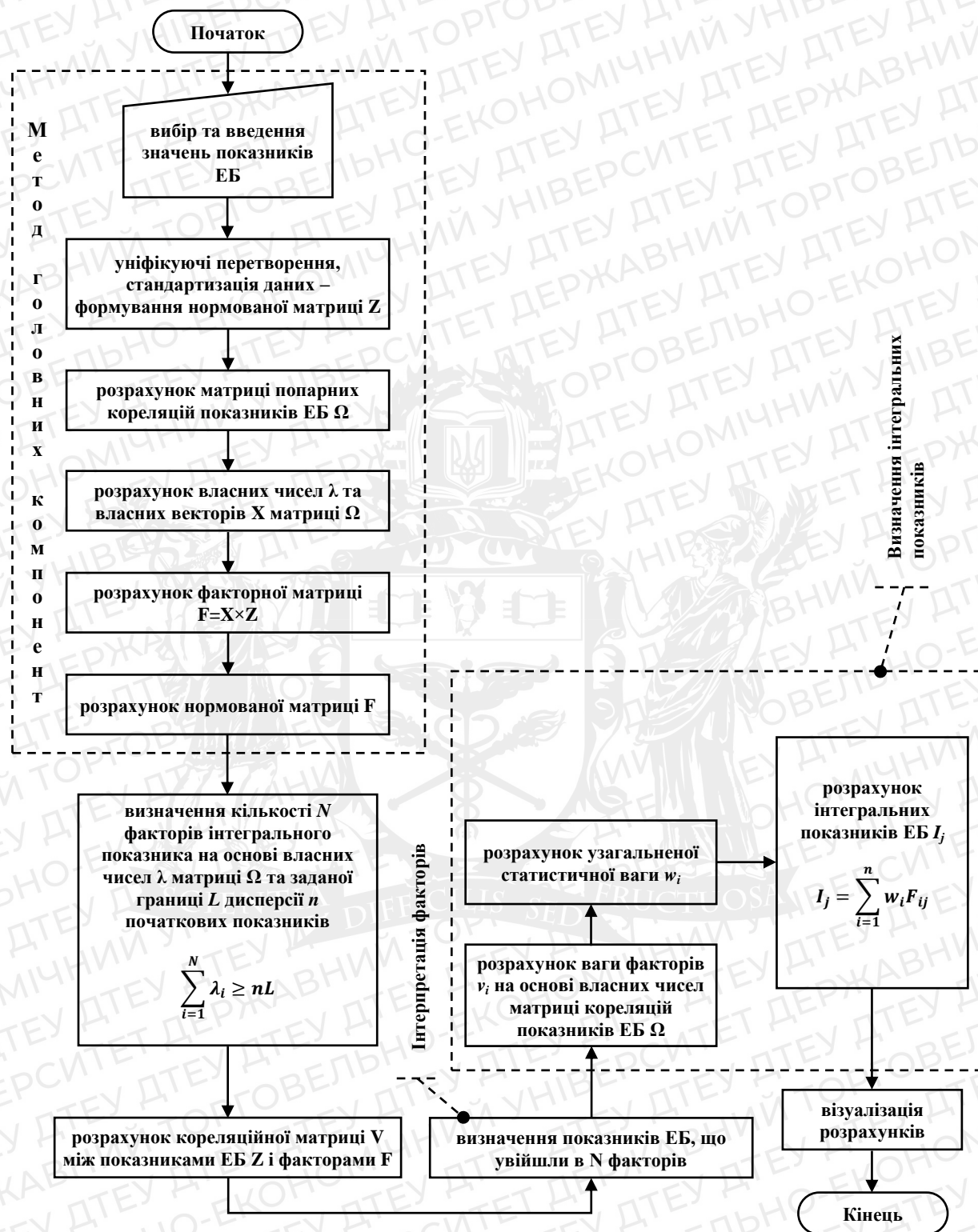


Рис. 2.1. Схема методу автоматизованого визначення інтегрального показника (індексу) екологічної безпеки

Джерело: створено на основі [1, 84].

Початковий етап алгоритму характеризується введенням значень екологічних показників регіонів, базуючись на даних екологічного моніторингу. В такому випадку, формується початковий масив даних у

вигляді матриці показників Θ (2.1). В якості таких початкових даних можуть бути використані дані довідників Держстату України або дані екологічних паспортів регіонів. Подальші дії в рамках представленого алгоритму, пов'язані із програмною реалізацією методу головних компонент.

Після формування матриці показників ЕБ досліджуваних регіонів за формулами (2.2) та (2.3) здійснюється її приведення до єдиної цільової функції, щоб позитивне збільшення будь-якого показника відповідало покращенню екологічного стану регіону або, іншими словами, збільшенню значення інтегрального показника. Потім, за формулою (2.5), здійснюється нормалізація показників ЕБ і формується матриця нормованих показників Z . На основі нормованої матриці розраховується матриця попарних кореляцій за формулою [1, 123, 34]:

$$\Omega_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^G (z_{ki} - \bar{z}_i)(z_{kj} - \bar{z}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^G (z_{ki} - \bar{z}_i)^2 \sum_{k=1}^G (z_{kj} - \bar{z}_j)^2}}, \quad (2.11)$$

де $k = 1, 2, \dots, G$ – множина об'єктів моніторингу (регіони, області та ін.).

Для отриманої матриці попарних кореляцій Ω розраховуються власні значення і власні вектори, які потрібні для формування факторної матриці і визначення кількості факторів, що входять в інтегральний показник.

Після визначення власних чисел і власних векторів матриці попарних кореляцій показників ЕБ Ω подальші дії, в межах цього методу, пов'язані із перемноженням нормованої матриці показників і матриці власних векторів $ZX = F$ (рис. 2.2), у результаті чого отримуємо матрицю факторів F .

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & \dots & f_{1j} & \dots & f_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{i1} & \dots & f_{ij} & \dots & f_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{n1} & \dots & f_{nj} & \dots & f_{nn} \end{bmatrix}. \quad (2.12)$$

Фактори нормуються за формулою (2.6). Для них визначається дисперсія, що може використовуватися при аналізі інтегральних показників рівня ЕБ та при визначенні вагових коефіцієнтів факторів.

Наступним кроком розробленого методу автоматизованого визначення інтегральних показників ЕБ є процедура визначення кількості N факторів, що входять в інтегральний показник (рис. 2.1) на основі послідовного ряду власних чисел матриці попарних кореляцій показників ЕБ і заданого граничного значення L пояснюваної факторами дисперсії нормованих показників. Внесок факторів в опис сумарної дисперсії всього набору із n показників ЕБ зіставляється із заданим граничним значенням L дисперсії нормованих показників, після досягнення якого факторизація припиняється визначенням N факторів, або іншими словами – здійснюється вибірка мінімальної кількості факторів з максимальними власними числами λ_i , сума значень яких не менша ніж nL :

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i \geq nL. \quad (2.13)$$

Варто також зазначити, що для аналізу використовують таку кількість факторів, якими вичерпується не менше 60–70% дисперсії початкових випадкових величин [34]. Тому описана процедура визначення факторів, які входять до інтегрального показника (індексу), через задання граничного значення L пояснюваної факторами дисперсії нормованих показників ЕБ забезпечує реалізацію механізму скорочення простору ознак без суттєвих втрат інформативності, оскільки в N факторів входять найбільш вагомі показники ЕБ [43].

Важливою вимогою застосування факторного аналізу є забезпечення можливості надійної інтерпретації факторів. З цією метою в наведеному методі для G об'єктів моніторингу розраховується матриця кореляцій V між нормованими показниками і факторами (рис. 2.1).

За допомогою цієї матриці визначається, які з початкових показників увійшли в задані N факторів, що дозволяє провести інтерпретацію факторів та здійснити аналіз їх змістовного наповнення (перелік ознак, які входять до фактору). На основі кореляційних матриць проводиться також інтелектуальний аналіз даних на предмет виявлення латентних ознак, які

можуть бути підґрунтям для встановлення нових закономірностей процесів ЕБ.

Завершальним етапом буде визначення вагових коефіцієнтів, розрахунок інтегральних показників і візуалізація результатів обробки даних. У якості вагових коефіцієнтів для кожного фактору беруться статистичні ваги. Статистичні вагові коефіцієнти факторів, що увійшли до інтегрального показника визначаються за формулою (2.25), на основі власних чисел матриці попарних кореляцій нормованих показників ЕБ. Узагальнена вага факторів w_i буде враховувати лише статистичну вагу.

Для безпосереднього визначення інтегральних показників необхідно об'єднати розраховані фактори в один єдиний показник. Оскільки всі фактори – незалежні, то об'єднання здійснюється за допомогою звичайної лінійної згортки [34]. Таким чином, інтегральний показник розраховується як сума факторів з відповідними середньозваженими ваговими коефіцієнтами w_i , за формулою (2.41).

Представлений метод побудови інтегральних показників дозволяє реалізувати єдиний підхід до проведення аналізу статистичних даних та забезпечити оперативність побудови інтегральних показників (індексів). Отримані комплексні показники можна використовувати, наприклад, для аналізу й порівняння об'єктів, а кореляційні залежності для виявлення взаємозв'язків між показниками, що обумовлюють рівень ЕБ окремих регіонів.

РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНДЕКСУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ

3.1. Інформаційно-логічна модель інформаційно-аналітичної системи моніторингу показників екологічної безпеки

Дослідження, проведені в попередніх розділах дозволили визначити нам взаємозв'язки, структурну організацію функціональних компонентів інформаційно-аналітичної системи екологічного моніторингу та напрямки інформаційних потоків для вирішення її задач. Схема розробленої інформаційно-логічної моделі інформаційно-аналітичної системи оцінювання показників ЕБ представлена на рис. 3.1.

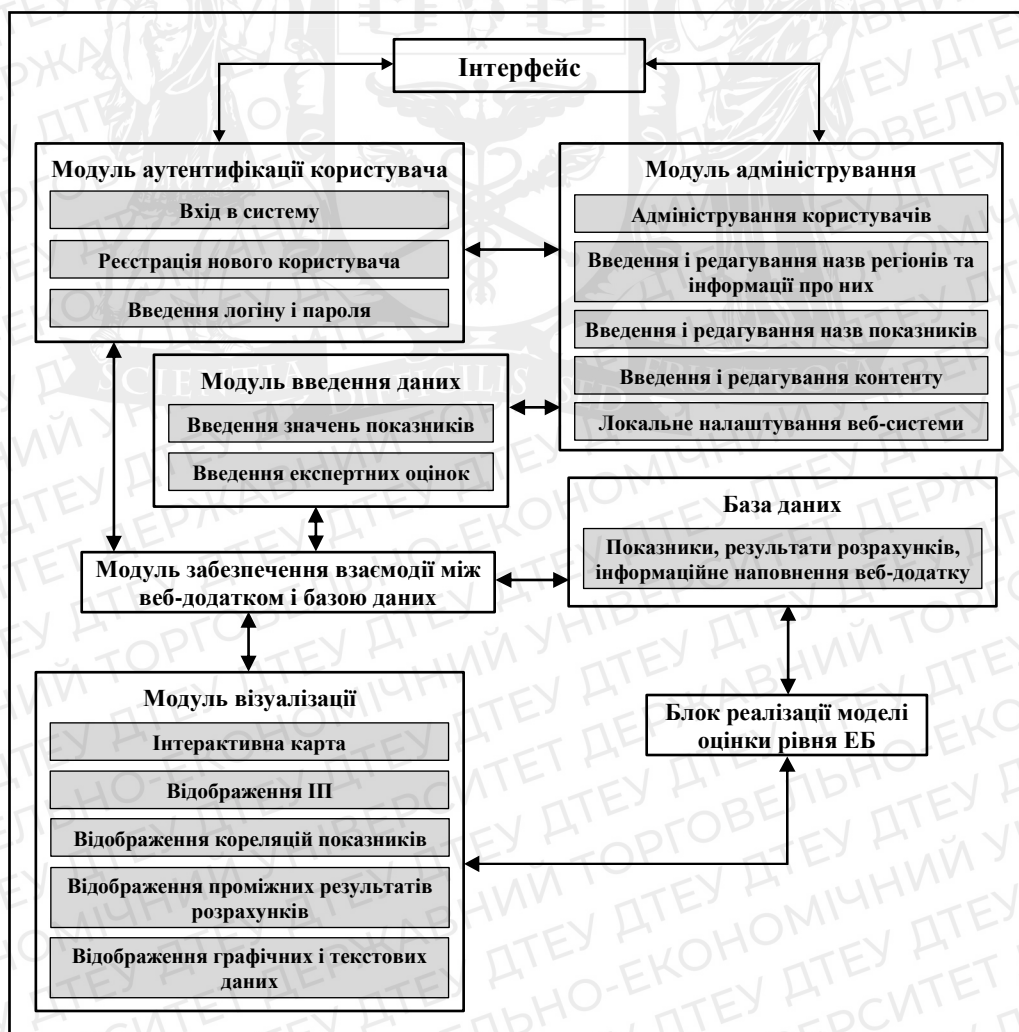


Рис. 3.1. Інформаційно-логічна модель інформаційно-аналітичної веб-системи комп'ютерного моделювання індексу екологічної безпеки

Джерело: створено на основі [1].

