

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять

**МАТЕМАТИЧНІ ТА СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В ЕКОЛОГІЇ**

по курсам «Ландшафтна екологія», «Гідрологія», «Агроекологія»  
для студентів спеціальності 101 «Екологія» всіх форм навчання,  
в тому числі іноземних студентів

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 1 від 25.02.2021 р.

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2021

Методичні вказівки до практичних занять «Математичні та статистичні методи в екології» з курсів «Ландшафтна екологія», «Гідрологія», «Агроекологія» для студентів всіх форм навчання, в тому числі іноземних студентів спеціальності 101 «Екологія» / Укладачі Т. С. Тихомирова, О. М. Філенко, О. В. Шестопапов, О. С. Гетта. – Харків : НТУ «ХП», 2021 р. – 40 с.

Рецензент: проф. М. О. Подустов

Кафедра хімічної техніки та промислової екології

## ВСТУП

Дані методичні вказівки призначені для виконання практичних робіт з курсів «Ландшафтна екологія», «Гідрологія» «Агроекологія» по розділу математичні та статистичні методи в спеціальних дисциплінах екології. Дані методи використовуються для оцінки різних станів навколишнього середовища, його окремих елементів та об'єктів, в тому числі з прив'язкою до просторових координатам.

При виконанні практичних робіт з використанням даних методичних вказівок студенти отримують навички роботи в команді, навички роботи зі статистичними апаратом в екології.

У методичних вказівках розглянуті цілі практичних занять, наведено теоретичний матеріал. Також наведено приклад виконання завдань та перелік індивідуальних завдань для кожного з курсів окремо («Ландшафтна екологія», «Гідрологія» «Агроекологія»), список контрольних питань.

Запропоновані індивідуальні завдання мають практичне значення для рішень найважливіших питань охорони навколишнього середовища як в Україні, так й в усьому світі.

# ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

## Метод мозкового штурму в екології

**Мета заняття:** опанувати методику мозкового штурму для прийняття рішень в складних чи невирішених проблемах екології, набуття навичок роботи у команді, спробувати себе у різних ролях – ведучий, учасник, модератор сеансу мозкового штурму. Заняття розраховано на 4 аудиторних години.

### 1. Поняття про метод мозкового штурму

«Мозковий штурм або мозковий шторм» (або «злива ідей», генерування ідей, англ. brainstorming) – популярний метод висування творчих ідей у процесі розв’язування наукової чи технічної проблеми, сеанси якого стимулюють творче мислення.

Автор креативної техніки, що отримала назву мозковий штурм – Алекс Осборн (1888–1966) – відомий американський діяч в галузі реклами. Метод запропоновано у 1953 році (а іншими джерелами ще у 1941 році).

Метод служить для оперативного вирішення проблем і ґрунтується на стимулюванні творчої активності людей, які беруть у ньому участь і пропонують максимальну кількість всіляких варіантів вирішення. Після того, як всі варіанти озвучені, вибираються ті, які найбільше підходять для успішної реалізації на практиці. Зазвичай мозковий штурм складається з трьох обов’язкових етапів, різних з організації та правилам проведення.

### 2. Етапи мозкового штурму

Мозковий штурм складається з трьох великих етапів:

1. Постановка проблеми.
2. Генерація ідей.
3. Відбір, систематизація та оцінка ідей

#### 2.1. Постановка проблеми

Цей етап вважається попереднім. Він включає в себе чітке формулювання проблеми, відбір учасників й розподіл їх ролей (провідного, помічників та ін.). Розподіл, в свою чергу, залежить від специфіки проблеми та форми, в якій буде проводитися штурм.

## ***2.2. Генерація ідей***

Це основний етап й саме від нього залежить успіх всього заходу. З цієї причини важливо дотримуватися таких правил:

- 1) Максимальна кількість ідей, без будь-яких обмежень
- 2) Приймаються навіть фантастичні, абсурдні і нестандартні ідеї
- 3) Ідеї можна і потрібно комбінувати і покращувати
- 4) Не повинно бути ніякої критики або оцінювання пропонувананих ідей.

## ***2.3. Відбір, систематизація та оцінка ідей***

Заключний, але не менш важливий етап, який чомусь часто не береться до уваги. Потрібно розуміти, що за допомогою цього етапу стає можливим виділити по-справжньому ефективні ідеї та привести весь мозковий штурм до спільного знаменника. На противагу другого етапу, оцінка й критика вітаються. А то, наскільки даний етап пройде успішно, залежить від узгодженості роботи учасників та загальним контролем їх думок щодо розв'язуваної задачі і пропонувананих рішень.

Як правило, для мозкового штурму створюється дві групи. До першої групи входять люди – генератори ідей, які пропонують рішення. А друга група складається з так званої комісії, що займається обробкою запропонувананих рішень.

## **3. Методика проведення мозкового штурму**

У мозковому штурмі бере участь група людей, що складається з ведучого та фахівців, а також осіб, які опосередковано мають уявлення про проблему, відомі своїми широкими знаннями у різних галузях та не стандартним й креативним мисленням. Як тільки ведучий поставив основне завдання, фахівці та запрошені учасники починають висловлювати свої ідеї. Якщо в заході беруть участь люди різних посад, рангів, чинів і соціального статусу, то краще за все, щоб ідеї пропонувалися саме по зростанню статусу, під виключення психологічного фактора «згоди з начальством». Цікаво ще й те, що в більшості випадків на початку штурму все висунуті ідеї мають посередній характер, абсолютно звичайні та тривіальні, проте у міру залучення учасників до процесу та активізації мислення й творчого потенціалу починають з'являтися оригінальні, незвичайні ідеї. Протягом всього

процесу ведучий записує всі озвучені пропозиції. І вже після цього здійснюється їх відбір, аналіз та розвиток. Результатом стає найбільш ефективний та оригінальний спосіб вирішення поставленої проблеми.

В сучасному світі не має потреби фізично збирати учасників в одному приміщенні. За допомогою хмарних сервісів, чатів та месенджерів, гул-форм можливо залучити фахівців та інших учасників з різних куточків світу, чітко обмеживши тільки час зустрічі та сформулювавши проблеми чи питання безпосередньо перед початком сеансу мозкового штурму.

#### **4. Переваги методу мозкового штурму**

По-перше, спільна діяльність учасників, кожен з яких має свій досвід, бачення ситуації й знання, утворює синергетичний ефект, багаторазово підсилює результат пошуку рішень.

По-друге, сам процес мозкового штурму володіє особливим творчим потенціалом, тим самим перетворюючись в захоплюючу колективну й навіть ігрову діяльність.

І, по-третє, що панує під час мозкового штурму дружня й позитивна обстановка дозволяє його учасникам не тільки конструктивно сприймати будь-яку критику, але й імпровізувати та використовувати максимум свого потенціалу, а також служить посиленню довіри і позитивного настрою.

