



Co-funded by
the European Union



National University of Water
and Environmental
Engineering

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра екології, технології захисту навколишнього середовища та
лісового господарства

05-02-482М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Популяційна екологія» для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів
усіх освітньо-професійних програм спеціальностей НУВГП
денної та заочної форм навчання

Схвалено
науково-методичною радою
НУВГП
Протокол № 7 від 03.07.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Популяційна екологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів усіх освітньо-професійних програм спеціальностей НУВГП денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Буднік З. М., Варжель О. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 49 с.

Укладачі: Буднік З. М., к.с.-г.н., доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства;
Варжель О. В., доктор філософії, старший викладач кафедри землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, зав. кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Вчений секретар науково-методичної ради НУВГП
Костюкова Т. А.

AFISHE «Development of Aquaculture and Fisheries Education for Green Deal in Armenia and Ukraine: from Education to Ecology» <https://www.afishe.eu/>

Матеріали опубліковані як частина проекту ЄС, який фінансується за підтримки Європейської комісії. Ця публікація відображає погляди авторів і Європейська комісія не може нести відповідальності за використання будь-якої інформації, що тут міститься.

© З. М. Буднік,
О. Л. Варжель, 2024
© НУВГП, 2024

Зміст

Вступ	3
Мета і завдання навчальної дисципліни	3
Тематичний зміст навчальної дисципліни	5
Практична робота 1. Основи демографічного аналізу популяцій	6
Практична робота 2. Оцінка популяційного росту	16
Практична робота 3. Моделювання логістичного росту популяцій	20
Практична робота 4. Аналіз міжвидової конкуренції	26
Практична робота 5. Аналіз популяційного просторового розміщення	32
Практична робота 6. Статистичне вивчення народжуваності та відтворення населення	34
Практична робота 7. Статистичне вивчення смертності	41
Рекомендована література	49

Вступ

Популяційна екологія продовжує розвиватися, зустрічаючи нові виклики, такі як зміни клімату, втрата місць існування, інвазійні види, які вимагають адаптації методів дослідження і управління. Важливими напрямками залишаються міждисциплінарні дослідження і застосування новітніх технологій для вивчення та збереження популяцій.

Ці методичні вказівки розроблені для забезпечення здобувачів вищої освіти комплексними та структурованими інструкціями щодо виконання практичних робіт з дисципліни «Популяційна екологія». Основна мета — надати студентам теоретичні знання та практичні навички, необхідні для дослідження популяційних процесів, аналізу екологічних даних, і моделювання динаміки популяцій.

МЕТА І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни «Популяційна екологія» полягає в глибокому розумінні процесів, що визначають структуру і динаміку популяцій організмів, а також у застосуванні цього знання для вирішення актуальних екологічних і соціальних проблем.

Основними цілями дисципліни є:

1. Формування теоретичних знань: надати студентам ґрунтовне знання основних концепцій і теорій, що стосуються функціонування та еволюції популяцій. Це включає розуміння екологічних і еволюційних механізмів, які впливають на розмір, структуру та динаміку популяцій.

2. Розвиток аналітичних навичок: навчити студентів аналізувати екологічні дані, використовувати математичні моделі для прогнозування змін у популяціях та інтерпретувати результати досліджень. Це включає роботу з різними методами статистичного аналізу і моделювання популяцій.

3. Практичне застосування знань: підготувати студентів до застосування отриманих знань у реальних екологічних і соціальних контекстах. Це може включати управління природними ресурсами, збереження біорізноманіття, контроль шкідників та інвазійних видів, а також прогнозування та управління ризиками, пов'язаними з екологічними змінами.

4. Розвиток критичного мислення: формувати у студентів здатність критично оцінювати наукові дані, розробляти гіпотези та планувати наукові дослідження у сфері популяційної екології. Це допоможе їм об'єктивно оцінювати інформацію та робити обґрунтовані висновки.

5. Інтеграція міждисциплінарних підходів: заохочувати студентів до використання знань і методів з інших дисциплін, таких як генетика, статистика, географія та інформатика, для комплексного дослідження популяційних процесів.

6. Формування екологічної свідомості: сприяти розумінню важливості збереження навколишнього середовища і сталого розвитку, розвивати у студентів екологічно орієнтоване мислення і відповідальність за збереження біорізноманіття.

Після завершення курсу студенти повинні:

✓ Володіти знаннями основних теорій та методів популяційної екології.

✓ Вміти застосовувати математичні та статистичні моделі для аналізу популяційних даних.

- ✓ Розуміти механізми, що керують змінами чисельності популяцій, і вміти прогнозувати ці зміни.
- ✓ Вміти розробляти і реалізовувати заходи з управління та збереження популяцій.
- ✓ Бути здатними до проведення наукових досліджень і критичної оцінки отриманих результатів.
- ✓ Розуміти важливість екологічно відповідальної поведінки і збереження біорізноманіття для стійкого розвитку суспільства.

Дисципліна «Популяційна екологія» є важливою частиною екологічної освіти, оскільки надає студентам необхідні знання та навички для розуміння і вирішення складних екологічних проблем сучасності.

ТЕМАТИЧНИЙ ЗМІСТ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Тема 1. Популяційна екологія, як розділ загальної екології.

Поняття «Популяційна екологія». Мета, об'єкт, предмет та завдання курсу. Історія становлення демекології. Популяційний підхід до вивчення всього живого. Закони, аксіоми, принципи, правила демекології.

Тема 2. Популяція, поняття, характеристика та структура

Вид і його структура. Популяція як структурно-функціональна одиниця виду. Критерії виділення популяції. Структура популяцій. Організація популяцій і способи їх формування.

Тема 3. Енергетичний баланс популяцій

Концепція енергетичного балансу. Розподіл енергії в біосфері. Розподіл енергії в організмах та популяціях. Компоненти енергетичного балансу. Фактори що впливають на енергетичний баланс.

Тема 4. Екологія та географія популяцій. Територіальні закономірності популяцій

Вплив зовнішнього середовища на популяцію. Екологічна амплітуда та лімітуючі фактори. Екологічні та комплексні групи факторів. Екотоп, біотоп та екологічна ніша. Розподіл організмів у популяції та межах ареалу. Географічна мінливість популяції.

Тема 5. Динаміка та еволюція популяцій.

Життя організмів, популяцій та видів. Динаміка чисельності популяцій. Ріст чисельності популяцій. Вживання популяцій.

Швидкість відновлення популяцій. Врівноважена щільність популяції. Ємність середовища та регуляція чисельності популяції. Концепція саморегуляції і коливання чисельності популяцій. Загальні проблеми еволюції популяції. Елементарна еволюційна система, явище, матеріал та фактори. Пускові механізми еволюції. Моделі видоутворення. Мікро-, макро- та синеволуція.

Тема 6. Взаємодія популяцій.

Типи взаємодій. Конкуренція. Хижацтво. Детритофація. Муталізм. Екологічні наслідки взаємодій. Динаміка популяцій і стабільність екосистем.

Тема 7. Адаптація популяцій. Біогеоценоз та екосистема.

Поняття про адаптацію. Загальні проблеми адаптації. Адаптація і популяція. Класифікація та закономірності адаптацій. Загальні підходи. Місце популяції в біогеоценозі.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1:

ОСНОВИ ДЕМОГРАФІЧНОГО АНАЛІЗУ ПОПУЛЯЦІЙ

Мета: ознайомитися з основними методами збору та аналізу демографічних даних популяцій.

Завдання:

1. Виберіть певний вид і зберіть дані про його популяцію (віковий склад, смертність, народжуваність).
2. Побудуйте таблицю життєвих циклів.
3. Розрахуйте коефіцієнти народжуваності та смертності для різних вікових груп.
4. Побудуйте вікову піраміду популяції.