Опишемо функціональне призначення основних елементів інформаційно-логічної моделі автоматизованої інформаційно-аналітичної веб-системи моніторингу показників ЕБ.

Інтерфейс – реалізує функції інтерактивної взаємодії користувача з автоматизованою інформаційно-аналітичною веб-системою моніторингу.

Модуль аутентифікації – повинен забезпечувати можливість отримання доступу користувачів до функцій веб-системи.

Модуль адміністрування – повинен виконувати функції, пов'язані з регламентацією рівнів доступу користувачів до ресурсів системи та введення і редагування загальної для системи інформації.

Модуль введення даних – повинен забезпечувати реалізацію процедур введення і редагування значень показників екологічної безпеки.

Модуль взаємодії між веб-додатком і базою даних – призначений для організації і регламентації процедур обміну інформацією між базою даних та веб-системою на основі технології клієнт-сервер.

База даних – інформаційний ресурс, що містить в собі всі початкові дані, результати розрахунків та інформаційне наповнення веб-системи.

Блок реалізації моделі – містить в собі процедури, пов'язані з програмною реалізацією моделі оцінки рівня екологічної безпеки на основі факторного аналізу даних, зокрема методу головних компонент, а також методу автоматизованого моделювання індексу екологічної безпеки.

Модуль візуалізації – реалізує функції візуального представлення результатів розрахунків (проміжних і кінцевих) у вигляді таблиць і графіків, містить усі необхідні засоби для відображення графічної і текстової інформації.

Таким чином, розроблена інформаційно-логічна модель автоматизованої системи моніторингу показників екологічної безпеки регіонів дозволила визначити оптимальну структурну організацію її компонентів і зв'язків між ними для забезпечення ефективного вирішення задач обробки і аналізу даних екологічного моніторингу.

3.2. Інформаційно-аналітична веб-система моніторингу показників екологічної безпеки регіонів України

Кожна розробка програмного продукту починається з архітектури, а саме: архітектури БД та архітектури програмного засобу (ПЗ).

Архітектура бази даних включає в себе вибір СУБД і структури даних. На вибір були запропоновані такі СУБД: SQLite, MySQL, Oracle Database та PostgreSQL. Була обрана SQLite, оскільки саме така СУБД встановлена у фреймворку Django за замовченням. Дана СУБД використовується у якості тестового прикладу, але пізніше її можна буде змінити у файлі налаштувань проекту (файл *settings.py*). Django дозволяє створити користувача (superuser) для адміністрування БД та самого веб-додатку через відповідні команди у командному рядку (консолі). На рис. 3.2 зображено схему моделі БД, що складається із 7 таблиць.

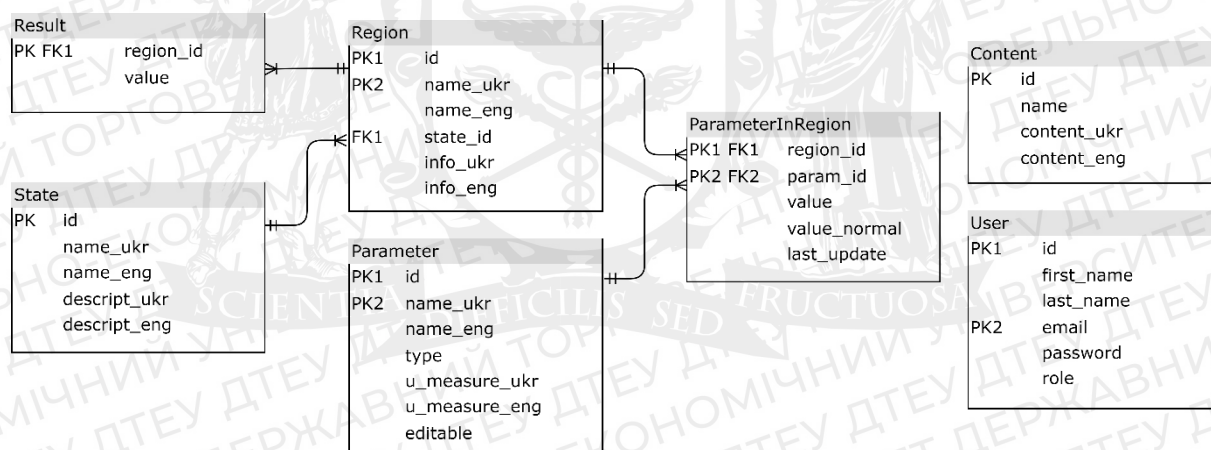


Рис. 3.2. Схема бази даних веб-додатку

Таблиця **Region** містить дані про регіони, їх опис та стан. Таблиця **Parameter** містить дані про показники, їх одиниці виміру та додаткові характеристики. Таблиця **State** містить дані про стани, яких може набувати регіон в залежності від значення індексу екологічної безпеки. Таблиця **ParameterInRegion** містить як початкові (вихідні), так і нормалізовані дані показників певного регіону. Саме з цієї таблиці починаються розрахунки індексу екологічної безпеки. Таблиця **Result** містить дані про результат всіх розрахунків, а саме: підсумкове значення індексу для кожного регіону та кореляційні залежності між показниками. Саме від значення індексу

екологічної безпеки буде залежати стан регіону. Таблиця **Content** містить дані про зміст веб-додатку. Таблиця **User** – це системна таблиця, яка зберігає користувачів даної системи (вже вбудована в адмін-панель).

Аналогічно архітектурі БД архітектура програмного засобу складається з двох частин: вибір середовища та мови програмування; вибір типу програмування. На вибір були запропоновані такі мови як Python (фреймворк Django або Flask) або C# (ASP.NET або Silverlight). Проте, була обрана мова Python та фреймворк Django, оскільки Python одна з найбільш поширених мов для розробки об'єктно-орієнтованих додатків, а фреймворк Django має такі можливості:

- вбудований інтерфейс адміністратора, з наявними перекладами на інші мови;
- використовує шаблон проектування MVC;
- має власний локальний веб-сервер для розробки;
- обробники URL в Django конфігуруються явно за допомогою регулярних виразів;
- для роботи з БД Django використовує власну ORM, у якій модель даних описується класами Python, і по ній генерується схема БД тощо.

За тип програмування було обрано модульне програмування, оскільки воно простіше при зміні чи доповненні у майбутньому. Для даного проекту були виділені такі модулі: модуль аутентифікації користувача, модуль адміністрування, модуль взаємодії між додатком і базою даних, модуль введення даних, модуль візуалізації, блок реалізації моделі.

Модуль аутентифікації користувача. Додаток розрахований на роботу із трьома групами користувачів (адміністратори, редактори даних і звичайні користувачі або гості) та забезпечує доступ до елементів управління залежно від рівня доступу певного користувача. **Звичайні** користувачі мають доступ до проміжних результатів розрахунків індексів екологічної безпеки, а також мають доступ до інформації, які показники використовувалися в розрахунках. На додачу до прав звичайних користувачів **редактори даних**

мають можливість додавати і редагувати показники екологічного моніторингу для регіонів, здійснювати розрахунки індексів та зберігати інформацію в БД. В свою чергу, **адміністратори**, крім перерахованих вище можливостей, мають доступ до функцій редагування контенту веб-додатку та можуть здійснювати реєстрацію користувачів з розподілом відповідних прав доступу.

Модуль адміністрування. Включає в себе первинне налаштування системи для роботи, а саме налаштування підключення до бази даних. Здійснено у файлі: **settings.py**.

Модуль взаємодії між додатком і базою даних. Включає в себе створення з'єднання з БД і зберігання сесії під час роботи додатку, а також методи відправки запитів до БД. Здійснено у файлах: **views.py, index.html**.

Модуль введення даних. Включає в себе можливість внесення й обробки даних у БД. Здійснено у файлах: **views.py, index.html**.

Модуль візуалізації. Включає в себе можливість перегляду показників екологічного моніторингу, а також дані проміжних розрахунків і їх кінцевого результату. Базуючись на цьому будується графік у відповідній вкладці для зручного сприйняття й аналізу отриманих даних.

Блок реалізації моделі. Для виконання методів розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки.

Програмну реалізацію автоматизованої системи розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки здійснено на мові програмування Python із застосуванням фреймворку Django. Програмний код наведено у додатку.

Веб-додаток створено з використанням архітектурного шаблону MVC (Model-View-Controller). Даний шаблон дозволяє розділити модель, представлення і контролер на 3 окремих компоненти.

Моделі додатку являють собою класи Python для опису об'єктів бази даних (State, Region тощо), предметної області (ParameterInRegion) та допоміжних елементів.

Основними вимогами, що висуваються до створеного веб-додатка є: інтерактивність, наявність модуля розрахунків, зручність у використанні, можливість розміщення на безкоштовних хостинг-платформах.

Технічні вимоги. Для забезпечення функціонування бази даних додатку на стороні сервера необхідна наявність: MySQL 5.1 і вище. На клієнтській машині потрібна наявність останньої версії браузера Google Chrome або Opera, а також повинен бути ввімкнений JavaScript.



3.3. Технологія використання інформаційно-аналітичної веб-системи комп'ютерного моделювання індексу екологічної безпеки регіонів

Для отримання доступу до функцій додатку, що здійснює розрахунок і моделювання індексу екологічної безпеки необхідно відкрити головну сторінку веб-додатку, після чого буде активовано вікно аутентифікації користувача, де можна буде ввести логін і пароль (рис. 3.3).

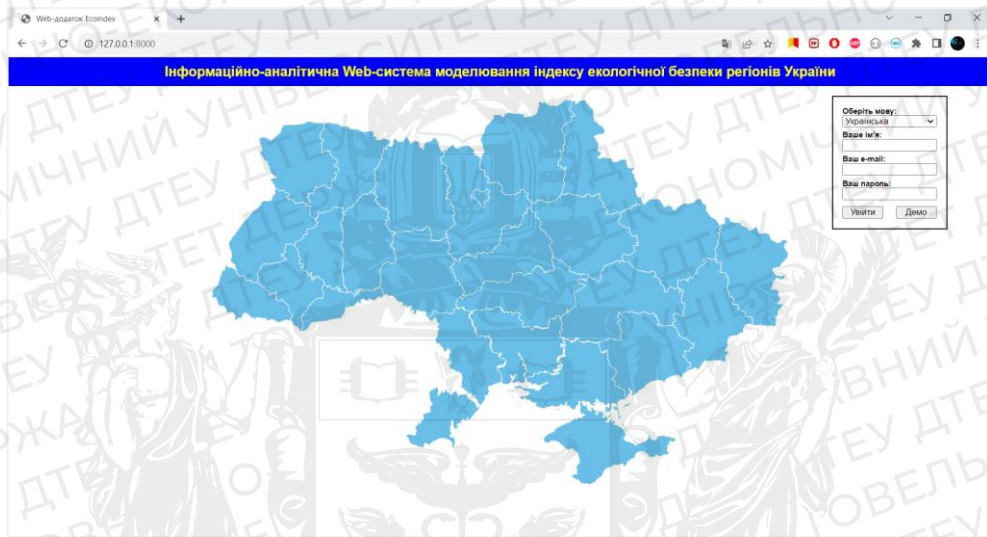


Рис. 3.3. Головне вікно веб-додатка моніторингу показників екологічної безпеки регіонів (до авторизації користувача)

Після введення користувачем логіну і паролю, та натисканням кнопки «Увійти», користувач авторизується у системі й отримує доступ до елементів взаємодії з додатком (рис. 3.4).