Представлені дані наочно демонструють ефективність методу мозкового штурму і пояснюють його затребуваність й популярність серед вчених, педагогів, дизайнерів, менеджерів, політиків та інших фахівців різних областей по всьому світу. Адже така колективна робота дозволяє добитися справді високих і чудових результатів. Однак багато вчених, зокрема, психологи, стверджують, що якщо робота команди учасників штурму організована неправильно, то й результати штурму будуть дуже низькими, звівши гідності методу нанівець. Для ефективного проведення мозкового штурму існують певні правила.

#### **5. Правила мозкового штурму**

1. Попередня підготовка. Існує дві протилежних думки щодо необхідності попередньої підготовки. За одним сценарієм всім учасникам мозкового штурму слід готуватися до нього заздалегідь. Завдання штурму повинна бути озвучена мінімум за 2–3 дні до його проведення. За цей час

учасники зможуть непогано обміркувати стоїть перед ними проблему й вже на самому початку штурму запропонувати кілька цікавих ідей. За іншим сценарієм проблема стає відомою учасникам за 5–10 хвилин до початку сеансу мозкового штурму – у таких випадках мозок людини працює у певному стресі та генерує найнестандартніші рішення. За другим сценарієм майже ніколи не буває повторення ідей, не буває подібних за суттю рішень.

2. Багато учасників. Щоб мозковий штурм пройшов максимально ефективно потрібно запрошувати для участі в ньому якомога більше людей, що пропонують, відповідно, більше ідей – результати від такого підходу можуть бути дуже несподіваними.

3. Уточнення поставленого завдання. Перед початком штурму рекомендується відвести певний час на додаткове уточнення досліджуваної проблеми. Це дозволить ще раз налаштувати всіх «на одну хвилю», упевнитися в тому, що всі учасники намагаються вирішити одну й ту ж задачу та ще раз переконатися, що вона поставлена вірно.

4. Записи. Протягом усієї «гри» потрібно неодмінно вести записи та робити позначки. Причому, робити це повинен кожен учасник. Дану задачу, звичайно, може виконувати й один ведучий, але він в будь-якому випадку може щось упустити, пропустити, не помітити. Якщо ж фіксувати ідеї буде модератор, який не приймає участі в обговоренні та ще й з використанням записуючих пристроїв, то й підсумковий список рішень та ідей буде максимально повним й об'єктивним.

5. Ніякої критики. Цей пункт вже входить в основні правила проведення мозкового штурму, але про нього варто згадати ще раз. Ні в якому разі не відкидайте пропонуються ідеї, якими б безглуздими або фантастичними вони не здавалися. Часто саме вони, перероблені, доповнені та наближені до реальності, є тими рішеннями, заради яких і влаштовується мозковий штурм. До того ж, критика завжди пригнічує людей, а допускати цього під час штурму категорично не рекомендується.

6. Максимальна генерація ідей. Кожен учасник процесу повинен зрозуміти, що йому потрібно пропонувати якомога більше ідей. Недосвідчені учасники можуть соромитися або обмірковувати ідеї, які не озвучуючи їх. Слід розуміти, що це багаторазово знижує всю ефективність методу. Це ж стосується й тих випадків, коли рішення, здавалося б, знайдено – ідеї по-

винні генеруватися протягом усього часу, виділеного на другий етап мозкового штурму.

7. Залучення інших людей. Якщо, наприклад, під час штурму є мета скласти список з 100 рішень, але цей рівень ніяк не досягається, можна залучити до мозкового штурму людей, які або не присутні на штурмі, або взагалі не мають до нього ніякого відношення.

8. Модифікація ідей. Для отримання найкращого результату можна поєднувати дві ідеї (й більше) в одну. Особливо ефективно використовувати цей прийом, коли є варіанти вирішення проблеми, запропоновані людьми різного статусу, посади, рангу.

9. Візуальне відображення. Для зручності сприйняття та підвищення результативності мозкового штурму слід використовувати маркерні дошки, флеш-панелі, плакати, схеми, таблиці та ін.

10. Негативний результат. Під час пошуку рішення й навіть по його закінченні уявіть, що ситуація обернулася чином, прямо протилежним необхідному, й все пішло не так, як ви планували. За допомогою такого моделювання можна сприяти виробленню додаткових ідей, а також морально та психологічно підготувати себе до будь-якої ситуації.

11. Обмеження часу. Психологи та лікарі вважають, що мозок ефективно генерує ідей чи шукає рішення протягом 45–60 хвилин. По закінченню цього часу ефективність та працездатність знижується майже до нуля. Тож бажано не виходити за дані часові рамки при проведенні сеансу мозкового штурму.

## **6. Основні етапи проведення практичного заняття**

Викладач повинен детально ознайомити студентів з методикою. Проведення мозкового штурму. Навести яскраві приклади вирішення проблем за допомогою мозкового штурму.

Наступним етапом обрати ведучого та модератора зі студентів. Бажано, щоб це був так званий сліпий вибір за допомогою жеребкування. Це необхідно для усунення фактору впливу ведучого на групу, адже староста чи найрозумніший студент можуть своїм авторитетом та попередніми стосунками у групі гальмувати висловлювання чи навіть створювати атмосферу страху.

Необхідно вимкнути мобільні телефони, прибрати з парт усі зайві речі та попросити студентів зайняти найзручніші місця та пози в аудиторії.

Ведучий озвучує проблему, яку попередньо обирають для вирішення разом з групою та викладачем. Викладач починає хронометраж часу та студенти починають висловлювати свої ідеї. Модератор фіксує усі ідеї. Викладач не втручається в хід сеансу, але спостерігає та зупиняє сеанс, якщо у групі починаються взаємні образи, негативні або дискримінаційні висловлювання, цькування.

Після завершення часу сеансу мозкового штурму студенти та викладач проводять обговорення ідей, обов'язково без уточнення щодо їх авторства.

### **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. В чому суть методу мозкового штурму?
2. Що є запорукою успішного сеансу мозкового штурму?
3. Кого запрошують до участі в сеансі мозкового штурму?
4. Наведіть приклади невирішених проблем в екології, які можна спробувати вирішити використовуючи мозковий штурм?
5. Який оптимальний час сеансу мозкового штурму? Чому?
6. Які функції модератора сеансу мозкового штурму?

#### ***Приклади завдань з курсу «Ландшафтна екологія»***

1. Як можна було вирішити проблему зі зростанням кількості кроликів в Австралії без їх вбивства.
2. Як запобігти вирубці лісів в Латинській Америці, мешкаючи в Україні.
3. Як змінити ставлення українців до полювання на диких тварин.
4. Які негативні наслідки від руйнування гір в Україні.
5. Як вирішити проблему втрати біорізноманіття в світі.

#### ***Приклади завдань з курсу «Гідрологія»***

1. Як запобігти обмілінню невеликих річок України?
2. Як зменшити негативний вплив туристів на прибережні смуги Чорного та Азовського морів?

3. Як збільшити відповідальність підприємств за скиди забруднених стічних вод?

4. Як підвищити свідомість громадян щодо перевірки якості питної води, яку вони споживають?

5. Як прибрати мікропластик з водоймі?

### ***Приклади завдань з курсу «Агроекологія»***

1. Як зменшити обсяги використаних пестицидів в Україні?

2. Як повністю перейти до стандартів органічного землеробства в Україні?