Результат: Звіт із таблицею життєвих циклів, віковою пірамідою та аналізом демографічних показників.

Основні поняття

Вікова структура – популяції певний стан розвитку популяції, проявляється вона у співвідношенні особин різного віку в межах однієї популяції. За переважанням тих чи інших вікових груп розрізняють такі популяції:

- Інвазійні – переважають молоді стадії і відсутні кінцеві;
- Нормальні – представлені всі вікові групи;

➤ Регресивні – відсутні початкові стадії, явне переважання кінцевих стадій.

У природних комплексах, тобто, в тих, де втручання людини зведено до мінімуму, популяції будуть представлені всіма віковими групами. Відмінність у параметрах вікової структури свідчить про порушений стан рівноваги даної системи.

Зручним методом візуалізації вікової структури популяції є «вікові піраміди». Для двостатевих організмів вікову піраміду розділяють навпіл для кожної статі, оскільки виживання та тривалість життя їх може значно відрізнятись (найчастіше самки живуть довше).

Частину популяції, яка тривало розмножується називають запасом популяції, а ту частину молодих особин, які досягли статевої зрілості – щорічним поповненням популяції. У видів з однією генерацією протягом життєвого циклу (наприклад, деякі комахи) запас практично дорівнює нулю і розмноження здійснюється цілком за рахунок поповнення. У видів з великим числом генерацій запас складає значну частку популяції. Величина поповнення становить невелику, але стабільну частку.

За шведським демографом А.Г.Сундбергом (1894) розрізняють три типи вікових пірамід: прогресивний, стаціонарний та регресивний.

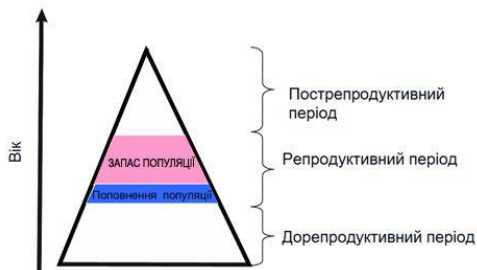


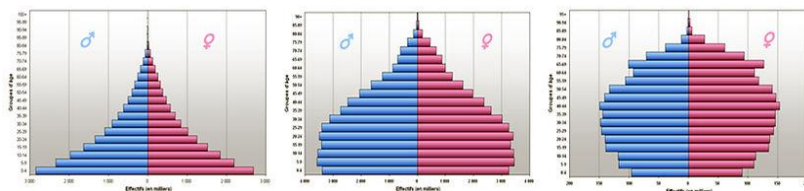
Рис. 1.1. Структура вікової піраміди

Прогресивний тип характеризується значною часткою в популяції молодих особин і низькою представленістю особин старших поколінь і за формою нагадує трикутник. Такий тип вікової піраміди може характеризувати як позитивні процеси у популяції, коли популяція швидко збільшує свою чисельність, і тому основну частину її складають особини репродуктивного віку та їх нащадки. Проте,

подібний тип піраміди буде характеризувати популяції, в яких спостерігається швидке відмирання старших вікових груп.

Стационарний тип характеризується зрівноваженим співвідношенням особин, які складають запас популяції та їх нащадків. Форма піраміди більша нагадує дзвін. Для таких популяцій характерно коли у пари особин в середньому народжується не більше 3-х нащадків.

Регресивний тип характеризується переважанням особин старших вікових груп над частою молодих. Форма нагадує кубок. Такий тип не обов'язково відповідає популяціям, що вимирають. Наприклад для організмів, зі високою плодючістю та значною тривалістю життя регресивний тип вікової піраміди є звичайним явищем. Наприклад, у зрілій діброві більшість дерев будуть являти собою старші вікові групи. Молоді дуби будуть зустрічатися як виключення на галявинах, що залишилися після відмирання окремих старих дерев.



Прогресивний

Стационарний

Регресивний

Рис. 1.2. Типи вікових пірамід

Вікова структура видів, які характеризуються коротким життєвим циклом, має значну динаміку, а форма «піраміди» може значно відрізнятись від класичної. Наприклад, навесні більшість особин жовтогогорлої миші у лісі буде представлено особинами, народженими рік тому. В середині літа як результат розмноження популяція буде складатися переважно з молодих особин. Восени кількість молодих та зрілих особин буде приблизно однаковою, проте до весни доживуть далеко не всі особини.

Облік і аналіз вікової структури має велике значення для раціонального ведення мисливського або рибного господарства і прогнозування популяційно-екологічної ситуації. Популяції господарсько цінних видів, які характеризуються значною часткою особин щорічного поповнення, можуть витримувати доволі значні

обсяги вилучення (до 50%) при збереженні можливості відтворення чисельності. У той же час, популяції видів зі складною віковою структурою, які мають незначну частку особин щорічного поповнення, можуть бути легко знищеними навіть при невеликих обсягах вилучення.

На відміну від статичних популяційних параметрів, для оцінки динамічних параметрів необхідно проведення мінімум двох досліджень. Це пов'язано з тим, що вони відображують не стан популяції, а процеси, що відбуваються в ній. Основними популяційними динамічними параметрами є ріст популяції, народжуваність, смертність, продукція.

Коли ми говоримо про популяцію, то зазвичай маємо на увазі, що така сукупність особин має не лише чіткі межі у просторі, але й існує як цілісність у часі. Наприклад, якщо чисельність популяції є постійною, то сталість цього параметра є результатом деякої динамічної рівноваги процесів надходження=вибуття. Очевидно, що «надходження» нових особин до популяції може відбуватися як за рахунок розмноження організмів, так і за рахунок їх вселення (імміграції) з інших популяцій. «Вибуття» особин відбувається внаслідок загибелі або виселення (еміграції) їх в інші області. У загальному вигляді співвідношення процесів, що визначають динаміку чисельності популяцій, можна записати як:

$$\text{Приріст популяції} = \Delta N = N_{t1} - N_{t2} = \left(\begin{array}{c} \text{народження особин} \\ \text{імміграція особин} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{смертність особин} \\ \text{еміграція особин} \end{array} \right)$$

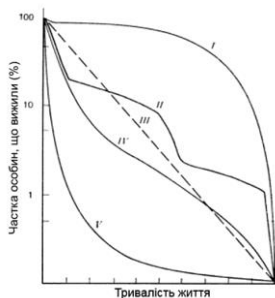
Часто під приростом популяції невірно розуміють різницю між величиною народжуваності та смертності. Отже, приріст популяції, це різниця між чисельністю популяції на початку (N_{t1}) та наприкінці певного періоду часу (N_{t2}). Таким чином, приріст може характеризуватися позитивним значенням, якщо чисельність за цей час виросла, або негативним, якщо чисельність популяції зменшилася. Для стабільного існування популяції не важливо, особина загинула, чи просто втекла за межі ареалу. У будь якому випадку, внесок цієї особини у підтримання чисельності популяції є відсутнім. Це важливо пам'ятати при аналізі демографічної ситуації в людських популяціях.

Значний вплив на приріст популяції мають процеси відмирання особин. Як і народжуваність, смертність у популяції можна оцінити кількісними параметрами, що виражають як число померлих особин на 1000 осіб протягом року (для людини у проміле ‰). В екології величина смертності враховує всіх відмерлих особин незалежно від того, померли вони від старості і хвороб, чи загинули від хижаків або в конкурентній боротьбі з особинами свого виду. З метою розкриття популяційних процесів розраховують коефіцієнти смертності по окремих вікових групах.