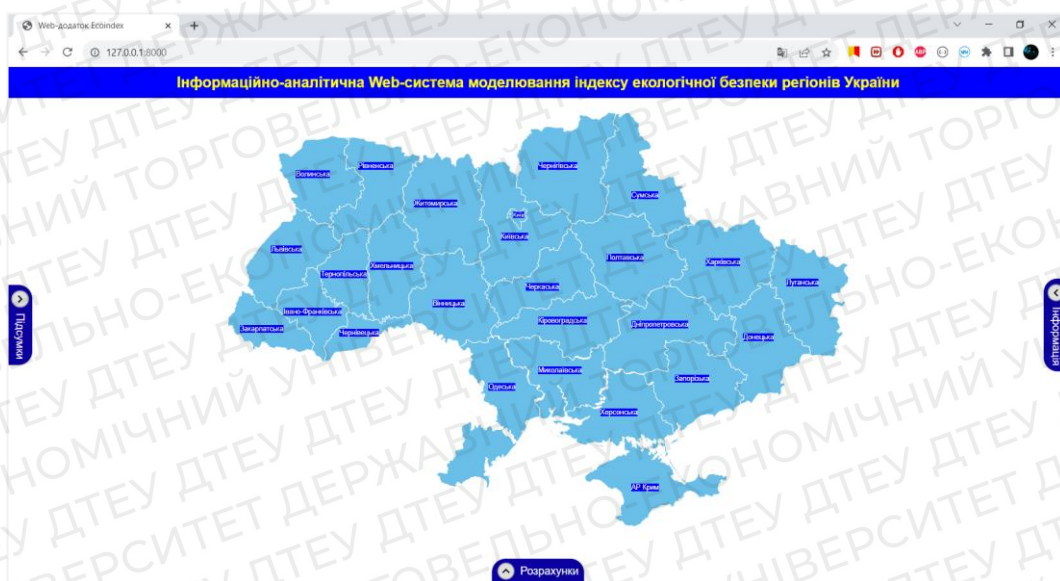


Рис. 3.4. Головне вікно веб-додатка моніторингу показників екологічної безпеки регіонів (після авторизації користувача)

Тепер, користувач має доступ до таких елементів управління як: Інтерактивна карта регіонів (областей) України та 3 вкладки («Інформація», «Розрахунки» та «Підсумки»).

Розглянемо технологію роботи з веб-додатком безпосередньо для здійснення процедур інформаційного наповнення системи, регламентації режимів доступу користувачів, редагування даних, розрахунків, аналізу й підсумків. Інформаційне наповнення веб-системи здійснюється в адмін-панелі додатка (рис. 3.5).

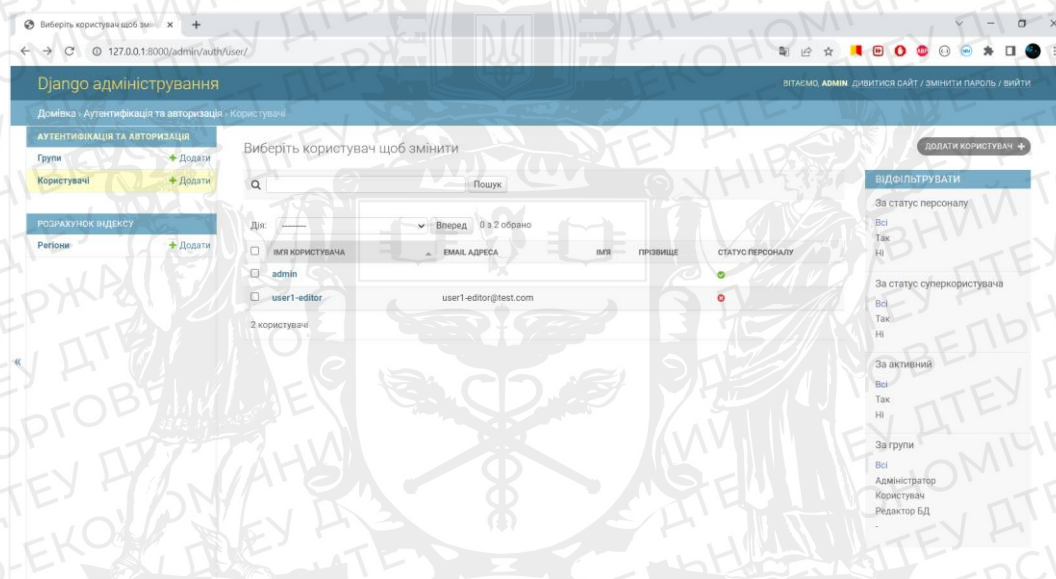


Рис. 3.5. Веб-сторінка адмін-панелі зі списком користувачів

Для редагування списку користувачів системи необхідно у вікні адмін-панелі натиснути на ім'я користувача у списку (рис. 3.5, 3.6) і ввести ім'я, прізвище, e-mail, пароль та задати рівень доступу (*адміністратор, редактор БД* або *користувач*) користувача, шляхом внесення його до певної групи.

Після внесення необхідних відомостей про користувача або їх редагування для збереження внесених змін завжди необхідно натискати кнопку «Зберегти», або, для їх відміни – «Скасувати». Необхідно зазначити, що робота з адмін-панеллю доступна лише в режимі доступу – адміністратор.

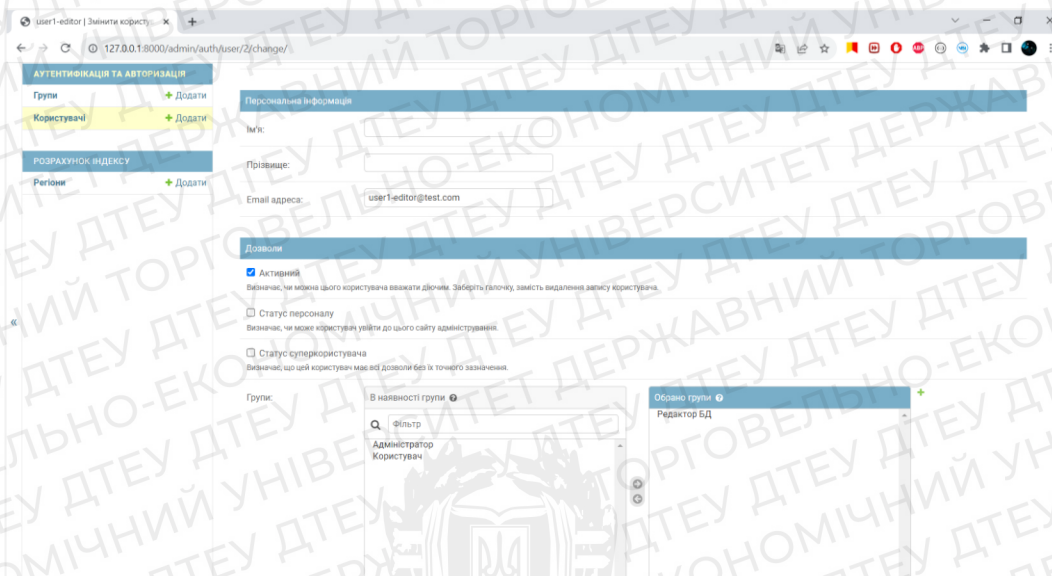


Рис. 3.6. Веб-сторінка адмін-панелі для налаштування рівнів доступу користувачів
Для введення відомостей про регіони України необхідно натиснути на заголовок у списку регіонів (рис. 3.7).

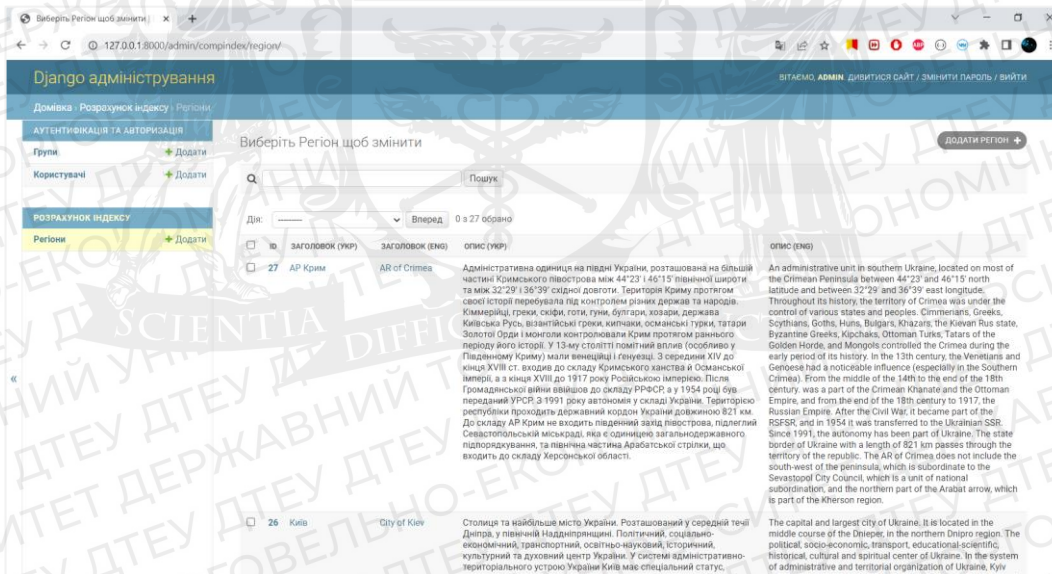


Рис. 3.7. Веб-сторінка адмін-панелі для редагування регіонів України
Введення відомостей про регіон здійснюється шляхом введення необхідних відомостей у відповідні поля (рис. 3.8).

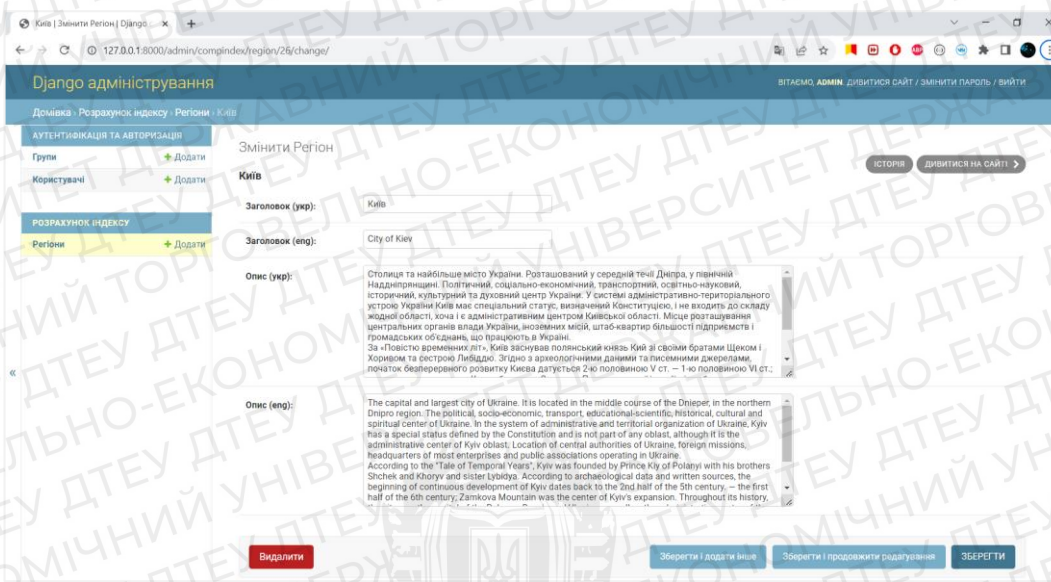


Рис. 3.8. Веб-сторінка адмін-панелі для введення даних про регіон

Дані відомості будуть відобразитися у вкладці «Інформація» головної сторінки додатка (див. рис. 3.4).

Після введення всієї необхідних відомостей, завершуємо роботу з адмін-панеллю та переходимо до головної сторінки. Після цього введені відомості будуть доступні для перегляду у вкладці «Інформація» (рис. 3.9, 3.10) й використання при побудові таблиць, графіків й підсумків.