3. Як збільшити врожайність основних сільськогосподарських культур в країнах з нерозвинутою економікою?

4. Як ефективно запобігти вітровій ерозії ґрунтів в Харківській області?

Як зробити органічне розведення риби економічно вигідним?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

### Метод рангової кореляції для виявлення найбільш значущих чинників, що формують або впливають на екологічний стан регіону, об'єкту чи екосистеми

**Мета заняття.** Набуття студентами вміння використання методу рангової кореляції для виявлення найбільш значущих та істотних чинників, факторів що формують екологічний стан обраного району країни, гідрологічного об'єкту або агрофітоценозу. Набуття навичок роботи в команді. Заняття розраховане на 6 аудиторних годин.

#### 1. Основні поняття методу рангової кореляції (методу експертних оцінок)

У випадках надзвичайної складності проблеми, її новизни, недостатності наявної інформації, неможливість математичної формалізації процесу вирішення доводиться звертатися до рекомендацій компетентних фахівців, прекрасно знають проблему – до експертів. Їх рішення задачі, аргументація, формування кількісних оцінок, обробка останніх формальними методами дістали назву методу експертних оцінок.

Експерти (від латинського «*expertus*» – досвідчений) – це особи, які володіють знаннями та здатні висловити аргументовану думку щодо досліджуваного явища.

Метод експертних оцінок включає в себе три складові.

1. Інтуїтивно-логічний аналіз завдання. Будується на логічному мисленні та інтуїції експертів, заснований на їх знанні й досвіді. Цим пояснюється високий рівень вимог, що висуваються до експертів.

2. Рішення та видача кількісних або якісних оцінок. Ця процедура являє собою завершальну частину роботи експерта. Ним формується рішення з даної проблеми і дається оцінка очікуваних результатів.

3. Обробка результатів рішення. Отримані від експертів оцінки повинні бути оброблені з метою отримання підсумкової оцінки проблеми. Залежно від поставленого завдання змінюється кількість виконуваних на цьому етапі розрахункових і логічних процедур. Для забезпечення оперативності і мінімізації помилок на даному етапі доцільно використання обчислювальної техніки.

## **2. Етапи підготовки і проведення оцінки за допомогою методу рангової кореляції (методу експертних оцінок)**

Якість одержуваних експертних оцінок в значній мірі визначається підготовкою експертизи, а також застосовуваними методами обробки інформації, одержуваної від експертів.

Єдиних правил підготовки та проведення експертизи немає.

Однак можна виділити основні етапи її підготовки та проведення. До них відносяться:

- 1) формулювання мети експертного аналізу;
- 2) формування групи організаторів експертизи;
- 3) розробка процедур проведення експертної оцінки;
- 4) підбір експертів;
- 5) отримання експертних оцінок;
- 6) обробка результатів опитування і аналіз отриманих даних;
- 7) встановлення ступеня досягнення мети експертизи.

З точки зору дисциплін «Ландшафтна екологія», «Гідрологія», «Агро-екологія» найбільший інтерес представляють три етапи: отримання експертних оцінок, обробка результатів опитування та аналіз отриманих даних.

## **3. Основні етапи проведення практичного заняття**

На першому етапі викладач пояснює студентам суть методу експертної оцінки та пропонує студентам конкретну проблему. Наприклад, Визначити найбільш значущі фактори, що впливають на забруднення повітряного басейну мегаполісу або Визначити найбільш значущі фактори, що впливають на накопичення важких металів в ґрунті з метою подальшого фінансування наукових розробок для мінімізації негативних впливів або розробки рекомендацій щодо посилення екологічного законодавства.

Далі студенти самі зі своєї групи вибирають 10–15 чоловік, які будуть виступати експертами. Можлива участь будь-якої кількості студентів в залежності від чисельності групи, однак тоді достовірність методу знижується.

На наступному етапі студенти за допомогою викладача вибирають й записують всі фактори, що впливають на виникнення того чи іншого виду забруднень, факторів не стабільності екологічної ситуації в регіоні та інш. При виборі факторів, які будуть розглядатися далі, необхідно, щоб студен-

ти зберігали повагу один до одного, уважно вислуховували пропозиції колег, не нав'язували своєї думки, не використали грубих та нищівної висловлювань не залежно від сформованих відносин у групі. Студенти повинні вести себе як група випадково зібраних експертів, які раніше не знайомих один з одним. Викладач стежить, щоб кожен бере участь студент висловлював свою думку. Вибрані чинники (бажано не більше 15) записуються, їм присвоюється порядковий номер. Не бажано включати в розгляд явно помилковий або науково не обґрунтовані фактор. Але для подальшої прихованої перевірки чесності експертів можна включити один фактор, який не має ніякого відношення до проблеми – наприклад вплив положення зірок на ефективність очистки стічних вод. Схожі за своєю суттю фактори слід об'єднати, по можливості, в один.

Для закріплення матеріалу практичної роботи 1 можна та навіть бажано для визначення факторів використовувати метод мозкового штурму. Тоді до подальшого розгляду беруться усі фактори.

Студентами спільно з викладачем вибирається шкала для оцінки значущості факторів. Як правило, використовується шкала від 1 до 10 або від 1 до 100 з певним кроком. При цьому студенти відзначають, що оцінка 1 відповідає найважливішому чиннику, оцінка 10 або 100 (або будь-яка інша максимальна оцінка) – найменш важливому фактору.

На наступному етапі кожен зі студентів проводить оцінку всіх факторів, привласнюючи їм оцінку виходячи з своєї думки, знань та досвіду. Для виключення впливів чужої думки або сформованих відносин між студентами така оцінка проводиться кожним експертом анонімно. Викладач збирає оцінки й сам заповнює зведену таблицю.

Останній етап включає в себе математичну обробку результатів експертної оцінки та спільне прийняття рішення про подальші дії.

#### **4. Математична обробка результатів експертизи**

Для зручності подальшої обробки результатів, необхідно заповнити дві таблиці. Перша – це так звана анкета, яка включає в себе назву проблеми й список розглянутих факторів і має наступну форму:

Таблиця 1 – Анкета

№ фактору	Фактору, що впливає	Експертна оцінка (ранги), бали
	(формулювання проблеми, що досліджується)	
1		
2		
3		
$n$		

Наступна таблиця 2 заповнюється викладачем на дошці після того, як всі студенти заповнили анкети. Вона має таку форму, де  $X_1 \dots X_n$  – це відповідні фактори з таблиці 1

Таблиця 2 – Результати експертизи

Номер експерта	Ранги (надані бали)								
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_n$
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
$m$									
$\sum a_{ij}$									
$d_j$									
$d_j^2$									

Подальша математична обробка результатів експертиз повинна означити, наскільки думки експертів узгоджені, й, отже, наскільки достовірні отримані результати. Математична обробка проводиться за наступним алгоритмом:

Спочатку знаходимо середнє ранжирувального ряду експертів  $a_n$  та загальну середню таблиці рангів а розраховуються за формулами 1 і 2 [2]

$$a_n = \frac{n+1}{2} \quad (1)$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (n+1) \quad (2)$$