Найважливішим показником є *коефіцієнт дитячої смертності*, оскільки він може повністю нівелювати високі показники народжуваності. Зокрема, найбільшими коефіцієнтами дитячої смертності у світі є Ангола – 180 ‰, Сьєрра-Леоне – 154 ‰, Ліберія – 138 ‰, які за показниками народжуваності знаходяться відповідно на 7, 10 та 3 місцях у світі. Для України цей показник становить 8 ‰, для Франції – 4 ‰, Великобританії – 5 ‰. Зрозуміло, що зі збільшенням вікової групи смертність зростає. Проте, вікова динаміка смертності може значно варіювати в окремих популяціях, розкриваючи внутрішню популяційні процеси. У зв'язку з цим велике значення має визначення питомої смертності для можливо окремих вікових груп. Повна картина смертності в популяції послідовно описується статистичними таблицями виживання. Для ілюстрації динаміки смертності використовують криві виживання, які графічно відображають частку особин кожної вікової групи, що вижили.

Криві виживання поділяють на три загальних типи:

Сильно опукла (I) крива – в таких популяціях смертність низька протягом всього життя особин, цей тип кривої характерний для дрозофіл, а також видів великих тварин і, зазвичай, – людини.



Узагальнені криві виживання різних організмів:

I – великі ссавці, птахи, рептилії людина розвинутих країнах; II – комахи з повним перетворенням; III – гідра; IV - птахи, гризуни, людина у слаборозвинутих країнах; V - двостулкові молюски, дерева.

Якщо ж в популяції спостерігається висока смертність на ранніх стадіях – тоді крива стає **сильно увігнутою (V)**. Прикладом такого організму є водні двостулкові молюски (наприклад беззубка), у яких висока смертність спостерігається на стадії вільноплаваючої личинки. Після осідання на субстрат, очікувана тривалість життя сильно збільшується.

До **проміжного** типу відносяться криві виживання для тих видів, у яких є рівна ймовірність загибелі на будь-якому етапі розвитку (наприклад, у гідри).

Крім зазначених типів кривих можна виділити і інші. Так у комах із повним циклом перетворення (наприклад, метеликів) така крива має ступінчастий характер, оскільки у них смертність на стадії яйця та перед заляльковуванням більша ніж на стадії гусені та лялечки.

Виявлено, що на форму кривої виживання впливає ступінь турботи про нащадків. Так, криві виживання бджіл і дроздів (які піклуються про потомство) значно менше увігнуті, ніж у коників і сардин (які не піклуються про нащадків).

Хід роботи

1. Визначення чисельності популяції

На дослідній території вченими було відловлено і промарковано _____ особин (назва тварини) (варіант у табл.1). Через 10 днів відлов повторили і піймали тварин, з яких вже були промарковані. Визначте чисельність популяції тварин на дослідній території, враховуючи, що

мічені у перший раз тварини на дослідній території, враховуючи, що мічені у перший раз тварини рівномірно розподілилися по дослідній території.

Розмір популяції у цьому випадку можна оцінити за методом Петерсена – Лінкольна, який був модифікований Бейлі. Важливою умовою використання цього методу є тривалість інтервалу між двома послідовними відловами: він повинен бути мінімальним, щоб уникнути впливу процесів народження та міграції, але достатнім для можливості промаркованим особинам більш – менш рівномірно поширитися серед інших особин популяції.

Чисельність популяції оцінюється за формулою:

$$N = \frac{M(n + 1)}{m + 1}$$

де N - вихідна чисельність популяції, M — кількість тварин, яких відловили і промаркували в перший раз, n - кількість тварин, яких відловили в другий раз, m — кількість тварин, яка була промаркованою при другому відлові.

Похибка оцінки чисельності визначається за формулою:

$$S_N = \sqrt{\frac{M^2(n + 1)(n - m)}{(m + 1)^2 \times (m + 2)}}$$

2. Вікова піраміда популяції

Побудуйте вікову піраміду популяції дослідної тварини (рис. 1). Для цього визначте середню тривалість життя, розділіть її на шість рівних періодів (наприклад, якщо тварина живе п'ять років (60 місяців), то одна вікова група дорівнює 10 місяцям (60/6 = 10 міс.). В табл. 1 наведені відсотки особин різного віку залежно від загальної чисельності популяції (значення чисельності популяції візьміть із попередньої задачі).

До якого типу належить отримана вікова піраміда популяції? Охарактеризуйте перспективи розвитку популяції дослідного виду тварин при збереженні тенденцій розмноження і смертності.

2. Визначення частот алелей у популяції

Розрахуйте частоту гетерозигот у популяції ____ (назва тварини), якщо __ (рецес./домін.) гомозиготи трапляються з частотою __ (варіант

у табл. 1), використовуючи закон Харді-Вайнберга для визначення частот генотипів у популяції:

$p^2 + 2pq + q^2 = 1$ та визначення частот алелей:

$p + q = 1$, де

p - частота домінантної гомозиготи; q^2 - частота рецесивної гомозиготи; $2pq$ - частота гетерозиготи; p — частота домінантного алеля; q — частота рецесивного алеля.

3. Динаміка чисельності та щільності популяції

На момент створення заказника загальною площею ___ км², до нього завезли ___ особин ___ (назва тварини). Через п'ять років їх чисельність збільшилася на ___ %, а через 10 років зменшилася на % від завезеної кількості та стабілізувалася на цьому рівні. Визначте чисельність і щільність популяції:

- 1) на момент створення заказника,
- 2) через п'ять років,
- 3) через 15 років.

Поясніть, чому чисельність тварин спочатку різко збільшилася, а потім зменшилася і стабілізувалася? Які саме фактори могли вплинути на це?

4. Смертність та крива виживання популяції

Зазначте дорепродуктивний, репродуктивний і післярепродуктивний вік дослідної тварини. Підрахуйте відсоток смертності тварин у кожному з цих періодів. Нарисуйте криву виживання (залежність відсотка особин, які вижили, від віку) та охарактеризуйте її. Зробіть висновок про екологічну стратегію цього виду тварин.

Питання для підготовки

1. Що таке демографічний аналіз? Які його основні цілі?
2. Які основні показники використовуються для оцінки демографічного стану населення?
3. Поясніть значення та важливість таких показників, як коефіцієнт народжуваності, коефіцієнт смертності та очікувана тривалість життя.

Таблица 1.

Вихідні дані

Варіант	К-сть тварин, відловлених у першій раз, ос	К-сть тварин, відловлених у другій раз, ос	К-сть промаркованих тварин при другому відлові, ос	Кількість особин різного віку від загальної чисельності популяції, (%)						Кількість генотипів у популяції		Площа заказника, км ²	Кількість завезених особин	Чисельність через 5 років, %	Чисельність через 15 років, %	Чисельність різних вікових груп			
				періоди						AA	Aa					К-сть народжених особин	К-сть ос. дорепродуктив ного віку	К-сть ос. Репродукти- вного віку	К-сть ос. Післярепро- дуктивного віку
				1	2	3	4	5	6										
1	106	75	12	20	25	35	10	5	5	1/300	-	110	12	220	50	320	316	307	42
2	25	17	2	27	20	16	14	13	10	-	1/20	80	46	260	40	1570	423	395	289
3	98	125	32	12	17	25	31	10	5	1/250	-	140	50	180	60	1740	612	265	192
4	47	51	14	13	19	25	17	16	10	1/310	-	240	10	200	52	211	202	193	67
5	28	33	10	32	25	21	16	5	1	-	1/40	300	11	230	55	317	305	297	71
6	34	41	15	11	10	22	25	19	13	-	1/120	280	16	190	63	462	445	437	276
7	132	102	68	25	23	20	17	10		-	1/150	120	60	170	34	1876	454	377	159
8	248	365	210	16	18	20	16	15	15	1/600	-	150	80	140	47	642	217	204	196
9	21	27	11	23	20	22	17	10	8	-	1/200	480	14	210	51	402	389	378	126
10	33	25	13	15	13	17	22	20	13	1/340	-	180	13	175	45	315	302	283	65
11	79	83	36	19	25	30	16	8	2	1/540	-	230	25	210	58	1345	347	304	211
12	202	288	150	30	25	22	18	3	2	-	1/320	90	43	250	80	720	310	302	215
13	60	79	41	7	12	27	25	19	10	1/700	-	420	12	190	30	842	820	785	312
14	156	189	101	28	23	20	12	9	8	1/640	-	125	48	270	53	1427	1105	1097	392