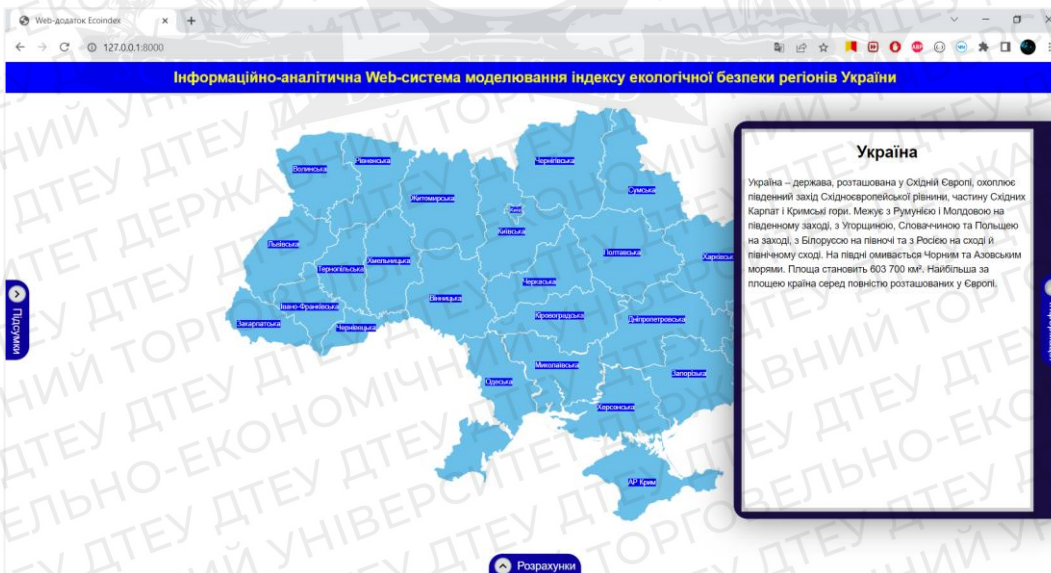


Рис. 3.9. Виведення інформації про Україну у вкладці «Інформація»

При взаємодії з Інтерактивною картою регіонів України, потрібно врахувати той факт, що можна виділити лише один регіон. Наприклад,

натиснувши на певний регіон користувач може отримати відомості про нього у вкладці «Інформація» (рис. 3.10).

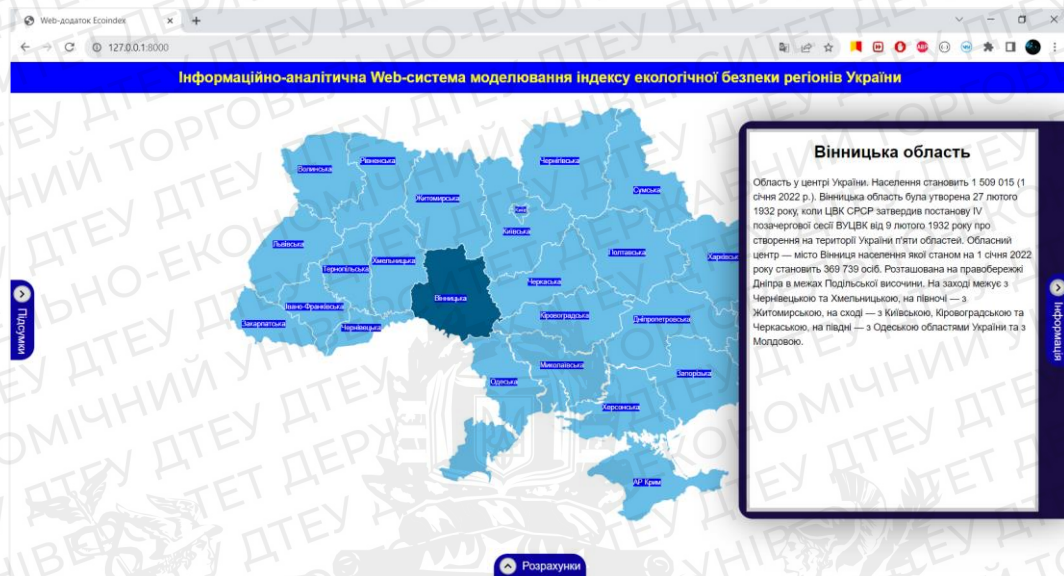


Рис. 3.10. Виведення інформації про Вінницьку область у вкладці «Інформація»

На вкладці «Розрахунки» користувачу доступні 2 вкладки меню: «Показники» та «Проміжні результати».

Вкладка «Показники» містить початкові (вихідні) дані показників до проведення розрахунків (рис. 3.11).

На цій вкладці користувач може редагувати значення комірок таблиці. Також, на ній розміщені 2 кнопки: «Розрахувати» та «Зберегти». Кнопка «Зберегти» відповідає за збереження поточних значень комірок таблиці у БД. Кнопка «Розрахувати» відповідає за процес розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки на основі факторного аналізу даних. Дані з розрахунків будуть відображатися у таблицях на вкладці «Проміжні результати». Дана вкладка призначена для відображення проміжних результатів розрахунків та має випадаючий список, що містить у собі перелік таких проміжних таблиць, як: матриця показників; нормована матриця показників; кореляційна матриця показників; власні числа і вектори; факторна матриця; дисперсія факторів; кореляція факторів/показників.

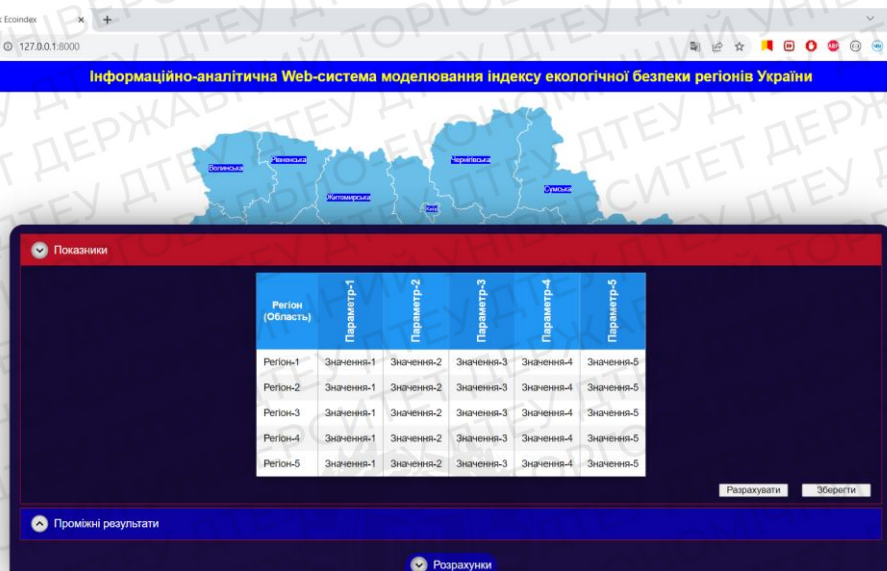


Рис. 3.11. Активація вкладки «Розрахунки»

Останньою вкладкою, що доступна користувачу системи є вкладка «Підсумки». Дана вкладка призначена для відображення кінцевих результатів розрахунків у вигляді графіків. Вона має 2 додаткові вкладки: «Інтегральні показники» та «Кореляція показників».

Перша вкладка «Інтегральні показники» відображає значення індексу екологічної безпеки для певного регіону у форматі таблиці і графіку (рис 3.12).

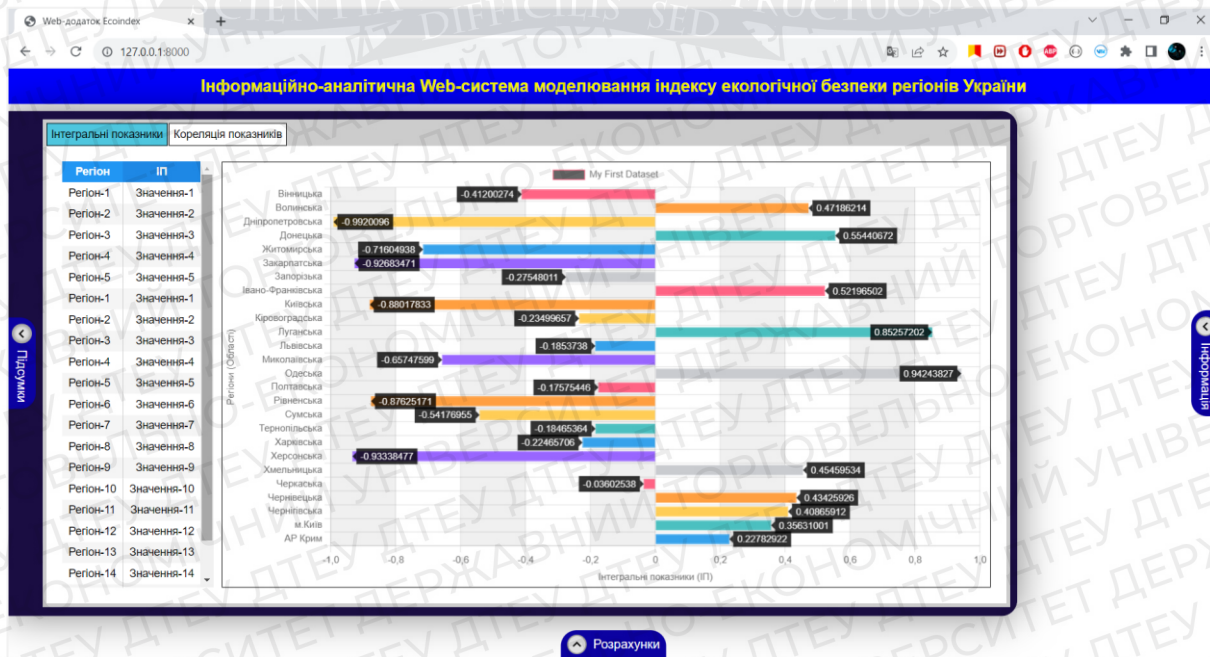


Рис. 3.12. Інтегральні показники (індекси) екологічної безпеки регіонів України

На другій вкладці «Кореляція показників» відображено графік, що характеризує ступінь відношення або залежності певного показника від інших. Також, на вкладці розміщений список показників для можливості перемикання між ними (рис. 3.13).

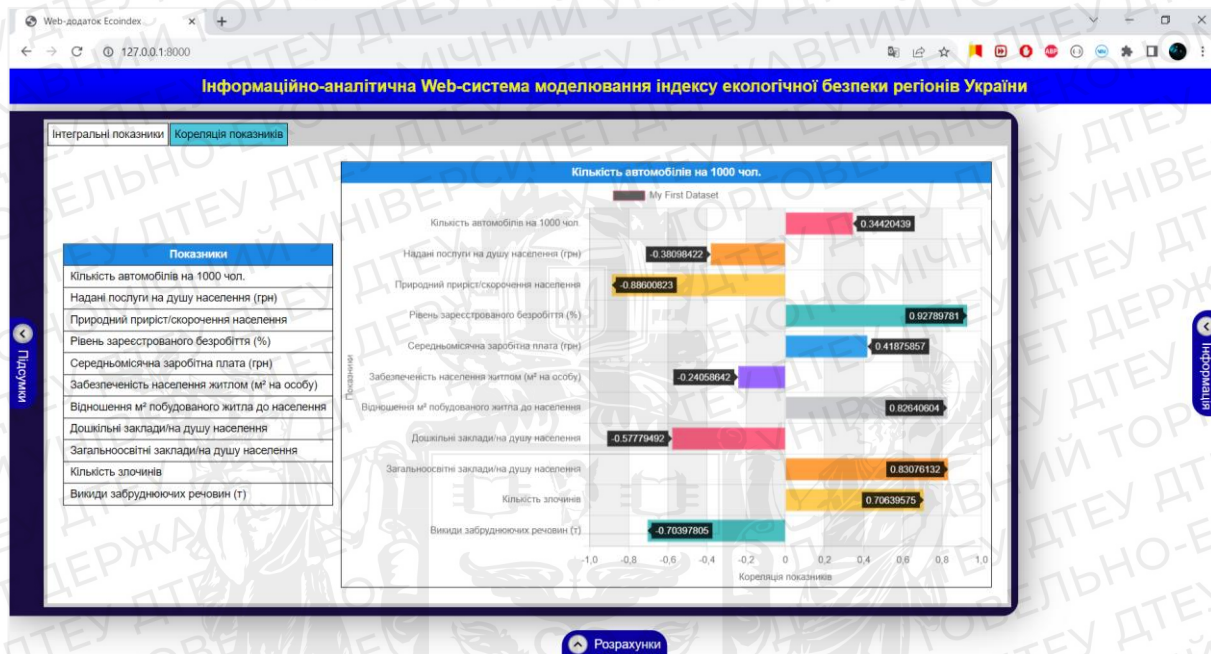


Рис. 3.13. Діаграма кореляційної залежності між показниками екологічного моніторингу

На базі вказаних діаграм зручно проводити аналіз моніторингу екологічної безпеки регіонів, визначати динаміку змін інтегральних показників (індексів), встановлювати причини позитивних й негативних тенденцій в оцінці стану екологічної безпеки, визначити перелік найбільш важливих показників, на яких потрібно вибудовувати регіональні стратегії щодо попередження або уникнення екологічних ризиків.