де  $n$  – кількість об'єктів дослідження (кількість факторів, причин які оцінювали експерти);  $m$  – кількість експертів;

Потім розраховуємо квадрати відхилень сумарних рангів від загального середнього  $d_j^2$  та суму квадратів відхилень  $S(d_j^2)$  за формулами 3 та 4:

$$d_j^2 = \left( \sum_{i=1}^m a_{ij} - a \right)^2 \quad (3)$$

$$S(d_j^2) = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{i=1}^m a_{ij} - a \right)^2 \quad (4)$$

Відомо, що при повній згоді думок експертів максимальна сума квадратів буде дорівнювати (5)

$$S(d_j^2)_{\max} = \frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot (n^3 - n) \quad (5)$$

Коефіцієнт конкордації  $W_p$  розраховуємо згідно (6)

$$W_p = \frac{S(d_j^2)}{S(d_j^2)_{\max}} \quad (6)$$

Для оцінки коефіцієнта конкордації розраховуємо  $\chi^2$ -розподіл за рівнянням 7.

$$\chi_p^2 = m \cdot (n-1) \cdot W_p \quad (7)$$

Якщо розрахункове значення  $\chi^2$ -розподілу менше табличного (критичного), яке залежить від числа ступенів свободи  $f = n - 1$  та рівня значущості  $q$  (для методу експертних оцінок в екології приймається як правило рівним 0,05, однак при вирішенні свідомо спірних проблем можна приймати рівним 0,1, а при вирішенні простих проблем – рівним 0,01) то думки експертів приймаються узгодженими. Табличне (критичне) значення  $\chi^2$ -розподілу знаходять з додатку А.

Найбільш значущим і істотним фактором визнається той, у якого сума  $\sum a_{ij}$  найменша. Для зручності інтерпретації і наочності рекомендується

ся побудувати графік в системі координат « $\sum a_{ij}$  (вісь у)-номер фактору (вісь х)» з використанням комп'ютерної програми Excel.

### 5. Приклад виконання завдання

Завдання. Визначити суттєві чинники, що впливають на забрудненість атмосфери м. Харків. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду – від 5 до 10, кількість експертів – не більше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Рішення:** Спочатку заповнюємо анкету аналогічно табл. 1. Використовуємо шкалу від 1 до 10, при цьому оцінка 1 відповідає найважливішому чиннику, оцінка 10 – найменш важливому фактору. Для зручності в табл. 3 наведені результати опитування одного експерта. Результати решти представлені в табл. 4.

Таблиця 3 – Анкета

№ фактору	Фактору, що впливає на забрудненість атмосфери (формулювання проблеми, що досліджується)	Експертна оцінка (ранги), бали
1	Вихлопні гази від автотранспорту	1
2	Недостатня площа зелених насаджень навколо великих підприємств	4
3	Погані метеоумови впродовж 6 місяців в році (дощі, тумани, мокрий сніг)	2
4	Відсутність штрафів за використання застарілих систем очистки вихлопних газів від великотоннажного автотранспорту	3
5	Забудова спальних районів без урахування рози вітрів	9
6	Недосконале законодавство та низькі штрафні санкції за понаднормативні і аварійні викиди	7
7	Відсутність сучасних очисних споруд на заводах, в т.ч. ТЕЦ	6
8	Вузькі вулиці та щільна забудова в центрі міста	8
9	Неправильний підбір видів рослин для очищення повітря	5

Таблиця 4 – Результати експертиз

№ експерту	Ранги (надані бали)								
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$
1	1	4	2	3	9	7	6	8	5
2	1	3	4	6	7	5	2	9	8
3	1	9	8	7	2	6	3	5	4
4	8	2	3	1	4	5	9	6	7
5	9	5	1	8	3	7	2	6	4
6	1	4	2	7	3	5	6	8	9
7	1	3	5	2	6	7	4	9	8
8	9	2	7	6	8	3	5	4	1
9	3	7	5	6	2	8	1	4	9
10	1	9	6	5	4	3	8	7	2
11	4	5	3	2	8	1	6	7	9
12	5	6	9	8	2	3	7	4	1
13	1	7	9	3	4	5	2	8	6
14	1	8	7	2	9	3	4	5	6
15	2	3	1	4	9	5	6	8	7
$\Sigma a_{ij}$	48	77	72	70	80	73	71	98	86
$d_j$	-27	2	-3	-5	5	-2	-4	23	11
$d_j^2$	729	4	9	25	25	4	16	529	121

Використовуючи формули 1 і 2 отримуємо ( $n = 9, m = 15$ ):

$$a_n = \frac{n+1}{2} = \frac{9+1}{2} = 5$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (n+1) = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot (9+1) = 75$$

Далі розраховуємо квадрати відхилень сумарних рангів від загально-го середнього  $d_j^2$  та суму квадратів відхилень  $S(d_j^2)$  за формулами 3 и 4:

Наприклад, для першого фактору  $X_1$   $d_j^2$  дорівнює

$$d_j^2 = (a_{ij} - a)^2 = (48 - 75)^2 = (-27)^2 = 729$$

Аналогічно розраховуємо для всіх інших факторів та результати за-носимо в табл. 4

$$S(d_j^2) = 729 + 4 + 9 + 25 + 25 + 4 + 16 + 529 + 121 = 1462$$

Далі за формулою 5 розраховуємо  $S(d_j^2)_{\max}$

$$S(d_j^2)_{\max} = \frac{1}{12} \cdot 15^2 \cdot (9^3 - 9) = 13500$$

Потім за формулою 6 розраховуємо коефіцієнт конкордації з точністю до 4-х знаків після коми

$$W_p = \frac{1462}{13500} = 0,1083$$

За формулою 7 розраховуємо  $\chi^2$ -розподіл з точністю до 3-х знаків після коми

$$\chi_p^2 = 15 \cdot (9 - 1) \cdot 0,1083 = 12,996$$

Табличне значення  $\chi^2$ -розподілу для числа ступенів свободи  $f = n - 1 = 8$  і рівня значущості  $q = 0,05$  дорівнює  $\chi^{2T} = 15,507$  (див. додаток А).

$\chi^{2p} < \chi^{2T}$ , так як  $12,996 < 15,507$ , отже можна зробити висновок про узгодженість думок серед експертів.