15	122	143	98	20	21	17	23	15	4	-	1/560	310	57	240	46	614	597	582	211
16	110	114	75	36	20	15	13	11	5		1/240	270	23	190	42	826	806	787	296
17	77	63	23	8	12	20	25	20	15	1/720	-	138	17	210	51	925	318	302	106
18	312	269	157	26	22	19	16	10	7	-	1/60	218	63	180	68	2375	726	710	636
19	44	76	61	16	15	21	20	18	10	1/620	-	290	45	212	48	757	740	735	214
20	38	24	8	26	21	19	15	10	9	-	1/140	285	33	202	62	564	537	526	217
21	369	320	215	10	13	24	16	20	17	1/800	-	162	72	194	35	925	349	217	186
22	180	208	112	14	16	30	22	10	8	-	1/18	410	80	238	46	962	875	712	295
23	142	188	98	42	18	15	11	10	4	1/180	-	390	76	204	42	723	249	215	172
24	56	61	23	24	22	25	20	6	3	-	1/125	325	22	188	58	582	347	229	212
25	38	26	12	12	18	26	30	5	3	1/280	-	295	31	196	56	1545	1327	1205	426
26	108	162	110	21	20	28	25	4	2	-	1/450	192	44	212	32	1631	529	318	265
27	41	44	20	25	20	15	15	13	12	1/360	-	380	38	202	38	829	783	669	128
28	23	72	34	29	25	14	12	12	8	-	1/90	190	22	190	44	1247	645	314	216
29	39	48	18	19	28	35	8	6	4	1/410	-	430	53	186	53	957	875	796	313
30	24	28	8	32	18	15	14	13	8	-	1/220	145	11	225	58	472	453	420	211

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2: ОЦІНКА ПОПУЛЯЦІЙНОГО РОСТУ

Мета: Навчитися моделювати та оцінювати популяційний ріст.

Завдання:

1. Завантажте дані про популяцію певного виду (наприклад, чисельність за роками).
2. Виконайте моделювання експоненціального росту популяції.
3. Побудуйте графік залежності чисельності популяції від часу.
4. Розрахуйте коефіцієнт росту популяції та зробіть прогноз на 10 років.

Результат: Звіт із розрахунками, графіками популяційного росту та прогнозом.

Основні поняття

Абсолютна чисельність населення характеризує загальну величину населення, кількість людей, які проживають на даній території в конкретний момент часу, і є найпершим показником, з якого починається аналіз населення та змін у ньому. Абсолютна чисельність населення є показником моментним, бо відноситься до точного часового моменту.

Абсолютний приріст (скорочення) чисельності населення – це різниця між величинами чисельності населення в ті чи інші моменти часу.

В демографічній статистиці розрізняють три категорії населення: наявне, постійне та юридичне. В Україні переписи населення враховують перші дві категорії, які служать різним цілям. Чисельності наявного та постійного населення відрізняються одна від одної, часом на доволі значну величину.

Наявне населення (НН) - це чисельність осіб, які на момент реєстрації перебувають на території певного населеного пункту, незалежно від місця їхнього постійного проживання.

Наявне населення даної території - це люди, які знаходяться на ній в момент перепису, незалежно від того, скільки часу вони тут знаходяться, збираються чи ні залишатись тут далі, враховані чи ні в списках.

Постійне населення (ПН) - це чисельність осіб, які постійно, протягом тривалого часу проживають на території певного

населеного пункту, незалежно від їхньої наявності на момент перепису.

Постійне населення складається з людей, що постійно живуть в даному місці, незалежно від того, чи знаходяться вони тут в той чи інший момент і чи містяться в тих чи інших списках проживаючих даної місцевості.

Крім категорій постійного та наявного населення, враховуються ще такі категорії населення, як тимчасово проживаючі та тимчасово відсутні.

Тимчасово проживаючі (ТП) - особи, які постійно проживають в іншому населеному пункті, але на момент перепису перебувають у даному пункті (за відсутності на постійному місці проживання не більше, ніж 12 місяців).

Тимчасово відсутні (ТВ) - особи, які постійно проживають у даному населеному пункті, але на момент перепису перебувають за його межами, якщо термін їх відсутності не перевищує 12 місяців.

На основі зазначених категорій населення визначають баланси категорій населення, що використовуються для перевірки точності обліку й розрахунку чисельності постійного та наявного населення за матеріалами перепису населення:

$$НН = ПН - ТВ + ТП \text{ або } ПН = НН - ТП + ТВ.$$

Окремо існує категорія юридичного населення, що складається з осіб, офіційно зареєстрованих на певній території. Ця категорія не збігається з поданими вище та не фіксується переписами, оскільки перепис не передбачає перевірки паспортних даних і провадиться за місцем фактичного проживання, а не реєстрації.

За типами поселення чисельність населення розраховується для міських поселень, сільської місцевості, міських поселень та сільської місцевості разом.

Адміністративно-територіальними одиницями України є: область, район, місто, район у місті, селище міського типу, сільрада, село і селище.

Населені пункти, які є на території України, поділяються на міські та сільські. *Міські поселення* - це населені пункти, що затверджені законодавчими актами як міста та селища міського типу. Всі інші населені пункти - сільські.

Хід роботи

1. Встановити зміну чисельності населення, в тому числі сільського, міського, чоловіків, жінок (побудувати графіки).
2. Встановити причини таких змін.
3. Знайти відсоток сільського, міського, чоловіків, жінок (чисельність сільського/загальну кількість); визначити тенденції зміни; побудувати діаграми.
4. Знайти приріст населення за кожен рік.
5. Зробити висновок.

Таблиця 2

Вихідні дані

Кількість наявного населення з 1913 по 2015 роки

Роки	Кількість населення, млн				
	всього	міське	сільське	чоловіки	жінки
1913	35,2	6,8	22,8	---	---
1939	40,5	13,6	26,9	19,4	21,1
1959	41,9	19,2	22,7	18,6	23,3
1960	42,5	19,9	22,6	18,9	23,6
1965	45,1	22,8	22,3	20,4	24,9
1970	47,1	25,7	21,4	21,3	25,8
1975	48,9	28,6	20,3	22,3	26,6
1979	49,8	30,5	19,3	22,8	27,0
1980	49,9	30,9	19,0	22,8	27,1
1985	50,8	32,9	17,9	23,4	27,4
1989	51,7	34,6	17,1	23,9	27,8
1990	51,8	34,8	16,9	23,8	27,7
1991	51,9	35,0	16,8	23,8	27,7
1992	52,0	35,3	16,7	23,9	27,7
1993	52,2	35,4	16,6	24,0	27,8
1994	52,1	35,4	16,6	23,9	27,7
1995	51,7	35,1	16,6	23,7	27,5
1996	51,3	34,7	16,5	23,5	27,2
1997	50,8	34,3	16,4	23,3	27,0
1998	50,3	34,0	16,3	23,1	26,8
1999	49,9	33,7	16,2	22,9	26,5