Таким чином, розроблена і реалізована за допомогою сучасних програмних засобів та на основі факторного аналізу даних інформаційно-аналітична веб-система моніторингу показників екологічної безпеки регіонів України проста у використанні, має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, забезпечує інтерактивний діалог користувача системи у процесі її використання, здійснює розподіл рівнів доступу користувачів, не потребує спеціалізованої підготовки користувачів та значних витрат на її впровадження в систему регіонального управління, забезпечує повноцінне її

використання незалежно від місця перебування користувача та може легко модифікуватися залежно від напрямку і завдань соціально-економічного моніторингу. На основі її використання зручно проводити аналіз рівня ЕБ регіонів, визначати динаміку змін інтегральних показників (індексів), встановлювати причини позитивних та негативних тенденцій в екологічному стані регіонів, визначати перелік найбільш важливих екологічних показників, на яких потрібно акцентувати увагу й навколо яких вибудовувати регіональні стратегії щодо передбачення або уникнення екологічних ризиків.



ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі було представлено результати теоретичних і прикладних досліджень, що полягають у розробці інформаційної технології розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки регіонів з метою підвищення ефективності управління регіональним розвитком та покращенню процесу моніторингу стану екологічної безпеки. Результати прикладних досліджень стали основою для створення автоматизованої інформаційно-аналітичної веб-системи оцінювання показників екологічної безпеки регіонів України. В результаті проведених досліджень були отримані такі **висновки**:

1. Екологічний моніторинг є ефективним засобом науково-практичного обґрунтування вироблення регіональних стратегій щодо контролю й моніторингу рівня екологічної безпеки шляхом забезпечення органів регіонального управління повною, достовірною і оперативною інформацією про екологічні процеси, що протікають в регіоні. При проведенні екологічних досліджень для забезпечення отримання якісних інформаційних ресурсів необхідно використовувати сучасні інформаційні технології моніторингу, що дозволяє шляхом використання актуальної і надійної моніторингової інформації приймати адекватні управлінські рішення до наявної екологічної ситуації в регіоні.

2. Розроблено метод автоматизованого визначення інтегрального показника (індексу) екологічної безпеки та інформаційно-логічну модель автоматизованої системи оцінювання рівня екологічної безпеки регіонів України, що стали основою інформаційної технології оцінювання рівня екологічної безпеки.

3. Здійснено проектування програмної реалізації методу визначення інтегрального показника екологічної безпеки у вигляді автоматизованої системи оцінювання показників екологічної безпеки регіонів України та розроблено технологію її використання.

4. Розроблена та реалізована за допомогою сучасних програмних засобів автоматизованої інформаційно-аналітичної веб-системи розрахунку і моделювання індексу екологічної безпеки регіонів України дозволить проводити моделювання екологічної ситуації в регіонах, що безперечно надасть керівництву цінну інформацію про можливі напрямки вибудовування ефективних стратегій щодо контролю і підвищення рівня екологічної безпеки регіонів. Керівництво отримує не тільки адекватну оцінку рівня екологічної безпеки регіонів, але й можливість визначення безпосередніх причин і наслідків, що формують наявну і майбутню екологічну ситуацію в регіоні.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пурський О.І. Моніторинг соціально-економічного розвитку регіону : монографія / О.І. Пурський, О.А. Харченко, І.О. Мороз. – Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2017. – 180 с.
2. Краснова Ю.А. Право екологічної безпеки : навчальний посібник / Ю.А. Краснова. – К. : ЦП «Компринт», 2019. – 238 с.
3. Методологічні основи дослідження стану соціоекологіоекономічної безпеки : колективна монографія / Л.М. Черчик, Н.В. Коленда, Н.М. Матвійчук та ін. ; за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. Л.М. Черчик. – Луцьк : Терен, 2018. – 336 с.
4. Концептуальні основи соціоекологіоекономічної безпеки : колективна монографія / Л.М. Черчик, Н.В. Коленда, Н.М. Матвійчук та ін. ; за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. Л.М. Черчик. – Луцьк : Терен, 2018. – 496 с.
5. Механізми управління соціоекологіоекономічною безпекою регіону : колективна монографія / Л.М. Черчик, Н.В. Коленда та ін. ; за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. Л.М. Черчик. – Луцьк : Терен, 2019. – 252 с.
6. Сокур М.І. Екологічна безпека та економіка : монографія / М.І. Сокур, В.М. Шмандій, Є.К. Бабець та ін. – Кременчук : ПП Щербатих О.В., 2020. – 240 с.
7. Забезпечення екологічної безпеки : підручник / М.В. Сарапіна, В.А. Андронов, С.Р. Артем'єв та ін. – Х. : НУЦЗУ, 2019. – 246 с.
8. Тарасова В.В. Екологічна статистика (з блочно-модульною формою контролю знань) : підручник / В.В. Тарасова. – К. : Центр учбової літератури, 2008. – 392 с.
9. Правове регулювання екологічної безпеки в Україні : навчальний посібник / А.П. Гетьман, М.В. Шульга, В.Л. Бредіхіна та ін. – Х. : Право, 2012. – 296 с.
10. Проблеми права екологічної безпеки : навч. посіб. / М.В. Краснова, Г.І. Балюк, А.Г. Бобкова та ін. ; під заг. ред. М.В. Красної та Р.С. Кіріна ; відп. ред. В.І. Андрейцев ; М-во освіти і науки України ; Київ. нац. ун-т, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2016. – 575 с.
11. Добрянська Л.О. Стратегічний потенціал екологічної безпеки: технологія економічного зростання : монографія / Л.О. Добрянська, Л.В. Жарова, Є.В. Хлобистов ; за наук. ред. проф. Є.В. Хлобистова. – Львів : Український бестселер, 2012. – 284 с.

12. Волошина Н.О. Загальна екологія та неоекологія : навчальний посібник / Н.О. Волошина. – Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. – 335 с.
13. Гобела В.В. Економіко-безпекова екологізація: теорія і практика : монографія / В.В. Гобела. – Львів : ЛьвДУВС, 2021. – 244 с.
14. Іванюта С.П. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків : монографія / С.П. Іванюта, А.Б. Качинський. – К. : НІСД, 2012. – 308 с.
15. Потапенко В.Г. Стратегічні пріоритети безпечного розвитку України на засадах «зеленої економіки» : монографія / В.Г. Потапенко ; за наук. ред. д.е.н., проф. Є.В. Хлобистова. – К. : НІСД, 2012. – 360 с.
16. Хилько М.І. Екологічна безпека України : навчальний посібник / М.І. Хилько. – К., 2017. – 267 с.
17. Стратегія сталого розвитку: еколого-економічний аспект : навчальний посібник / І.В. Замула, І.В. Давидова, Г.В. Кірейцева та ін. – Житомир : ЖДТУ, 2017. – 200 с.
18. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища : монографія / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв та ін. – Х. : НУГЗУ, 2015. – 419 с.
19. Князева Т.В. Міжнародна екологічна політика: теорія, методологія, сценарії розвитку : монографія / Т.В. Князева ; ДонДУУ. – Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2014. – 384 с.
20. Заржицький О.С. Актуальні проблеми правового забезпечення екологічної політики України (теоретичні аспекти) : монографія / О.С. Заржицький. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 200 с.
21. Матвійчук В.К. Екологічна політика в системі державного управління національним господарством : монографія / В.К. Матвійчук, Ю.О. Чугаєнко, О.І. Савенков. – К. : Національна академія управління, 2013. – 198 с.
22. Еколого-економічний розвиток регіону: проблеми та перспективи : монографія / В.О. Шпильова, О.В. Коломицева, С.І. Головченко, Л.С. Васильченко. – Черкаси : ЧДТУ, 2016. – 214 с.
23. Харазішвілі Ю.М. Системна безпека сталого розвитку: інструментарій оцінки, резерви та стратегічні сценарії реалізації : монографія / Ю.М. Харазішвілі ; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. – Київ, 2019. – 304 с.

24. Словник-довідник з екології : навчально-методичний посібник / О.Г. Лановенко, О.О. Остапішина. – Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2013. – 226 с.
25. Іванюта С.П. Наукові основи оцінки ризиків і загроз екологічній безпеці регіонів України: дис. ... доктора техн. наук : 21.06.01 / Іванюта Сергій Петрович. – Київ, 2017. – 323 с.
26. Іванюта С.П. Наукові основи оцінки ризиків і загроз екологічній безпеці регіонів України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Іванюта Сергій Петрович. – Київ, 2017. – 40 с.
27. Краснова Ю.А. Право екологічної безпеки в Україні: дис. ... доктора юрид. наук : 12.00.06 / Краснова Юлія Андріївна. – Київ, 2018. – 490 с.
28. Краснова Ю.А. Право екологічної безпеки в Україні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра юрид. наук : спец. 12.00.06 «Земельне право; аграрне право; екологічне право; природоресурсне право» / Краснова Юлія Андріївна. – Київ, 2018. – 34 с.
29. Черенкевич О.С. Екологічна безпека України: статистична оцінка та моделювання : дис. ... кандидата екон. наук : 08.00.10 / Черенкевич Олена Сергіївна. – Київ, 2021. – 190 с.
30. Черенкевич О.С. Екологічна безпека України: статистична оцінка та моделювання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.10 «Статистика» / Черенкевич Олена Сергіївна. – Київ, 2021. – 22 с.
31. Баранов С.В. Новые методики и результаты исследования межрегиональной дифференциации на основе метода главных компонент / С.В. Баранов, Т.П. Скуфьина // Вестн. МГТУ. – 2008. – № 2. – С. 201–210.
32. Иберла К. Факторный анализ / К. Иберла ; пер. с нем. В.М. Ивановой. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
33. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др. ; пер. с англ. А.П. Романцова ; под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
34. Жуковская В.М. Факторный анализ в социально-экономических исследованиях / В.М. Жуковская, И.Б. Мучник. – М.: Статистика, 1976. – 152 с.

35. Айвазян С.А. Разработка и анализ интегральных индикаторов качества жизни населения Самарской области / С.А. Айвазян. – М.: ЦЭМИ РАН, 2005. – 124 с.
36. Калинина В.Н. Введение в многомерный статистический анализ : учеб. пособие / В.Н. Калинина, В.И. Соловьев. – М. : ГУУ, 2003. – 66 с.
37. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
38. Курош А.Г. Курс высшей алгебры / А.Г. Курош. – М.: Наука, 1975. – 431 с.
39. Самохвалов Ю.Я. Экспертное оценивание. Методический аспект / Ю.Я. Самохвалов, Е.М. Науменко. – Київ : ДУИКТ, 2007. – 262 с.
40. Розин Б.Б. Конструирование экономико-статистических моделей с заданными свойствами / Б.Б. Розин, М.А. Ягольницер. – Новосибирск : Наука, 1981. – 176 с.
41. Розин Б.Б. Статистическое моделирование экономических показателей / Б.Б. Розин. – Новосибирск : Наука, 1976. – 136 с.
42. Долгополов Д.В. Методы нахождения собственных значений и собственных векторов матриц : метод. указания / Д.В. Долгополов. – СПб. : СПбТИ(ТУ), 2005. – 39 с.
43. Дубровский С.А. Факторный анализ. Методы и приложения / С.А. Дубровский, Е.М. Зейгер, А.А. Френкель // Многомер. статист. анализ в соц.-эконом. исслед. – М. : Наука, 1974. – 347 с.
44. Иванюта С.П. Про інтегральну оцінку рівня екологічної безпеки регіонів України / С.П. Иванюта // Екологічна безпека та природокористування : зб. наук. праць. – 2013. – Вип. 13. – С. 24-34.
45. Иванюта С.П. Екологічна безпека регіонів України: порівняльні оцінки / С.П. Иванюта, А.Б. Качинський // Стратегічні пріоритети. – 2013. – № 3. – С. 157-164.
46. Матвійчук Н.М. Формування системи індикаторів екологічної безпеки України / Н.М. Матвійчук, С.В. Сидорук // Сталій розвиток економіки. – 2018. – № 1. – С. 113-119.
47. Харламова Г.О. Індекс екологічної безпеки України: концепція та оцінка / Г.О. Харламова, В.В. Бутковський // Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка. Економіка. – 2014. – Вип. 7(160). – С. 92-97.