Згідно з даними табл. 4 найбільш значущим фактором буде фактор  $X_1$  (тому що у нього  $\sum a_{ij}$  найменша з усіх). Для більшої наочності на папері

вручну або за допомогою програми Excel будуюмо графік такого вигляду:

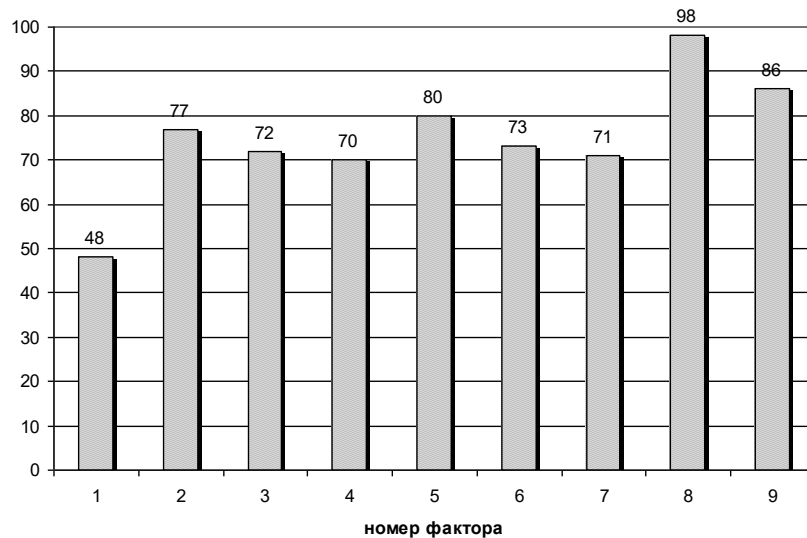


Рисунок 1 – Графічне відображення результатів оцінки впливу факторів на забрудненість атмосфери в м. Харків (формулювання досліджуваної проблеми)

**Висновки:** Після проведених експертиз можна сказати, що фактор під номером 1 (вихлопні гази від автотранспорту) має найбільший вплив

на забруднення атмосфери в м. Харків. Наступна група факторів – це суттєві чинники під номерами 3, 4, 6, 7 (погані метеоумови впродовж 6 місяців на рік (дощі, тумани, мокрий сніг), відсутність штрафів за використання застарілих систем очистки вихлопних газів від великотоннажного автотранспорту, низькі штрафні санкції за наднормативні і аварійні викиди і відсутність сучасних очисних споруд на заводах, а також ТЕЦ відповідно). Дійсно, ця група чинників надає також істотний вплив на забруднення атмосфери та зміна законодавства, наприклад, в бік посилювання штрафів допоможе знизити забрудненість атмосферного повітря. Фактори 2, 5, 8 і 9 відносяться до найменш значущих чинників, при цьому несуттєвим можна визнати фактор 8 (вузькі вулиці та щільна забудова в центрі міста).

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Коли використовують метод експертних оцінок?
2. У чому суть методу експертних оцінок?
3. Яке оптимальне число експертів?
4. Чи існують єдині правила підготовки та проведення експертизи?
5. Назвіть три складові методу експертних оцінок
6. Як оцінюється узгодженість думок експертів?

#### Завдання для виконання з курсу «Ландшафтна екологія»

**Варіант 1.** Визначити суттєві чинники, що впливають на екологічну ситуацію великих мегаполісів України. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 20, кількість експертів – не менше 18. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 2.** Визначити найбільш суттєві наслідки впливу роботи ТЕЦ (на вугіллі) на екологічну ситуацію міста з населенням 100 тис. осіб. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 10, кількість експертів – не менше 12. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 3.** Визначити суттєві фактори, що викликають глобальні зміни клімату на Землі. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 25, кількість експертів – не менше 18. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 4.** Визначити найбільш суттєві наслідки для екологічної ситуації в регіоні від неправильного розташування підприємства хімічної промисловості відносно рози вітрів та розташування водозабору. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 25, кількість експертів – не менше 18. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 5.** Визначити найбільш суттєві наслідки аварії на Чорнобильській АЕС для екологічної ситуації в Україні. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менш 18, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,01$ .

**Варіант 6.** Визначити суттєві чинники, що впливають на забрудненість повітря важкими металами в Полтавській області. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 12, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 7.** Визначити суттєві екологічні фактори, що викликають збільшення захворюваності органів дихальної системи у дітей у віці до 10 років в мегаполісі. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 20, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 8.** Визначити суттєві чинники, що впливають на зменшення площі диких (незайманих) лісів в Західній Україні. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менш 18, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,01$ .

**Варіант 9.** Визначити найбільш суттєві наслідки відсутності в місті з населенням 0,5 млн. осіб екологічно чистих видів транспорту (тролейбусів та трамваїв) й переважання застарілого автобусного парку (автобуси ЛАЗ до 1995 р. випуску). Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,01$ .

**Варіант 10.** Визначити суттєві чинники, що впливають на зменшення поголів'я диких великих ссавців в Україні в період з 1980 по 2000 рр.

Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 11.** Визначити найбільш суттєві наслідки впливу на забрудненість повітря в місті з населенням 300 тис. осіб переважання вузьких транспортних магістралей (рух по одній машині в кожную сторону) і щільна багатоповерхова забудова вздовж таких вулиць без дотримань рекомендованих розмірів санітарно-захисних зон. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 12.** Визначити суттєві чинники, що вплинули на різке збільшення кількості листяних шкідників в 2016 р. в Харківській області. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 13.** Визначити найбільш суттєві наслідки впливу роботи АЕС на екологічну ситуацію мегаполісу. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 20, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 14.** Визначити найбільш перспективні розробки, що дозволяють зменшити енергоспоживання в м. Харкові. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 20, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 15.** Визначити суттєві чинники, що призводять до зміни лісостепу на степ в південних регіонах України. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

### Завдання для виконання з курсу «Гідрологія»

**Варіант 1.** Визначити суттєві чинники, що впливають на зменшення чисельності риби в Азовському морі біля берегів України. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 12, кількість експертів – не менше 10. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 2.** Визначити суттєві чинники, що впливають на якість питної води в Україні. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 12, кількість експертів – не менше 18. Рівень значущості  $q = 0,01$ .

**Варіант 3.** Визначити найбільш суттєві наслідки для екологічної ситуації в регіоні від неправильного розташування відносно водозабору підприємства полімерної промисловості. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 25, кількість експертів – не менше 18. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 4.** Визначити найбільш суттєві наслідки впливу роботи цеху по нанесенню гальванічного покриття на водні ресурси міста. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 10, кількість експертів – не менше 10. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 5.** Визначити суттєві фактори, що впливають на забруднення річок в нерозвинутих та мало розвинутих в економічному відношенні країнах Африки. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 6.** Визначити суттєві фактори, що впливають на забруднення річок в нерозвинутих та мало розвинутих в економічному відношенні країнах Азії. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 17, кількість експертів – не менше 13. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 7.** Визначити причини щорічного зростання кількості смертей в Україні дітей віком до 1 року від отруєння нітратами, що містяться в питній воді. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 12, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 8.** Визначити суттєві чинники, що впливають на зменшення чисельності риби в Чорному морі біля берегів України. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менш 18, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,01$ .

**Варіант 9.** Визначити суттєві наслідки будівництва малих гребель на гірських річках в Західній Україні. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 17, кількість експертів – не менше 13. Рівень значущості  $q = 0,01$ .