2000	49,4	33,3	16,1	22,7	26,3
2001	48,9	32,9	15,9	22,5	26,1
2002	48,4	32,5	15,8	22,3	25,9
2003	48,0	32,3	15,7	22,1	25,7
2004	47,6	32,1	15,4	21,9	25,5
2005	47,2	32,0	15,2	21,7	25,3
2006	46,9	31,8	15,0	21,5	25,2
2007	46,6	31,7	14,8	21,4	25,0
2008	46,3	31,6	14,7	21,2	24,8
2009	46,1	31,5	14,5	21,1	24,7
2010	45,9	31,5	14,4	21,1	24,6
2011	45,7	31,4	14,3	21,0	24,5
2012	45,6	31,3	14,25	20,98	24,48
2013	45,6	31,4	14,2	20,2	25,4
2014	43,0	29,7	13,3	19,9	24,3
2015	42,9	29,7	13,2	19,8	23,1
2016	42,7	29,6	13,1	19,7	22,9
2017	42,6	29,5	13,1	19,6	22,8
2018	42,4	29,4	13,0	19,6	22,8
2019	42,1	29,3	12,8	19,5	22,6
2020	41,9	29,1	12,8	19,3	22,4
2021	41,6	29,0	12,6	19,2	22,4
2022	41,2	28,7	12,5	19,0	21,2

Питання для підготовки

1. Що таке популяційний ріст?
2. Які основні демографічні показники використовуються для оцінки популяційного росту?
3. Поясніть значення таких показників, як природний приріст, міграційний приріст та загальний приріст населення.
4. Які фактори впливають на популяційний ріст?
5. Які джерела можна використовувати для збору демографічних даних?
6. Які дані необхідні для оцінки популяційного росту?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3:

МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО РОСТУ ПОПУЛЯЦІЙ

Мета: Дослідити логістичну модель росту популяцій.

Завдання:

1. Завантажте дані про популяцію з обмеженими ресурсами.
2. Побудуйте логістичну модель росту.
3. Обчисліть максимальну чисельність популяції (K).
4. Проведіть моделювання та побудуйте графік чисельності популяції від часу.

Результат: Звіт із результатами моделювання та графіками чисельності популяції.

Основні поняття

Залежність чисельності популяції від середовища проживання встановлює правило К.Фрідерікса (1927): регулювання чисельності популяції є результат комплексу впливів абіотичного і біотичного середовища в місці проживання виду.

Видову здатність до розмноження при відсутності обмежень з боку середовища характеризує біотичний потенціал популяції.

У даних конкретних умовах живі організми прагнуть максимально реалізувати свій біотичний потенціал, тобто в кожній популяції є тенденція до утворення теоретично максимально можливої кількості нових особин.

Зростання популяцій організмів в природних умовах обмежується запасами їжі і доступним простором, придатним для місцеперебування - тобто ємністю середовища або впливом лімітуючих (обмежуючих) чинників - опором середовища. Причому ці фактори впливають на чисельність опосередковано, через зміну системи біотичних взаємодій. Звідси можна зробити висновок, що існує межа, яка представляє собою максимальну чисельність, до якого буде нескінченно прагнути крива зростання популяції (рис.1).

Область 1 (рис. 2) - перша фаза розвитку популяції - необмежене (експонентне) зростання чисельності; область 2 - друга фаза розвитку - катастрофічне зниження чисельності внаслідок різкого зменшення біологічної ємності середовища; область 3 - логістична крива зростання чисельності, регульованою біологічною ємністю середовища - число особин досягає максимального значення; в 4-й

області відбуваються невеликі коливання чисельності близько середнього значення, що задається ємністю середовища.

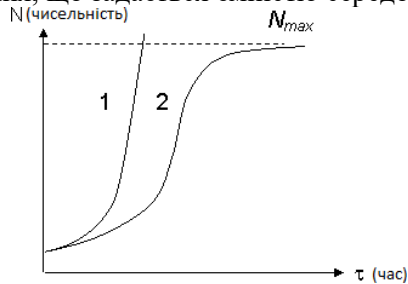


Рис.1. Ріст чисельності популяції: 1 – крива біотичного потенціалу, 2 – логістична крива

Простір між кривими - опір середовища.

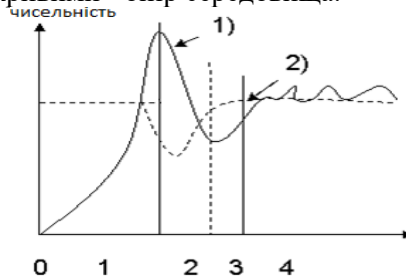


Рис. 2. Розвиток популяцій в надлишковому по ресурсах середовищі: 1) крива зміни чисельності; 2) крива зміни ємності середовища.

Коли популяція досягає максимуму чисельності, її щільність виявляє тенденцію до флуктуацій щодо верхнього асимптотичного рівня зростання. Такі флуктуації можуть виникати або в результаті змін фізичного середовища, внаслідок чого підвищується або знижується верхня межа чисельності, або в результаті внутрішньопопуляційних взаємодій, або, нарешті, в результаті взаємодії з сусідніми популяціями. Після того, як верхня межа чисельності популяції виявиться досягнутою, щільність може деякий час залишатися на цьому рівні або відразу різко впасти. Це падіння виявиться ще різкішим, якщо опір середовища збільшується не поступово, у міру росту популяції, а проявляється раптово. У такому випадку популяція буде реалізовувати біотичний потенціал.

Отже, оскільки після інтенсивного зростання чисельність популяції може стабілізуватися на деякому стійкому рівні, то в даному разі доцільно зростання чисельності (розмноження) популяції описувати так званим **логістичним рівнянням**:

$$\frac{dN}{dt} = rN - \frac{r}{K} N^2, \quad (3.1)$$

яке часто записується в такому вигляді

$$\frac{dN}{dt} = rN \frac{K - N}{K}, \quad (3.2)$$

де через r , як уже зазначалось, позначено питому швидкість розмноження, а через $K = N_{\max}$ - максимально можливу чисельність популяції (угруповання). На відміну від лінійного диференціального рівняння (3.1), рівняння (3.2) є нелінійним диференціальним рівнянням, а нелінійні залежності краще описують реальні об'єкти. З іншого боку, нелінійні моделі складніші, і тому їх аналіз має певні, часом досить значні труднощі. Розділивши змінні в рівнянні (3.4.10), одержимо рівняння:

$$\frac{KdN}{N(K - N)} = rdt, \quad (3.3)$$

Яке, враховуючи співвідношення

$$\frac{1}{N(K - N)} = \frac{1}{KN} + \frac{1}{K(K - N)}, \quad (3.4)$$

Запишемо у такому вигляді

$$\left(\frac{1}{N} + \frac{1}{K - N} \right) dN = rdt. \quad (3.5)$$

Після інтегрування рівняння (3.4.13) одержимо

$$\int \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{K - N} \right) dN = \int rdt + A,$$

$$\ln N - \ln(K - N) = rt + \ln a, \ln a = A,$$

$$\ln \frac{N}{K - N} = rt + \ln a.$$

З останньої рівності знаходимо

$$\frac{N}{K - N} = ae^{rt}. \quad (3.6)$$

Якщо відомо, що при $t = 0$ число особин було $N = N_0$, то за допомогою рівності (3.6) знайдемо параметр a :

$$a = \frac{N_0}{K - N_0}. \quad (3.7)$$

Розв'язавши рівняння (3.7) відносно N , знайдемо шукану функцію $N = f(t)$ у такому вигляді:

$$N(t) = \frac{aKe^{rt}}{1 + ae^{rt}}, \quad (3.8)$$

або після ділення чисельника і знаменника правої частини на e^{rt} одержимо:

$$N(t) = \frac{aK}{a + e^{-rt}}, \quad a = \frac{N_0}{K - N_0} \quad (0 < a < \infty). \quad (3.9)$$

Функцію (3.4.17) можна записати і в такому вигляді:

$$N(t) = \frac{K}{1 + \exp(b - rt)}, \quad (3.10)$$

де стала інтегрування b визначається рівністю:

$$b = \ln \frac{1}{a} = \ln \frac{K - N_0}{N_0}. \quad (3.11)$$

Розв'язок (3.10) логістичного рівняння (3.11) зображається сигмовидною кривою, яка називається логістичною кривою (рис. 3.10). Асимптотою кривої є пряма $N = K$.