48. Боронос В.Г. Методичні підходи щодо оцінки рівня безпеки регіону шляхом розширення системи екологічних індикаторів / В.Г. Боронос, Л.В. Довга // Науковий вісник ЧДІЕУ. Економіка. – 2014. – Вип. 4. – С. 52-59.
49. Обиход Г.О. Методичні підходи щодо оцінки рівня екологічної небезпеки регіонів України / Г.О. Обиход, Т.Л. Омеляненко // Ефективна економіка. – 2012. – № 10. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1429>.
50. Гадецька З.М. Оцінка екологічного ризику на території України / З.М. Гадецька, Н.В. Кузьмич // Ефективна економіка. – 2015. – № 12. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=4679>.
51. Потапенко В.Г. Екологічна складова в системі показників економічної безпеки / В.Г. Потапенко, Д.С. Бірюков // Ефективна економіка. – 2013. – № 6. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=2088>.
52. Лотиш О.Л. Система екологічних індикаторів сталого розвитку міста як інструмент оцінювання ефективності муніципального екологічного менеджменту / О.Л. Лотиш // Ефективна економіка. – 2013. – № 7. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=2191>.
53. Теряник О.А. Оцінювання сталого екологічного розвитку регіону / О.А. Теряник // Ефективна економіка. – 2015. – № 5. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=4103>.
54. Варламова І.С. Екологічна безпека та сталий розвиток взаємозв'язок та взаємовплив / І.С. Варламова // Ефективна економіка. – 2017. – № 7. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5679>.
55. Пиріков О.В. Індикатори та системи сталого розвитку: теорія та практика / О.В. Пиріков // Ефективна економіка. – 2013. – № 11. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=4026>.
56. Якимчук А.Ю. Оцінювання стану екологічної безпеки України на основі таксономічного аналізу / А.Ю. Якимчук, О.Л. Кардаш, О.Ф. Якимчук // Вісник НУВГП. Економічні науки. – 2020. – Вип. 2. – № 90. – С. 260-272.

57. Тарасова В.В. Комплексна оцінка екологічної безпеки / В.В. Тарасова, І.М. Ковалевська // Вісник ЖДТУ. Економічні науки. – 2012. – № 3(61). – С. 303-305.
58. Тарасова В.В. Інтегральна оцінка екологічного стану довкілля / В.В. Тарасова // Агросвіт. – 2010. – № 14. – С. 16-18.
59. Єгоров Ю.В. Теоретико-методологічні засади аналізу екологічної безпеки в контексті державного управління / Ю.В. Єгоров // Науковий вісник АМУ. Управління. – 2010. – Вип. 1. – С. 186-195.
60. Крихівський М.В. Чисельні показники рівня екологічної безпеки / М.В. Крихівський, Д.Ф. Тимків // Нафтогазова енергетика. – 2013. – № 2(20). – С. 163-173.
61. Ковалевська І.М. Оцінка і управління ризиками екологічної безпеки довкілля / І.М. Ковалевська // Науковий вісник МГУ. Економіка і менеджмент. – 2015. – Вип. 14. – С. 311-315.
62. Ковалевська І.М. Оцінка екологічної безпеки довкілля в Україні / І.М. Ковалевська // Глобальні та національні проблеми економіки : електрон. журн. – 2015. – Вип. 8. – С. 823-827.
63. Ковалевська І.М. Екологічна безпека довкілля Житомирщини / І.М. Ковалевська // Вісник ЖДТУ. Економічні науки. – 2016. – № 1(75). – С. 78-85.
64. Ковалевська І.М. Статистичний аналіз та оцінювання впливу екологічного стану довкілля на здоров'я населення і якість життя людини / І.М. Ковалевська // Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка. Економіка. – 2013. – Вип. 134. – С. 30-32.
65. Жулавский А.Ю. Scientific Methodological Bases of Ecologically Oriented Administrative Territory Management System Forming / А.Ю. Жулавский, Е.А. Павленко, Ю.Т. Алибекова // Молодой ученый. – 2013. – № 11(58). – С. 337-344.
66. Сергієнко Л.В. Державна екологічна політика України та правовий механізм її формування і реалізації / Л.В. Сергієнко, О.М. Дзюбенко, С.В. Ожго // Економіка, управління та адміністрування. – 2019. – № 3(89). – С. 191-200.
67. Гончаренко Т.П. Комплексна оцінка техногенного впливу на довкілля по регіонах України / Т.П. Гончаренко, Л.І. Жицька, Л.І. Плахотня // Вісник ЧДТУ. Технічні науки. – 2019. – № 2. – С. 117-125.

68. Карташов Є.Г. Сутність та індикатори реалізації державної політики екологічної безпеки / Є.Г. Карташов // Інвестиції: практика та досвід. – 2016. – № 9. – С. 72-75.
69. Клименко Л.П. Вибір індикаторів зміни рівня екологічної безпеки регіону при впровадженні альтернативних систем теплохолодопостачання / Л.П. Клименко, Н.О. Воскобойнікова // Екологічна безпека. – 2010. – Вип. 2. – С. 16-19.
70. Клименко Л.П. Індикатори зміни рівня екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення при впровадженні альтернативних джерел енергії / Л.П. Клименко, Н.О. Воскобойнікова // Наукові праці. Техногенна безпека. – 2011. – Вип. 151. – Т. 163. – С. 6-9.
71. Петрушенко М.М. Оцінка еколого-економічних конфліктів із урахуванням чинника безпеки / М.М. Петрушенко // Регіональна економіка. – 2012. – № 4. – С. 115-122.
72. Стольберг Ф.В. Вдосконалення системи моніторингу довкілля, індикаторів екологічного виміру в рамках стратегії сталого розвитку України / Ф.В. Стольберг, Ю.Л. Коваленко // Комунальне господарство міст. – 2016. – Вип. 132. – С. 88-92.
73. Рак Ю.П. Оцінка стану безпеки життєдіяльності регіонів України: інтегрований підхід / Ю.П. Рак, О.Б. Зачко // Пожежна безпека. – 2008. – № 13. – С. 86-90.
74. Андронов В.А. Комплексні показники оцінювання стану природно-техногенної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України / В.А. Андронов, Ю.П. Бабков, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. праць. – Х. : НУЦЗ України, 2010. – Вип. 12. – С. 9-20.
75. Каменева І.П. Комплексний аналіз екологічної безпеки міста на основі сучасних ГІС-технологій / І.П. Каменева, А.В. Яцишин, Д.О. Полішко, О.О. Попов // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 5. – С. 41-46.
76. Іванова Т.В. Загрози еколого-економічної безпеки України в контексті викликів глобалізації / Т.В. Іванова // Інвестиції: практика та досвід. – 2019. – № 18. – С. 77-81.
77. Грищенко І.В. Еколого-економічні загрози та небезпеки в Україні: проблеми ідентифікації та протидії [Електронний ресурс] / І.В. Грищенко // Економіка та держава. – 2012. – № 3. – С. 47-51. – Режим доступу: http://www.economy.in.ua/pdf/3_2012/15.pdf.

78. Радевич Т.В. Моделювання інтегрального показника загального рівня екологічної безпеки підприємства / Т.В. Радевич, Ю.О. Ночовна, Н.І. Самбурська // Економічний аналіз. – 2017. – Т. 27. – № 2. – С. 182-191.
79. Харазішвілі Ю.М. Методологічні підходи до оцінки рівня економічної безпеки країни / Ю.М. Харазішвілі // Наука та наукознавство. – 2014. – № 4. – С. 44-58.
80. Омаров Ш.А.О. Оцінка сталого розвитку регіонів України / Ш.А.О. Омаров // Проблеми економіки. – 2014. – № 3. – С. 139-150.
81. Ткачук П.С. Аналіз існуючих аналогів для системи екологічного моніторингу при веденні оперативного-службової діяльності / П.С. Ткачук // Вісник ЛДУ БЖД. – 2018. – № 17. – С. 111-122.
82. Шинкарчук С.О. Методичне забезпечення оцінки трансформацій соціо-еколого-економічної системи в умовах техногенезу / С.О. Шинкарчук // Вісник СумДУ. Економіка. – 2014. – № 1. – С. 19-27.
83. Ячменьова В.М. Аналіз існуючих методів оцінювання еколого-економічної безпеки підприємства / В.М. Ячменьова, А.В. Веретьохін // Экономика и управление. – 2013. – № 5. – С. 96-100.
84. Пурський О.І. Використання факторного аналізу в системі інтелектуальної обробки даних моніторингу соціально-економічного розвитку регіону / О.І. Пурський, І.О. Мороз // Економіка і регіон. – 2013. – № 2(39). – С. 110-120.
85. Бойко О.В. Факторний аналіз індикаторів економічної безпеки машинобудівного комплексу країни / О.В. Бойко, М.І. Башинська, О.З. Редьква // Економіка: реалії часу. – 2016. – № 3(25). – С. 30-37.
86. Аверкина М.Ф. Прогнозування рівня економіко-екологічної безпеки регіону (методичні аспекти) / М.Ф. Аверкина // Фінансова система України. Наукові записки. Економіка. – 2010. – Вип. 13. – С. 422-429.
87. Аверкина М.Ф. Методичні засади оцінювання рівня економіко-екологічної безпеки регіону / М.Ф. Аверкина // Наукові записки НУ ОА. Економіка. – 2010. – Вип. 14. – С. 414-420.
88. Хилько М.І. Екологічна безпека як фундаментальна складова національної безпеки / М.І. Хилько // Вісник ДонНУ ім. Василя Стуса. Політичні науки. – 2021. – № 6. – С. 69-75.
89. Жулавський А.Ю. Механізм забезпечення екологічної безпеки / А.Ю. Жулавський, В.П. Гордієнко // Вісник СумДУ. Економіка. – 2016. – № 1. – С. 7-14.

90. Захаркіна Л.С. Фінансові важелі забезпечення екологічної безпеки як складової національної безпеки України / Л.С. Захаркіна, О.В. Зайцев // Вісник СумДУ. Економіка. – 2019. – № 1. – С. 19-25.
91. Павленко О.О. Використання індексного інструментарію для діагностики соціо-еколого-економічного розвитку території / О.О. Павленко, Ю.Т. Алібекова // Економіка та держава. – 2012. – № 12. – С. 32-38.
92. Поліщук С.З. До питання аналізу екологічного стану атмосферного повітря м. Дніпро / С.З. Поліщук, В.Ю. Каспійцева, Н.О. Ткач // Екологічна безпека. – 2016. – № 2 (22). – С. 65-69.
93. Пляцук Д.Л. Економічні аспекти оцінки екологічних ризиків у техногенно навантажених регіонах / Д.Л. Пляцук, В.В. Бойко // Механізм регулювання економіки. – 2012. – № 4. – С. 222-226.
94. Козицька Л.П. Інтегральна оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Західний Буг в межах Волинської області / Л.П. Козицька, О.С. Музиченко // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2015. – № 3-4 (24). – С. 78-83.
95. Соколенко Л.Ф. Аналіз економічного змісту екологічної безпеки регіону в умовах ефективного природокористування / Л.Ф. Соколенко // Вісник ЖДТУ. Економічні науки. – 2014. – № 4(70). – С. 92-97.
96. Черенкевич О.С. Стратегічні орієнтири екологічної безпеки України / О.С. Черенкевич // Економіко-правова парадигма розвитку сучасного суспільства. – 2017. – № 1. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studlib.org.ua/index.php/eprs/article/view/115>.
97. Talberth J. The Genuine Progress Indicator 2006. Executive Summary Redefining Progress, 2006 / J. Talberth, C. Cobb, N. Slattery. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rprogress.org/publications/2007/GPI2006_ExecSumm.pdf.
98. Державна служба статистики України. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
99. Довкілля України 2021 : статистичний збірник / за ред. О. Прокопенка. – Київ : Держстат України, 2022. – 149 с.
100. Статистичний щорічник України 2021 / за ред. І.Є. Вернера. – Київ : Держстат України, 2022. – 447 с.
101. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы, гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 2004. – 367 с.