**Варіант 10.** Визначити суттєві чинники, впливають на зміну хімічного складу питної водив Україні. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 11.** Визначити причини не ефективного використання водного транспорту в Україні. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 12.** Визначити наслідки збільшення числа річних вантажних перевезень в Україні на 50 %. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 13.** Визначити потенційну небезпеку гідроелектростанції. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 18, кількість експертів – не менше 13. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 14.** Визначити найбільш перспективні розробки, що дозволяють отримувати питну воду у світі з солоної. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 17, кількість експертів – не менше 14. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 15.** Визначити суттєві чинники, що впливають на заболоченість раніше сухих долин. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 14, кількість експертів – не менше 18. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

### Завдання для виконання з курсу «Агроекологія»

**Варіант 1.** Визначити суттєві чинники, що впливають на забрудненість ґрунту важкими металами в Харківській області. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 8, кількість експертів – не менше 10. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 2.** Визначити суттєві чинники, що впливають на зменшення площі сільськогосподарських земель в Чернігівській області. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 12, кількість експертів – не менше 10. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 3.** Визначити суттєві чинники, що впливають на зменшення площі сільськогосподарських земель в Харківській області. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 12, кількість експертів – не менше 10. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 4.** Визначити суттєві чинники, що впливають на зменшення площі сільськогосподарських земель в Харківській області. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 12, кількість експертів – не менше 10. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 5.** Визначити суттєві чинники, що впливають на збільшення площі сільськогосподарських земель навколо зони відчуження ЧАЕС. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 12, кількість експертів – не менше 10. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 6.** Визначити суттєві фактори, що впливають на забруднення річок в нерозвинутих та мало розвинутих в економічному відношенні країнах Азії. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 17, кількість експертів – не менше 13. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 7.** Визначити причини, які впливають на збільшення обсягів органічного виробництва рослинної продукції в Україні. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 20, кількість експертів не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 8.** Визначити суттєві чинники, обмежують розвиток органічного розведення риби в Україні. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менш 18, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,01$ .

**Варіант 9.** Визначити переваги переходу від викопного палива на паливо з залишків рослинництва в невеликих населених пунктах. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 17, кількість експертів – не менше 13. Рівень значущості  $q = 0,01$ .

**Варіант 10.** Визначити суттєві чинники, які впливають на вітрову ерозію сільськогосподарських ґрунтів. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 11.** Визначити основні напрямки використання залишків тваринництва в Харківській області. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 12.** Визначити наслідки збільшення частки геномодифікованої продукції в загальному обсязі сільськогосподарської продукції. Запропонувати рішення для зменшення впливу найістотніших чинників. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 15, кількість експертів – не менше 15. Рівень значущості  $q = 0,1$ .

**Варіант 13.** Запропонувати найбільш дієві шляхи подолання нестачі харчових продуктів у бідних країнах світу. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 16, кількість експертів – не менше 13. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 14.** Визначити шляхи зменшення кількості залишків їжі, що викидають на смітник економічно розвинуті країни. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 17, кількість експертів – не менше 14. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

**Варіант 15.** Визначити суттєві чинники, що впливають на щорічне зростання кількості використаних добрив в Україні. Число факторів, що приймаються до розгляду не менше 18, кількість експертів – не менше 18. Рівень значущості  $q = 0,05$ .

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

### Використання методу надання індексів для оцінки екологічних станів

**Мета заняття.** Набуття студентами вміння використаних методу надання індексів (МНІ) для оцінки екологічних станів чи екологічних явищ в умовах наявності не великого обсягу спеціальної інформації. Заняття розраховане на 6 аудиторних годин.

#### 1. Сутність методу надання індексів

Метод надання індексів в екології найчастіше використовується, коли необхідно провести порівняльний аналіз екологічної ситуації або між декількома регіонами (містами, областями, країнами), або простежити зміну екологічної ситуації в плині часу, або порівняти екологічний стан двох річок, забезпеченість регіону питною водою, відмінності у різних способах обробки земель та ін. МНІ дозволяє зв'язати описову частину з конкретною числовою оцінкою. МНІ дуже простий в застосуванні, але при цьому вимагає від студентів глибоких знань про складові екологічної ситуації, а також глибоких знань про географію та соціально-економічний розвиток України в цілому та її регіонів зокрема, вміння застосовувати набуті навички та знання з курсу «Загальна екологія».

Суть МНІ полягає в наступному: кожній складовій, яка впливає на екологічну ситуацію в регіоні, або екологічний стан водного об'єкту, присвоюється своє чисельне значення (індекс) в залежності від його значущості та вкладу. Шкалу студенти обирають самі, для великих і глибоких досліджень рекомендується використовувати шкалу від 1 до 1000 з кроком 10, але можливі й інші шкали з іншим кроком. Потім все чисельні значення підсумовуються в кожному регіоні окремо. Обов'язковою є прийняття рішення про те, де екологічна ситуація краща – там де сума більше або там де сума індексів менше. Наприклад, якщо екологічна ситуація краща там, де сума індексів менше, то такої складової як наявність в місті ТЕЦ можна привласнити такі індекси: якщо 1–3 ТЕЦ – індекс дорівнює 100, якщо 3–5 ТЕЦ – то індекс дорівнює 200, якщо більше 5 – то індекс дорівнює 300.

Розгляд бажано включати фактори, які покращують або позитивно впливають на екологічну ситуацію чи стан в регіоні. Це може бути наявність лісопаркових зон в центрі міста, кількість зелених насаджень та ін. При цьому, якщо раніше обумовлено що екологічна ситуація краща там, де сума індексів менше, то такої складової присвоюється індекс зі знаком «мінус».

При цьому для визначення факторів й складових, які слід включати в розгляд, студенти повинні спочатку скористатися методом експертних оцінок для виявлення дійсно важливих факторів, що впливають на екологічну ситуацію в регіоні. Для цього використовуються навички, набуті на практичному занятті 2.

## **2. Приклад виконання завдання**

**Завдання А.** Розрахувати узагальнений індекс екологічної ситуації в м. Харків та в м. Умань. В розгляд включити кліматичні, соціальні, географічні та економічні (виробничі) групи факторів. Зробити висновок про те, в якому місті екологічна ситуація краща. Діапазон шкали 0–100, кількість факторів – не менше 15. Екологічна ситуація краща там, де сума індексів менше

**Рішення.** Всі дані заносимо в таблицю, наведену в додатку Б.

Аналізуючи дані табл. Б.1 (додаток Б) можна зробити висновок про те, що екологічна ситуація в цілому в м. Харків краще, ніж в м. Донецьк, так як значення узагальненого індексу в м. Харків менше, ніж у м. Умань ( $335 < 538$ ). Однак слід зазначити, що включені фактори не завжди є абсолютно правильними. Наприклад, крім кількості підприємств тієї чи іншої галузі необхідно враховувати і обсяги виробництва (валовий дохід підприємств або кількість виробленої продукції за рік). Оскільки 1 підприємство в м. Умань може випускати набагато більше продукції, ніж 5 аналогічних в м. Харків, тим самим завдаючи більшої шкоди навколишньому середовищу.

**Завдання Б.** Порівняти зміни екологічної ситуації в м. Харків за останні 12 років. Для цього розрахувати узагальнений індекс екологічної ситуації. Враховувати переважно чинники, пов'язані з виробництвом – наявність сучасного очисного обладнання, наявність замкнених циклів споживання води, безвідходність виробництв і т.д. Завідомо статичні фактори за цей період з розгляду виключити. Діапазон шкали 0–100, кількість факторів – не менше 12. Екологічна ситуація краща в той період, де сума індексів менше.