Логістичне рівняння вперше було запропоноване Ферхюльстом в 1838 р. Ним також користувався Лотка, а потім майже через 100 років його «перевідкрили» Перл і Рід. Рівняння Ферхюльста-Перла (3.11) враховує так званий ефект самоотруєння популяції, або точніше, внутрішню боротьбу (конкуренцію) в популяції, яка описується членом $-r \frac{N^2}{K}$.

Розв'язок (3.10)—(3.11) має дві важливі властивості:

1. при малих значеннях чисельності (або біомаси) популяції зростання відбувається за експоненціальним законом, як і у випадку рівняння (3.4);

2. з часом чисельність популяції асимптотично наближається до деякого постійного числа K , перевищити яке чисельність популяції не може (число K називається ємністю середовища).

Потрібно зазначити, що більшість біологічних процесів за сприятливих і стабільних природних умов дуже добре описується

логістичним рівнянням, причому максимальний рівень розмноження популяції визначається ємністю середовища K , а швидкість розмноження (крутість сигмоподібної кривої і положення точки перегину M_0) залежить від величини $r = b - d$ (рис. 3).

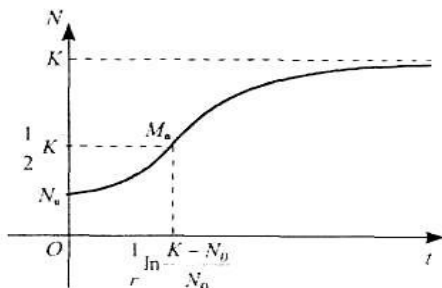


Рис. 3. Логістична модель розвитку популяції

Приклад розрахунку Вихідні дані: $N_0=10$; $N_1=30$. $K_{\text{особин}}=300$
Обчислення:

$r = 30/10 = 3$, (особин/одиночку часу)

$$\frac{dN}{dt_1} = 3 \times 10 \left(\frac{300-30}{300} \right) = 162, \text{ (особин/одиночку часу)}$$

$$N_2 = \left(N_1 + \frac{dN}{dt_1} \right) = 162 + 30 = 192, \text{ (особин/одиночку часу)}$$

$$\frac{dN}{dt_2} = 3 \times 192 \left(\frac{300-192}{300} \right) = 207, \text{ (особин/одиночку часу)}$$

$$N_3 = \left(N_2 + \frac{dN}{dt_2} \right) = 192 + 207 = 399, \text{ (особин/одиночку часу)}$$

$$\frac{dN}{dt_3} = 3 \times 399 \left(\frac{300-399}{300} \right) = -395, \text{ (особин/одиночку часу)}$$

$$N_4 = \left(N_3 + \frac{dN}{dt_3} \right) = 399 - 395 = 4, \text{ (особин/одиночку часу)}$$

Задачі

1. Відомо, що популяції характерний показниковий тип стану (динаміки) чисельності. Визначте як зміниться ріст популяції в найближчі 5 років, при умові, що початкова щільність популяції (N_0) дорівнює 10, а щільність популяції через рік (N_1) становить 20. Побудуйте графік.

2. Відомо, що популяції характерний показниковий тип стану (динаміки) чисельності. Визначте як зміниться ріст популяції в найближчі 6 років, при умові, що початкова щільність популяції (N_0) дорівнює 20, а щільність популяції через рік (N_1) становить 30. Побудуйте графік.

3. Використовуючи рівняння логістичної кривої. Визначте чисельність популяції в майбутньому якщо відомо, що початкова чисельність популяції (N) рівна 132 особин, популяція має постійний темп приросту ($r = 2$), та встановлена максимальна можлива кількість особин популяції в даних умовах ($K = 520$). Побудуйте графік.

4. Використовуючи рівняння логістичної кривої. Визначте чисельність популяції в майбутньому якщо відомо, що початкова чисельність популяції (N) рівна 45 особин, популяція має постійний темп приросту ($r = 1,5$), та встановлена максимальна можлива кількість особин популяції в даних умовах ($K = 320$). Побудуйте графік.

Питання для самоконтролю

1. Що таке логістична модель росту популяцій?
2. Як змінюється чисельність популяції за логістичною моделлю з часом?
3. Поясніть, як чисельність популяції зростає і досягає максимуму.
4. Які параметри включає логістична модель і що вони означають?
5. Як обчислити коефіцієнт зростання популяції?
6. Чому важливо враховувати обмежуючі фактори при моделюванні росту популяцій?
7. Як логістична модель відрізняється від експоненційної моделі росту?
8. Порівняйте логістичну і експоненційну моделі.
9. Як змінюється чисельність популяції, якщо несуча здатність середовища K зменшується?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4: АНАЛІЗ МІЖВИДОВОЇ КОНКУРЕНЦІЇ

Мета: Оцінити вплив міжвидової конкуренції на популяції.

Завдання:

1. Виберіть два види, що конкурують за один ресурс.
2. Зберіть дані про їх чисельність і ресурсні потреби.
3. Виконайте моделювання конкуренції за допомогою моделі Лотки-Вольтерри.
4. Проаналізуйте результати та побудуйте графіки чисельності обох популяцій.

Результат: Звіт із результатами моделювання, графіками та висновками про вплив конкуренції.

Основні поняття

Стосунки з умовною характеристикою «хижак – жертва» є найістотнішими для функціонування екосистем. В основу відповідної моделі покладені «ідеалізовані» уявлення про характер внутрішньо- та міжвидових стосунків у спільноті, що складається з виду «хижак» і виду «жертва»:

- 1) за умови відсутності хижака жертва розвивається експоненціально;
- 2) за умови відсутності жертви хижак експоненціально вимирає;
- 3) сумарна кількість біомаси жертв, що споживається популяцією хижака за одиницю часу, лінійно залежить від густини популяції жертви та від щільності популяції хижака;
- 4) біомаса жертви, що споживається хижакком, перетворюється на його біомасу з певним коефіцієнтом;
- 5) будь-які додаткові фактори, що впливають на динаміку популяції жертви та хижака, відсутні.

Для спрощення моделі будемо вважати їх чисельності неперервними функціями часу. До обмежень пропонованої моделі також відноситься те, що в ній не враховані просторові параметри взаємодії хижаків та жертв, залежності між величинами вважаються лінійним. Також ця модель не враховує існуючої еволюції видів жертв та хижаків.

Нехай x_1 – кількість осіб першого виду (жертви), x_2 – кількість осіб другого виду (хижаки).

dx_1/dt – швидкість зміни кількості жертв,

dx_2/dt – швидкість зміни кількості хижаків.

Тоді:

$\frac{dx_1/dt}{x_1}$ – швидкість зростання кількості жертв у розрахунку на 1

особину,

$\frac{dx_2/dt}{x_2}$ – швидкість зростання кількості хижаків у розрахунку на 1

особину.

Нелінійна динамічна система буде мати такий вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dx_1/dt}{x_1} = a - bx_2 \\ \frac{dx_2/dt}{x_2} = -c + dx_1 \end{cases} \quad (4.1)$$

де $a, b, c, d > 0$.

a – коефіцієнт, що визначає питому швидкість розмноження жертв;

b – втрати від хижаків;

c – швидкість вимирання хижаків за відсутністю жертв;

d – вдалість полювання хижаків.

У рівняння входять такі процеси: розмноження жертв та їхня гибель в результаті поїдання хижаками, розмноження та вимирання хижаків. Вважається, що розмноження хижаків пропорційне кількості їжі, тобто, кількості потенційних жертв у популяції.