102. Екологія: Учебное пособие / под общ. ред. С.А. Боголюбова. – М.: Знание, 2007. – 288 с.
103. Данилов-Данильян В.И. Екологія, охрана природи и екологіческая безпека / В.И. Данилов-Данильян. – М.: Дело, 1997. – 744 с.
104. Екологіческая безпека, устойчивое развитие и природоохранные проблемы / под ред. К.Ф. Фролова. – М.: МГФ "Знание", 1999. – 704 с.
105. Данилишин Б.М. Ефект декаплінгу як фактор взаємозв'язку між економічним зростанням і тиском на довкілля / Б.М. Данилишин, О.О. Веклич // Вісник НАН України. – 2008. – № 5. – С. 12-18.
106. Трансформація життєпридатності в небезпеку – головний тренд еволюції міського середовища України 21 століття. Теоретико-методологічний аналіз / О.М. Трофимчук, Т.Ю. Калюх, Ю.І. Калюх // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. пр. – К., 2009. – Вип. 4. – С. 5-27.
107. Екомережа як територіальна основа розвитку екологічного туризму / А.Г. Шапар, О.О. Скрипник, С.М. Сметана // Екологія і природокористування. – 2008. – Вип. 11. – С. 18-23.
108. Основи екології: Підручник. – 2-ге вид. [Текст] / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.
109. Рудько Г.И. Методика моделювання природних катастроф с целью прогноза и инженерной защиты процесоопасных территорий / Г.И. Рудько, И.Н. Суматохина. – С. 60-62.
110. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: Підручник для студ. еколог. спец. вузів / В.Ю. Некос, Н.В. Максименко, О.Г. Владимірова, А.Ю. Шевченко; Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна. – Харків, 2007. – 288 с.
111. Харламова Г.О. До проблеми моделювання еколого-інвестиційних взаємовпливів // Вісник СНУ ім. Володимира Даля. – 2005. – №5 (87). – С. 214-219.
112. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А.Б. Качинський. – К.: НІСД, 2007. – 312 с.
113. Качинський А.Б. Індикатори національної безпеки: визначення та застосування їх граничних значень: монографія / А.Б. Качинський. – К.: НІСД, 2013. – 104 с.
114. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика / А.Б. Качинський, Т.А. Хміль. – К.: НІСД, 1997. – 127 с.

115. Косовцев В.О. Національна безпека України: проблеми та шляхи реалізації пріоритетних національних інтересів / В.О. Косовцев, І.Ф. Бінько. – К.: НІСД, 2006. – 61 с.
116. Kharlamova, G., 2010. Optimizing the Management of Complex Dynamic Ecosystems: An Ecological-Economic Modeling Approach. NATO Science for Peace and Security Series, Vol. 75, pp. 229-240.
117. Kharlamova G. Environmental Security and Its Economical Aspect. Environmental and Food Safety and Security for South-East Europe and Ukraine. Vitale, Ksenija (Ed.), NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, 2012, pp. 73-80.
118. Kharlamova G., Nesterenko V. Environmental Safety And Economic Development Of Ukraine: Impact Assessment. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. – № 155/2014, С. 19-26.
119. Шмандій В.М. Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави / В.М. Шмандій // Экологическая безопасность. – 1/2008 (1). – С. 9-15.
120. Шмандій В.М. Управління екологічною безпекою на регіональному рівні (теоретичні та практичні аспекти). Автореферат дис... д-технічн. наук. – Х., 2004. – 36 с.
121. Gleick, P. H. "The Implications of Global Climate Changes for International Security." *Climate Change* 15 (October 1989): pp. 303–325.
122. Myers, N. 1986. "The Environmental Dimension to Security Issues." *The Environmentalist* 6 (1986): pp. 251–257.
123. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М. : ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
124. Environmental Performance Index 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://epi.yale.edu/>.
125. OECD Key Environmental Indicators. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/37551205.pdf>.
126. EUROSTAT: Environmental Pressure indicators for the EU. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/status-of-marine-fishstocks/eurostat-environmental-pressure-indicators-for>.

127. System of Environmental-Economic Accounting (SEEA). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea.asp>.
128. Індикатори стану екологічної безпеки держави. Аналітична записка [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/993/>.
129. Щодо вдосконалення методології інтегрального оцінювання рівня економічної безпеки України. Аналітична записка [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень. – Режим доступу: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/schodo-vdoskonalennya-metodologii-integralnogo-ocinyuvannya-rivnya>.
130. Щодо запровадження індикаторів сталого розвитку. Аналітична записка [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень. – Режим доступу: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/schodo-zaprovadzhennya-indikatoriv-stalogo-rozvitku-analitichna>.
131. Щодо оцінки викликів національній безпеці в екологічній сфері. Аналітична записка [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень. – Режим доступу: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/schodo-ocinki-viklikiv-nacionalniy-bezpeci-v-ekologichniy-sferi>.
132. Створення ефективної системи моніторингу довкілля в Україні: проблеми і шляхи їх вирішення. Аналітична записка [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень. – Режим доступу: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/stvorennya-efektivnoi-sistemi-monitoringu-dovkillya-v-ukraini>.
133. Проблеми державної системи екологічного моніторингу в Україні та шляхи їх подолання. Аналітична записка [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень. – Режим доступу: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/problemi-derzhavnoi-sistemi-ekologichnogo-monitoringu-v-ukraini-ta>.
134. Екологічний моніторинг довкілля // Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichniy-monitoring/ekologichniy-monitoring-dovkillya/>.
135. Екологічні показники // Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichni-pokaznyky/>.

136. Моніторинг довкілля. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля / Команда підтримки реформ; Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. – Київ, 2023. – 119 с. – Режим доступу: https://merg.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf
137. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (редакція від 08.10.2023) – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
138. Головач А.Й. Глобальний рівень міжнародної екологічної безпеки в сучасному міжнародному праві навколишнього середовища / А.Й. Головач // Науковий вісник УжНУ. Серія: Право. – 2022. – № 73. – Т. 2. – С. 228-233.
139. Проблеми права екологічної безпеки : навч. посіб. / М.В. Краснова, Г.І. Балюк, А.Г. Бобкова [та ін.] ; під заг. ред. М.В. Красної та Р.С. Кіріна; відп. ред. В.І. Андрейцев; М-во освіти і науки України; Київ. нац. ун-т, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро: НГУ, 2016. – 575 с.
140. Краснова Ю.А. Міжнародно-правове регулювання забезпечення екологічної безпеки / Ю.А. Краснова // Адміністративне право і процес. – 2016. – № 1(15). – С. 96–105.
141. Головатый А. Django. Подробное руководство. – 2-е изд. / А. Головатый, Дж. Каплан-Мосс; пер. с англ. А. Киселева. – СПб.: Символ-Плюс, 2010. – 560 с.
142. Дронов В.А. Django: практика создания Web-сайтов на Python / В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 528 с.
143. Постолиит А.В. Python, Django и PyCharm для начинающих / А.В. Постолиит. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021. – 464 с.
144. Меле А. Django 4 в примерах / А. Меле; пер. с англ. А.В. Логунова. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 800 с.
145. Меле А. Django 2 в примерах / А. Меле; пер. с англ. Д.В. Плотниковой. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 408 с.
146. Дронов В.А. Django 2.1. Практика создания веб-сайтов на Python / В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 672 с.
147. Дронов В.А. Django 3.0. Практика создания веб-сайтов на Python / В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021. – 704 с.

148. Форсье Дж. Django. Разработка веб-приложений на Python / Дж. Форсье, П. Биссекс, У. Чан; пер. с англ. А. Киселева. – СПб.: Символ-Плюс, 2010. – 456 с.
149. Никсон Р. Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5. – 4-е изд. / Р. Никсон; пер. с англ. Н. Вильчинского. – СПб.: Питер, 2016. – 768 с.
150. Флэнаган Д. JavaScript: карманный справочник. – 3-е изд. / Д. Флэнаган. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2013. – 320 с.
151. Крокфорд Д. Как устроен JavaScript / Д. Крокфорд; пер. с англ. Н. Вильчинского. – СПб.: Питер, 2019. – 304 с.
152. Резиг Дж. JavaScript для профессионалов. – 2-е изд. / Дж. Резиг, Р. Фергюсон, Дж. Пакстон. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2016. – 240 с.
153. Дакетт Дж. HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов / Дж. Дакетт; пер. с англ. М.А. Райтмана. – М.: Эксмо, 2013. – 480 с.
154. Дакетт Дж. JavaScript и jQuery. Интерактивная веб-разработка / Дж. Дакетт; пер. с англ. М.А. Райтмана. – М.: Издательство «Э», 2017. – 640 с.
155. Шмитт К. HTML5. Рецепты программирования / К. Шмитт, К. Симпсон. – СПб.: Питер, 2012. – 288 с.
156. Фрэйн Б. HTML5 и CSS3. Разработка сайтов для любых браузеров и устройств. – 2-е изд. / Б. Фрэйн; пер. с англ. Н. Вильчинского. – СПб.: Питер, 2017. – 272 с.
157. Силен Д. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных / Д. Силен, А. Мейсман, М. Али; пер. с англ. Е. Матвеева. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.
158. Вандер Плас Дж. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение / Дж. Вандер Плас. – СПб.: Питер, 2018. – 576 с.
159. Маккинни У. Python и анализ данных. – 2-е изд. / У. Маккинни; пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 540 с.
160. Бэрри П. Изучаем программирование на Python. – 2-е изд. / П. Бэрри; пер. с англ. М.А. Райтмана. – М.: Издательство «Э», 2017. – 624 с.
161. Грант К. CSS для профи / К. Грант; пер. с англ. С. Черникова. – СПб.: Питер, 2019. – 496 с.
162. Бибо Б. jQuery в действии. – 3-е издание / Б. Бибо, И. Кац, А. де Роза; пер. с англ. А. Тумаркина. – СПб.: Питер, 2017. – 528 с.

163. Хоган Б. HTML5 и CSS3. Веб-разработка по стандартам нового поколения. – 2-е изд. / Б. Хоган; пер. с англ. Е. Матвеева. – СПб.: Питер, 2014. – 320 с.
164. Пьюривал С. Основы разработки веб-приложений / С. Пьюривал; пер. с англ. О. Сивченка. – СПб.: Питер, 2015. – 272 с.
165. Прохоренок Н.А. HTML, JavaScript, PHP и MySQL. Джентльменский набор Web-мастера. – 3-е изд., перераб. и доп. / Н.А. Прохоренок. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 912 с.
166. Лутц М. Изучаем Python, том 1. – 5-е изд. / М. Лутц. – СПб.: ООО "Диалектика", 2019. – 832 с.
167. Лутц М. Изучаем Python, том 2. – 5-е изд. / М. Лутц. – СПб.: ООО "Диалектика", 2020. – 720 с.
168. Лутц М. Python. Карманный справочник. – 5-е изд. / М. Лутц. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2015. – 320 с.
169. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: Справ. изд. / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин; Под ред. С.А. Айвазяна. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.