**Рішення.** Аналізуючи дані таблиці Б. 2 (додаток Б) можна зробити висновок про те, що екологічна ситуація в м. Харків за останні 12 років суттєво не змінилася. У 2008 р. вона стала трохи гірше, незважаючи на поодинокі рішення, спрямовані на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. При цьому в цілому істотного поліпшення не відбувається, тому що паралельно з поліпшенням, наприклад, ситуації з модернізацією очисного обладнання, збільшується потік автомашин.

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому полягає суть методу присвоєння індексів?
2. Коли доцільно використовувати МНІ?
3. Які фактори включаються в розгляд зі знаком «плюс»?
4. Які фактори включаються в розгляд зі знаком «мінус»?
5. Які особливості використання МНІ при оцінки екологічної ситуації в період часу?

### Завдання для виконання з курсу «Ландшафтна екологія»

**Завдання А.** Розрахувати узагальнений екологічний індекс в містах, відповідно до варіанту (табл. 5). Зробити висновок про те, де ситуація краща.

**Завдання Б.** Порівняти екологічну ситуацію в будь-якому з міст із завдання А за останні 15 років.

Таблиця 5 – Варіанти завдань для виконання практичної роботи 3 з курсу «Ландшафтна екологія»

Варіант	Місто 1	Місто 2	шкала	Кількість факторів
1	Миргород	Черкаси	0–150	25
2	Кременчуг	Балаклея	0–100	28
3	Нова Каховка	Ніжин	0–250	30
4	Кривий Ріг	Кропивницький	0–50	30
5	Рубіжне	Ромни	0–100	25
6	Гадяч	Яготин	0–250	30
7	Сміла	Токмак	0–100	30
8	Прилуки	Конотоп	0–150	30

Продовження таблиці 5

9	Умань	Бердянськ	0–100	25
10	Мелітополь	Шостка	0–200	35
11	Бердичів	Нікополь	0–50	40
12	Краматорськ	Коростень	0–100	28
13	Лисичанськ	Гадяч	0–150	30
14	Фастів	Бахмут	0–100	25
15	Калуш	Канів	0–30	35

**Завдання для виконання з курсу «Гідрологія»**

**Завдання А.** Розрахувати узагальнений індекс екологічного стану водних об'єктів відповідно до варіанту (табл. 6). Зробити висновок про те, де ситуація краща.

**Завдання Б.** Порівняти екологічну ситуацію будь-якого водного об'єкту із завдання А за останні 15 років.

Таблиця 6 – Варіанти завдань для виконання практичної роботи 3 з курсу «Гідрологія»

Варіант	Водний об'єкт 1	Водний об'єкт 2	Шкала	Кількість факторів
1	Дніпро	Дністер	0–150	35
2	Алкалія	Барабой	0–100	25
3	Сіверський Донець	Уди	0–250	20
4	Білка	Харків	0–50	18
5	Псел	Лтава	0–100	20
6	Прип'ять	Інгул	0–250	25
7	Дністер	Дунай	0–100	30
8	Яллуґ	Синевір	0–150	22
9	Кагул	Світязь	0–100	25
10	Віжомля	Десняк	0–200	28
11	Кагул	Супотин	0–50	32
12	Сонячне	Тягле	0–100	24
13	Чорниш	Тельбін	0–150	18
14	Алібей	Біле озеро	0–100	30
15	Картал	Шагани	0–30	25

### Завдання для виконання з курсу «Агроекогія»

**Завдання А.** Порівняти переваги та недоліки органічного та традиційного способу вирощування культур, згідно варіантів (табл. 7). До переліку обов'язкового включити вплив на всі елементи навколишнього середовища, екологічний слід, врожайність, кількість відходів на різних етапах її обробки.

Таблиця 7 – Варіанти завдань для виконання практичної роботи 3 з курсу «Агроекологія»

Варіант	Рослинна культура для порівняння органічного та традиційного способу її вирощування	Шкала	Кількість факторів
1	Картопля	0–150	14
2	Огірки	0–100	12
3	Помідори	0–250	16
4	Яблука	0–50	10
5	Полуниця	0–100	12
6	Гарбуз	0–250	15
7	Кавун	0–100	17
8	Виноград	0–150	20
9	Кріп	0–100	22
10	Шпинат	0–200	14
11	Малина	0–50	16
12	Абрикоси	0–100	17
13	Печериці	0–150	16
14	Морква	0–100	14
15	Капуста білокачанна	0–30	12

## ДОДАТКИ

### Додаток А. Табличні (критичні) значення критерію $\chi^2$

Число ступенів свободи ( $f$ )	Рівень значущості ( $q$ )			
	0,10	0,05	0,01	0,001
1	2,706	3,842	6,635	10,829
2	4,605	5,992	9,211	13,817
3	6,251	7,815	11,346	16,269
4	7,779	9,488	13,278	18,470
5	9,236	11,071	15,088	20,519
6	10,645	12,593	16,814	22,462
7	12,017	14,068	18,478	24,327
8	13,362	15,509	20,093	26,130
9	14,684	16,921	21,669	27,883
10	15,987	18,309	23,213	29,594
11	17,275	19,677	24,729	31,271
12	18,549	21,028	26,221	32,917
13	19,812	22,365	27,693	34,536
14	21,064	23,688	29,146	36,132
15	22,307	24,999	30,583	37,706
16	23,542	26,299	32,006	39,262
17	24,769	27,591	33,415	40,801
18	25,989	28,873	34,812	42,323
19	27,204	30,147	36,198	43,832
20	28,412	31,415	37,574	45,327
21	29,615	32,675	38,940	46,810
22	30,813	33,929	40,298	48,281
23	32,007	35,177	41,647	49,742
24	33,196	36,420	42,989	51,194
25	34,382	37,658	44,324	52,635

## Додаток Б

Таблиця Б. 1 – Розрахунок узагальненого індексу екологічної ситуації в м. Харків та м. Умань

Назва фактору	Значення фактора в залежності від його ваги й впливу	Значення фактору для міста	
		Харків	Умань
1	2	3	4
1. Кількість місяців в році з несприятливими метеоумовами			
– менше 2-х	10	20	30
– 2–5	20		
– більше 5-ти	30		
2. Наявність істотних перепад висот в місті			
– менше 10 точок	10	10	20
– більше 10 точок	20		
3. Наявність шахт з видобутку вугілля			
– менше 5	25	0	35
– 5–10	35		
– більше 10	50		
4. Наявність гірничо-збагачувальних комбінатів			
– менше 2	50	0	50
– 2–5	75		
– більше 5	100		
5. Наявність підприємств металургійного комплексу			
– менше 2	40	0	50
– 2–4	50		
– більше 4	60		
5. Наявність підприємств хімічної промисловості (в т.ч. з випуску добрив та отрутохімікатів для сільського господарства)			
– менше 2	55	75	75
– 2–4	65		
– більше 4	75		