Перше рівняння моделі описує зміну з часом кількості жертв. Зміна кількості dx жертв за час dt буде відбуватися внаслідок трьох причин:

1) оскільки обмежень у кількості ресурсів їжі для жертв немає, то вони будуть необмежено розмножуватися пропорційно кількості відповідно до рівняння $\frac{dx_1}{dt} = x_1 a$. Коефіцієнт пропорційності a –

узагальнений коефіцієнт, який залежить від умов життя та народжуваності жертв;

2) зменшення кількості жертв буде відбуватися внаслідок вимирання популяції: кількість таких померлих жертв буде пропорційною загальній кількості існуючих жертв (тобто кількість жертв буде зменшуватися внаслідок поїдання хижаками);

3) зміна кількості жертв внаслідок природних причин, залежно від умов навколишнього середовища, народжуваність та смертність жертв за відсутності хижаків.

Друге рівняння моделі описує зміну кількості хижаків. Оскільки хижаки живляться тільки жертвами, то без присутності жертв популяція хижаків буде зменшуватися. Число dy_1 померлих без їжі за час dt хижаків буде пропорційним кількості хижаків: $\frac{dx_2}{dt} = -x_2c$, де

коефіцієнт c – показник пропорційності, отриманий аналогічно такому ж показнику для першого рівняння моделі.

Але за присутності жертв хижаки зможуть збільшувати свою популяцію пропорційно і своїй кількості, і кількості жертв.

Система рівнянь Лотки-Вольтерра знаходить застосування не тільки в природі, але дуже часто використовується в економічних системах. Наприклад, модель динаміки розвитку популяції відношення міського населення до країни і відношення середнього доходу міського населення до середнього по країні. Модель виглядає таким чином:

$$\begin{aligned}\dot{x}_i &= x_i(-\alpha_i - \alpha_i + \alpha y_i), \\ \dot{y}_i &= y_i(\beta_i - \beta_i x_i)\end{aligned}$$

де i – зона, що розглядається; x_i – населення; y_i – середній дохід; α і β – динамічні параметри.

Для того, щоб визначити характер поведінки системи в околі особливої точки $B(c/d; a/b)$, проаналізуємо поведіння функцій $g(x_1)$ та $h(x_2)$ (рис. 4.1).

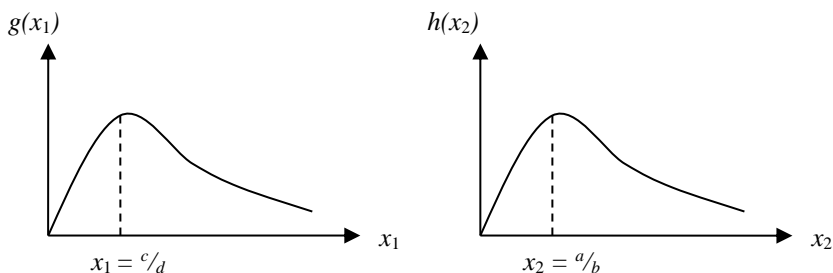


Рис. 4.1 Динаміка поведіння функцій $g(x_1)$ та $h(x_2)$

З урахуванням графіків функцій $g(x_1)$ та $h(x_2)$ зобразимо поверхню функції $u(x_1, x_2)$ (рис. 4.2).

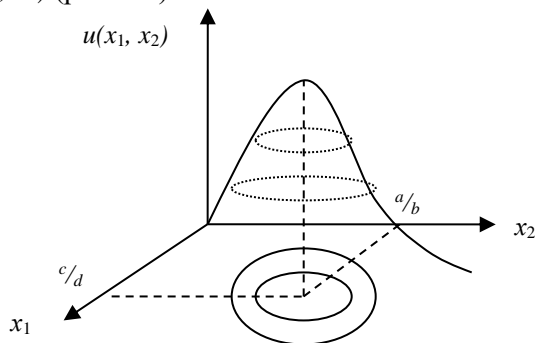


Рис. 4.2. Поверхня функції $u(x_1, x_2)$

Фазові траєкторії системи є лініями рівня цієї поверхні, тобто замкнутими траєкторіями. Отже, можна зробити висновок, що зміна правих частин початкової системи диференціальних рівнянь не призведе до біфуркації в особливій точці $B(c/d; a/b)$, а лише змінить її координати x_1 і x_2 . Тому, фазовий портрет буде мати вигляд, як на рис. 4.3.

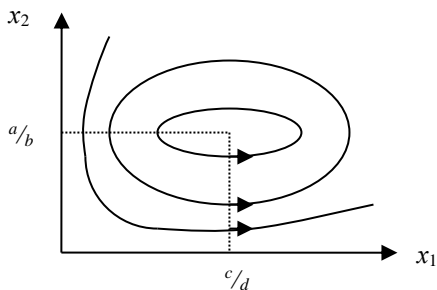


Рис. 4.3. Коливання в нелінійній динамічній системі

Усі траєкторії початкової системи за винятком сепаратрис сідла в особливій точці $A(0; 0)$ є замкнутими, тобто, спостерігаються коливання, відмінні від гармонійних.

Хід роботи.

У середовищі Microsoft Excel виконати побудову фазового портрету нелінійної двовимірної динамічної системи, що має коливальний характер в околі її особливої точки, за допомогою майстра діаграм. Динамічна система має вигляд (4.1). Наведена модель описує співіснування двох видів: хижаків та жертв (x_1 – хижаки, x_2 – жертви). Підібрати параметри a , b , c , d та побудувати фазовий портрет системи, приклад виконання лабораторної роботи наведено на рис. 4.4.

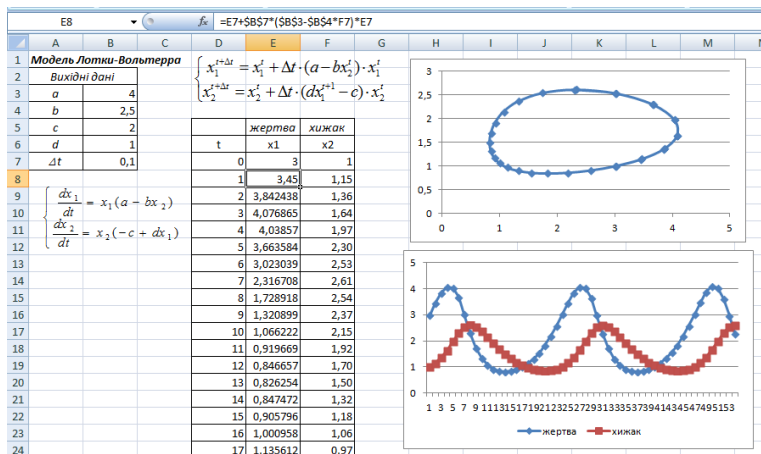


Рис. 4.4 Коливання в нелінійних системах

Усі траєкторії вихідної динамічної системи, за винятком сепаратрис сідла в особливій точці з координатами $(0; 0)$, є замкнутими, тобто в системі мають місце коливання. На рис. 4.5-4.6 наведено побудову фазового портрету нелінійної динамічної системи Лотки-Вольтерра з логістичною поправкою в середовищі Microsoft Excel.