ДОДАТОК

Програмний код реалізації веб-додатку

Python (ver. 3.6.8):

Файл: settings.py (файл налаштувань проекту)

```
import os, sys

from pathlib import Path

BASE_DIR = Path(__file__).resolve().parent.parent

DEBUG = True

ALLOWED_HOSTS = []

INSTALLED_APPS = [
    'django.contrib.admin',
    'django.contrib.auth',
    'django.contrib.contenttypes',
    'django.contrib.sessions',
    'django.contrib.messages',
    'django.contrib.staticfiles',
    'compindex.apps.CompindexConfig',
]

MIDDLEWARE = [
    'django.middleware.security.SecurityMiddleware',
    'django.contrib.sessions.middleware.SessionMiddleware',
    'django.middleware.common.CommonMiddleware',
    'django.middleware.csrf.CsrfViewMiddleware',
    'django.contrib.auth.middleware.AuthenticationMiddleware',
    'django.contrib.messages.middleware.MessageMiddleware',
    'django.middleware.clickjacking.XFrameOptionsMiddleware',
]

ROOT_URLCONF = 'ecoindex_test.urls'

TEMPLATES = [
    {
        'BACKEND': 'django.template.backends.django.DjangoTemplates',
        'DIRS': [],
        'APP_DIRS': True,
        'OPTIONS': {
            'context_processors': [
                'django.template.context_processors.debug',
                'django.template.context_processors.request',
                'django.contrib.auth.context_processors.auth',
                'django.contrib.messages.context_processors.messages',
            ],
        },
    },
]

WSGI_APPLICATION = 'ecoindex_test.wsgi.application'

DATABASES = {
    'default': {
        'ENGINE': 'django.db.backends.sqlite3',
```

```
        'NAME': BASE_DIR / 'db.sqlite3',
    }
}

AUTH_PASSWORD_VALIDATORS = [
    {
        'NAME':
'django.contrib.auth.password_validation.UserAttributeSimilarityValidator',
    },
    {
        'NAME': 'django.contrib.auth.password_validation.MinimumLengthValidator',
    },
    {
        'NAME': 'django.contrib.auth.password_validation.CommonPasswordValidator',
    },
    {
        'NAME': 'django.contrib.auth.password_validation.NumericPasswordValidator',
    },
]

LANGUAGE_CODE = 'uk'
TIME_ZONE = 'UTC'
USE_I18N = True
USE_L10N = True
USE_TZ = True

STATIC_URL = '/static/'
STATICFILES_DIRS = []
STATIC_ROOT = os.path.join(BASE_DIR, 'static')

MEDIA_ROOT = os.path.join(BASE_DIR, 'media')
MEDIA_URL = '/media/'

DEFAULT_AUTO_FIELD = 'django.db.models.BigAutoField'
```

Файл: urls.py (файл маршрутизації проекту)

```
from django.contrib import admin
from django.urls import path, re_path, include
from django.conf.urls.static import static
from compindex.views import *
from . import settings

urlpatterns = [
    path('admin/', admin.site.urls),
    path('', include('compindex.urls')),
]
```


Файл: models.py (опис моделей додатка для проекту)

```
from django.db import models, connection
from django.urls import reverse
from django.db.models import *

# КЛАС: "Регіон" (Region). [ТАБЛИЦЯ №1]
class Region(models.Model):
    name_ukr = models.CharField(verbose_name='Заголовок (укр)', max_length=100)
    name_eng = models.CharField(verbose_name='Заголовок (eng)', max_length=100)
    state = models.ForeignKey('State', on_delete=models.PROTECT,
        verbose_name='Стан', null=True)
    info_ukr = models.TextField(verbose_name='Опис (укр)')
    info_eng = models.TextField(verbose_name='Опис (eng)')

    def __str__(self):
        return self.name_ukr

    def get_absolute_url(self):
        return reverse('region_info', kwargs={'reg_id': self.pk})

    class Meta:
        verbose_name = 'Регіон'
        verbose_name_plural = 'Регіони'
# --- [ КЛАС 'Region' (КІНЕЦЬ) ] ---

# КЛАС: "Показник (індекс)" (Parameter). [ТАБЛИЦЯ №2]
class Parameter(models.Model):
    name_ukr = models.CharField(verbose_name='Назва (укр)', max_length=255)
    name_eng = models.CharField(verbose_name='Назва (eng)', max_length=255)
    u_measure_ukr = models.CharField(verbose_name='Од.вимір. (укр)',
        max_length=255)
    u_measure_eng = models.CharField(verbose_name='Од.вимір. (eng)',
        max_length=255)
    type_of = models.BooleanField(verbose_name='Тип', default=True)
    editable = models.BooleanField(verbose_name='Редагованість', default=True)

    def __str__(self):
        return self.name_ukr

    def get_absolute_url(self):
        return reverse('parameter_info', kwargs={'param_id': self.pk})

    class Meta:
        verbose_name = 'Показник'
        verbose_name_plural = 'Показники'
# --- [ КЛАС 'Parameter' (КІНЕЦЬ) ] ---

# КЛАС: "Стан" (State). [ТАБЛИЦЯ №3]
class State(models.Model):
    name_ukr = models.CharField(verbose_name='Назва (укр)', max_length=255,
        db_index=True)
    name_eng = models.CharField(verbose_name='Назва (eng)', max_length=255)
    descript_ukr = models.TextField(verbose_name='Опис (укр)', blank=True)
    descript_eng = models.TextField(verbose_name='Опис (eng)', blank=True)

    def __str__(self):
        return self.name_ukr

    def get_absolute_url(self):
        return reverse('state_info', kwargs={'stat_id': self.pk})
```

```

class Meta:
    verbose_name = 'Стан'
    verbose_name_plural = 'Стани'
# --- [ КЛАС 'State' (КІНЕЦЬ) ] --- ----

# КЛАС: "Результат (підсумковий)" (Result). [ТАБЛИЦЯ №4]
class Result(models.Model):
    region = models.ForeignKey(verbose_name='Ном.рег.', max_length=255)
    value = models.DecimalField(verbose_name='ІП')

    def get_absolute_url(self):
        return reverse('result_info', kwargs={'res_id': self.pk})

class Meta:
    verbose_name = 'Підсумок'
    verbose_name_plural = 'Підсумки'
# --- [ КЛАС 'Result' (КІНЕЦЬ) ] --- ----

# КЛАС: "Показник у регіоні" (ParameterInRegion). [ТАБЛИЦЯ №5]
class ParameterInRegion(models.Model):
    region = models.ForeignKey(verbose_name='Ном.рег.')
    param = models.ForeignKey(verbose_name='Ном.показн.')
    value = models.DecimalField(verbose_name='Значення')
    value_normal = models.DecimalField(verbose_name='Значення (норм.)',
max_length=255)
    last_update = models.DateTimeField(verbose_name='Останнє оновлення',
auto_now=True)

class Meta:
    verbose_name = 'Показник у регіоні'
    verbose_name_plural = 'Показники у регіонах'
# --- [ КЛАС 'ParameterInRegion' (КІНЕЦЬ) ] --- ----

# КЛАС: "Зміст" (Content). [ТАБЛИЦЯ №6]
class Content(models.Model):
    name = models.CharField(verbose_name='Назва', max_length=255)
    content_ukr = models.TextField(verbose_name='Зміст (укр)')
    content_eng = models.TextField(verbose_name='Зміст (eng)')

    def __str__(self):
        return self.name

    def get_absolute_url(self):
        return reverse('content', kwargs={'cont_id': self.pk})

class Meta:
    verbose_name = 'Зміст'
    verbose_name_plural = 'Зміст'
# --- [ КЛАС 'Content' (КІНЕЦЬ) ] --- ----

```

Файл: urls.py (опис маршрутизації додатка для проекту)

```
from django.urls import path, re_path
from .views import *

urlpatterns = [
    path('', index, name='home'),
    path('region/<int:reg_id>/', get_region_info, name='region_info'),
    path('getRegion/<int:reg_id>/', getRegion, name='getRegion'),
]
```

Файл: views.py (опис представлень додатка для проекту)

```
from django.shortcuts import render, redirect, get_object_or_404
# from django.template.response import TemplateResponse
from django.http import HttpResponseRedirect, HttpResponseNotFound,
Http404, JsonResponse
from django.contrib.auth.forms import AuthenticationForm, UserCreationForm
from django.contrib.auth.views import LoginView
# from django.core.serializers.json import DjangoJSONEncoder
from django.views.generic import ListView, DetailView, CreateView
from django.contrib.auth.mixins import LoginRequiredMixin
from django.contrib.auth import login, logout
from django.forms import model_to_dict
from django.urls import reverse_lazy

from .models import *
from .forms import *
from .serializers import *

# МЕТОД: "" (index).
def index(request):
    regions = Region.objects.all()
    context = { 'regions': regions, }

    return render(request, "compindex/index.html", context=context)
# --- [ МЕТОД "index" (КИНЕЦЬ) ] --- --- ---

# МЕТОД: "Отримати інформацію про певний регион" (getRegion).
def getRegion(request, reg_id=2):
    region = Region.objects.get(id=reg_id)

    data = {
        'id': region.id,
        'name_ukr': region.name_ukr,
        'name_eng': region.name_eng,
        'info_ukr': region.info_ukr,
        'info_eng': region.info_eng,
        'reg_id': reg_id,
    }

    return JsonResponse(data, safe=False)
# --- [ МЕТОД "getRegion" (КИНЕЦЬ) ] --- --- ---
```

Файл: admin.py (опис зареєстрованих моделей додатка проекту)

```
from django.contrib import admin
from .models import * # імпортувати усі моделі

# КЛАС: "Регіон (Адмін)" (RegionAdmin). [ТАБЛИЦЯ №1]
class RegionAdmin(admin.ModelAdmin):
    # Список відображуваних полів
    list_display = ('id', 'name_ukr', 'name_eng', 'state', 'info_ukr', 'info_eng')
    # Список відображуваних посилань
    list_display_links = ('id', 'name_ukr', 'name_eng')
    # Поля, по яким буде відбуватися пошук
    search_fields = ('name_ukr', 'name_eng')
# --- [ КЛАС 'RegionAdmin' (КІНЕЦЬ) ] --- ----

# КЛАС: "Показник / індекс (Адмін)" (ParameterAdmin). [ТАБЛИЦЯ №2]
class ParameterAdmin(admin.ModelAdmin):
    # Список відображуваних полів
    list_display = ('id', 'name_ukr', 'name_eng', 'u_measure_ukr', 'u_measure_eng',
'type', 'editable')
    # Список відображуваних посилань
    list_display_links = ('id', 'name_ukr', 'name_eng')
    # Поля, по яким буде відбуватися пошук
    search_fields = ('name_ukr', 'name_eng')
# --- [ КЛАС 'ParameterAdmin' (КІНЕЦЬ) ] --- ----

# КЛАС: "Стан (Адмін)" (StateAdmin). [ТАБЛИЦЯ №3]
class StateAdmin(admin.ModelAdmin):
    # Список відображуваних полів
    list_display = ('id', 'name_ukr', 'name_eng', 'descript_ukr', 'descript_eng')
    # Список відображуваних посилань
    list_display_links = ('id', 'name_ukr', 'name_eng')
    # Поля, по яким буде відбуватися пошук
    search_fields = ('name_ukr', 'name_eng')
# --- [ КЛАС 'StateAdmin' (КІНЕЦЬ) ] --- ----

# КЛАС: "Результат / підсумок (Адмін)" (ResultAdmin). [ТАБЛИЦЯ №4]
class ResultAdmin(admin.ModelAdmin):
    # Список відображуваних полів
    list_display = ('region', 'value')
    # Список відображуваних посилань
    list_display_links = ('id',)
# --- [ КЛАС 'ResultAdmin' (КІНЕЦЬ) ] --- ----

# КЛАС: "Показник в регіоні (Адмін)" (ParameterInRegionAdmin). [ТАБЛИЦЯ №5]
class ParameterInRegionAdmin(admin.ModelAdmin):

    # Список відображуваних полів
    list_display = ('region', 'param', 'value', 'value_normal', 'last_update')
    # Список відображуваних посилань
    list_display_links = ('region', 'param')
# --- [ КЛАС 'ParameterInRegionAdmin' (КІНЕЦЬ) ] --- ----

# КЛАС: "Зміст / контент (Адмін)" (ContentAdmin). [ТАБЛИЦЯ №6]
class ContentAdmin(admin.ModelAdmin):
    # Список відображуваних полів
    list_display = ('id', 'name', 'content_ukr', 'content_eng')
    # Список відображуваних посилань
    list_display_links = ('id', 'name')
    # Поля, по яким буде відбуватися пошук
    search_fields = ('name',)
```

```
# --- [ КЛАС 'ContentAdmin' (КІНЕЦЬ) ] --- ----  
# --- [ РЕЄСТРАЦІЯ ЗМІН (ПОЧАТОК) ] --- ----  
# реєстрація змін для таблиці "Регіони" [1] (Адмін)  
admin.site.register(Region, RegionAdmin)  
# реєстрація змін для таблиці "Показник" [2] (Адмін)  
admin.site.register(Parameter, ParameterAdmin)  
# реєстрація змін для таблиці "Стан" [3] (Адмін)  
admin.site.register(State, StateAdmin)  
# реєстрація змін для таблиці "Результат" [4] (Адмін)  
admin.site.register(Result, ResultAdmin)  
# реєстрація змін для таблиці "Показник в регіоні" [5] (Адмін)  
admin.site.register(ParameterInRegion, ParameterInRegionAdmin)  
# реєстрація змін для таблиці "Зміст" [6] (Адмін)  
admin.site.register(Content, ContentAdmin)  
# --- [ РЕЄСТРАЦІЯ ЗМІН (КІНЕЦЬ) ] --- ----
```