Продовження додатка Б  
Продовження таблиці Б. 1

1	2	3	4
6. Наявність в цілому екологічно небезпечних підприємств – менше 10 – 10-20 – більше 20	40 50 60	60	50
7. Загальна площа зелених насаджень в межах міста, в тому числі парків та природоохоронних територій – менше 10 га – 10–50 га – більше 50 га	–40 –50 –60	–50	–40
8. Переважний тип центральних автомагістралей міста (враховується кількість машин, що рухаються в одну сторону) – двосмугові – трисмугові – чотирисмугові	10 20 30	20	20
9. Переважний тип забудови спальних районів – приватний сектор з вкрапленням 5-ти поверхових будинків – 5-ти поверхові будинки з деякою кількістю 9-ти та 16-ти поверхових моноблочних будинків – 9-ти та 16-ти поверхові моноблочні будинки	20 30 40	40	30
10. Наявність аеропорту – 1 – більше 1	50 75	50	50
11. Наявність великих залізничних вантажних вузлів в межах міста – 1 – більше 1	50 75	50	75
12. Переважний метод очищення стічних (каналізаційних) вод – механічний – хімічний – біологічний – біологічний з доочищенням	60 50 40 30	30	40

Продовження додатка Б  
Закінчення таблиці Б. 1

1	2	3	4
13. Стан складів і місць зберігання речовин I класу небезпеки (переважно) – старі занедбані будівлі, що не охороняються – старі споруди до 1990 р. охороняються, ємності проржавіли – приміщення в задовільному стані, ємності відремонтовані	100 90 80	90	80
14. Переважний тип суспільного транспорту – метро, трамвай, тролейбус, автобус порівну – переважання автобусів	30 50	30	50
15. Наявність громадських екологічних організацій, в т.ч. філій міжнародних – кілька, не активних – до 5 великих, які проводять великомасштабні акції 2–3 рази на рік – більше 5, які проводять різні акції постійно, що беруть участь в екологічному вихованні школярів	–20 –50 –90	–90	–50
<b>Разом сумарний узагальнюючий індекс</b>		<b>335</b>	<b>538</b>

Продовження додатка Б

Таблиця Б. 2 – Розрахунок змін узагальненого індексу екологічної ситуації в місті Харків

Назва фактору	Значення фактора в залежності від його ваги та впливу	Значення фактору на дату	
		01.01.2008	31.12.2020
1	2	3	4
1. Загальна кількість підприємств з валовим доходом більше 1 млн. грн на рік			
– до 50	10	20	30
– 50–100	20		
– більше 100	30		
2. Кількість підприємств, які вклали в реконструкцію очисних споруд більше 100 тис. грн за 1 рік			
– до 20	–10	–10	–30
– 20–40	–20		
– більше 40	–30		
3. Кількість легкових автомобілів			
– до 50 тис	40	40	60
– 50–100 тис	50		
– більше 100 тис	60		
4. Кількість підприємств із замкнутим циклом споживання води			
– до 10	–30	–30	–50
– 10–20	–40		
– більше 20	–50		
5. Кількість підприємств, що використовують альтернативні джерела енергії			
– до 10	–10	–10	–20
– 10–20	–20		
– більше 20	–30		
6. Будівництво нових багатоквартирних будинків за 1 рік			
– до 10 шт.	20	20	30
– 10–20	30		
– більше 20	40		

Закінчення додатка Б  
Продовження таблиці Б. 2

1	2	3	4
7. Ситуація з пробками на дорогах – поодинокі затори в годину пік – пробки на дорогах вранці і ввечері щодня тільки в центральних частинах міста – постійні пробки в усіх напрямках	40 50 60	40	50
8. Наявність працюючих підприємств хімічної галузі, в т.ч. сміттєспалювальних заводів – менше 3 – 3–5 – 5–8	70 80 90	70	90
9. Ситуація з ТПВ – будівництво нових полігонів – наявність первинної сортування сміття – будівництво сміттєпереробних заводів	–10 –20 –30	–20	–20
10. Стан складів і місць зберігання речовин I класу небезпеки (переважно) – старі занедбані будівлі, що не охороняються – старі споруди до 1990 р. охороняються, ємності проржавіли – приміщення в задовільному стані, ємності відремонтовані	100 90 80	80	100
11. Число шкіл, де проводяться уроки з екологічних проблем у всіх класах – до 25 – 25–50 – більше 50	–10 –20 –30	–10	–20
12. Середнє число аварій, які спричинили за собою викид небезпечних речовин повітря або воду – 1 на рік – 2–3 на рік – більше 3 на рік	25 35 45	35	45
<b>Разом сумарний узагальнюючий індекс</b>		<b>285</b>	<b>265</b>

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Использование метода мозгового штурма при изучении специальных экологических дисциплин / Тихомирова Т. С., Филенко О. Н., Горбунова О. В., Шестопапов А. В. // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2017. – № 3. – С. 79–83.
2. Качала Т. Б. Комп'ютерна обробка екологічної інформації : практикум / Т. Б. Качала. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. – 28 с.
3. Тарасова В. В. Екологічна статистика (з блочно-модульною формою контролю знань) / В. В. Тарасова : підручник. – Київ : Центр учбової літератури, 2008. – 392 с.
4. Буляница А. Л. Методы статистической обработки экологической информации: дискриминантный, корреляционный и регрессионный анализ [Текст] : учеб. пособ. / А. Л. Буляница, В. Е. Курочкин, И. С. Кноп. – СПб. : ГУАП, РАН. Ин-т аналитич. приб-я, 2005. – 48 с.
5. Вараксин А. Н. Статистические модели с коррелированными предикторами в экологии и медицине / А. Н. Вараксин, В. Г. Панов, Ю. И. Казмер. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2011. – 92 с.
6. Новоселов А. Л. Модели и методы принятия решений в природопользовании [Текст] : учеб. пособ. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / А. Л. Новоселов, И. Ю. Новоселова. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 383 с.
7. Технології обробки та моделювання екологічної та економічної інформації / Мокін В. Б., Поплавський А. В., Ящолт А. Р., Боцула М. П. : Електронний навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 130 с.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Практичне заняття 1. Метод мозкового штурму в екології .....	4
Практичне заняття 2. Метод рангової кореляції для виявлення найбільш значущих чинників, що формують або впливають на екологічний стан регіону, об'єкту чи екосистеми.....	11
Практичне заняття 3. Використання методу надання індексів для оцінки екологічних станів.....	26
Додатки.....	31
Додаток А.....	31
Додаток Б.....	32
Список літератури.....	37

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять

**МАТЕМАТИЧНІ ТА СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В ЕКОЛОГІЇ**

по курсам «Ландшафтна екологія», «Гідрологія», «Агроекологія»  
для студентів спеціальності 101 «Екологія» всіх форм навчання,  
в тому числі іноземних студентів

Укладачі:

ТИХОМИРОВА Тетяна Сергіївна

ФІЛЕНКО Олеся Миколаївна

ШЕСТОПАЛОВ Олексій Валерійович

ГЕТТА Оксана Сергіївна

Відповідальний за випуск В. П. Шапорев  
Роботу рекомендував до друку М. Г. Зінченко  
В авторській редакції

План 2021 р., поз. 17

Підп. до друку \_\_\_\_\_. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.  
Riso-друк. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_.  
Наклад 50 прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Ціна договірна.

---

Видавець Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

---

Самостійне електронне видання