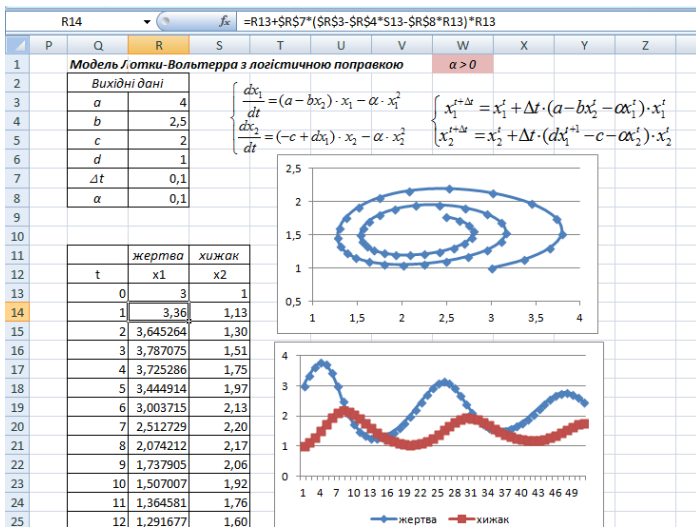


Рис. 4.5. Модель Лотки-Вольтера з логістичною поправкою більше нуля

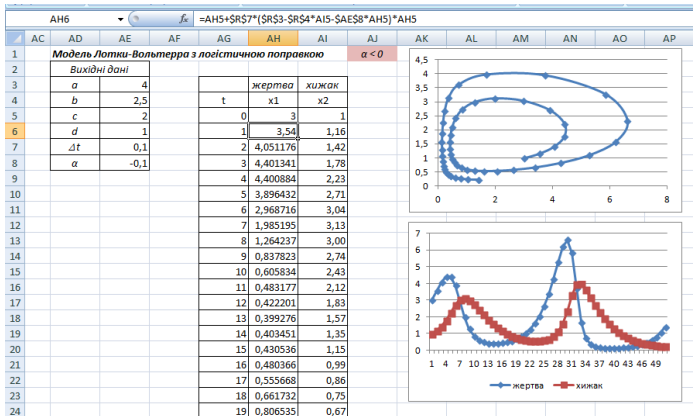


Рис. 4.6. Модель Лотки-Вольтера з логістичною поправкою менше нуля

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5:

АНАЛІЗ ПОПУЛЯЦІЙНОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗМІЩЕННЯ

Мета: Дослідити просторове розміщення популяцій.

Завдання:

1. Виберіть популяцію для дослідження (наприклад, рослини на певній території).
2. Зберіть дані про розміщення індивідуумів.
3. Виконайте аналіз просторового розміщення (рівномірне, плямисте, групове (кластерне)).
4. Побудуйте карти розміщення та графіки щільності.

Результат: Звіт із картами розміщення, аналізом і висновки.

Основні поняття

Розподіл особин популяції на території яку вона займає, визначає її просторову структуру. Лише інколи особини однієї популяції розподілені рівномірно (деякі рослини, вусоногі раки). Найчастіше їхній розподіл нерівномірний внаслідок різних умов існування в різних частинах території, яку займає популяція або через особливості екології виду (здатність утворювати скупчення - зграї, табуни та ін.). За характером використання території популяції тварин можна поділити на осілі, кочові та мігруючі.

Дисперсне розміщення — це спосіб розташування індивідуумів популяції на певній території.

Існують три основні типи дисперсного розміщення: рівномірне, групове (кластерне) і випадкове.

Кожна популяція займає окреслену територію суші або акваторії, розмірі; якої залежать від багатьох чинників: наявності умов існування виду, кількості особин у популяції, маси особин.

У роботі необхідно дослідити екологічну структуру популяції за результатами попередніх спостережень і досліджень просторової структури популяції певної окресленої територію суші або акваторії.

Екологічна структура популяції – це її стан на даний момент (кількість та густина особин, їх розміщення у просторі, співвідношення груп за статтю і віком, морфологічні, поведінкові та інші особливості).

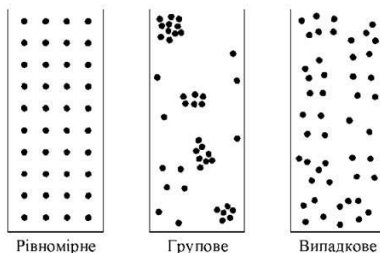


Рис.5.1. Типи можливого просторового розташування особин популяції

За Швердтфегером розподіл у популяції може бути випадковим (трапляється дуже рідко при однорідному середовищі, коли організми не намагаються об'єднатися в групи), рівномірним (досить поширений, особливо в умовах сильної конкуренції), груповим (організми намагаються створити групи, розміщення яких зможе бути близьким до випадкового).

Для оцінки розміщення особин в популяції використовуємо результати попередніх досліджень, де на досліджуваній території виділені ключові ділянки спостережень (площею 1 га) і проставлені місця перебування особин. З метою встановлення просторового розташування особин популяції визначаємо розсіювання особин у популяції або дисперсію за формулою:

$$S^2 = \frac{\sum(x_{cp} - m)^2}{n - 1},$$

де S^2 – розсіювання особин, x_{cp} середня кількість особин на одиниці площі (щільність популяції); m – кількість особин у кожній вибірці; n – кількість вибірок.

У випадках рівномірного розподілу дисперсія дорівнює нулю ($S^2=0$), оскільки кількість особин у кожній вибірці постійна і дорівнює середньому.

При випадковому розміщенні середнє значення m і дисперсія S^2 однакові ($S^2 = x_{cp}$).

При плямистому розподілі S^2 вище середнього ($S > x_{cp}$), і різниця між ними тим більша, чим сильніша тенденція особин до утворення згромаджень.

Визначити :

- ✓ щільність популяції - середня кількість особин на одиниці площі (за результатами досліджень x_{cp});
- ✓ чисельність популяцій (загальна кількість особин на даній території або в даному об'ємі, які належать до однієї популяції)
- ✓ загальне число популяцій:

$$\text{Заг.чис.поп.} = x_{cp} \times S_{тер.оч(лісу)},$$

де $S_{тер}$ - площа території яку займає популяція (для розрахунків беремо площу лісу)

- ✓ чисельність популяції в майбутньому якщо відомо, що популяція має постійний темп приросту, та встановлена максимальна можлива кількість особин популяції в даних умовах.

Хід роботи

1. За вихідними даними встановити тип розподілу та зобразити схематично.
2. Визначити щільність, чисельність популяції та спрогнозувати чисельність популяції в майбутньому якщо відомо, що популяція має постійний темп приросту, та встановлена максимальна можлива кількість особин популяції в даних умовах.
3. Зробити висновки.

Питання для самоперевірки

1. Що таке дисперсійне розміщення?
2. Які існують типи просторового розташування особин? Яка між ними відмінність.
3. Як визначити чисельність популяції?

Практична робота №6 СТАТИСТИЧНЕ ВИВЧЕННЯ НАРОДЖУВАНOSTІ ТА ВІДТВОРЕННЯ НАСЕЛЕННЯ

Мета: ознайомити студентів з методами обробки народжуваності населення

Теоретична частина

Народжуваність населення – це процес дітонародження в певному поколінні людей або в сукупності поколінь — населенні. Для характеристики народжуваності використовується система показників:

- загальний коефіцієнт народжуваності (число народжених живими на 1000 жителів, що вимірюється проміле);
- вікові коефіцієнти народжуваності (число народжених живими \ матерів певного віку на 1000 жінок того ж віку);
- сумарний коефіцієнт народжуваності, що розраховується як сума однорічних вікових коефіцієнтів народжуваності, поділена на 1000 (тобто з розрахунку на одну жінку), та ін.

Народження дитини (живонародження) – повне вигнання або витягнення продукту зачаття з організму матері незалежно від тривалості вагітності, який після такого відокремлення дихає або виявляє інші ознаки життя, а саме: серцебиття, пульсація пуповини або певні рухи скелетних м'язів незалежно від того, перерізана пуповина чи ні та чи відшарувалася плацента;

Плідність розглядається як народжуваність у жінок репродуктивного (15 - 49 років) віку.

Демографічна статистика вивчає кількісний бік народжуваності і плідності, закономірності їх зміни. Об'єктом дослідження є наступні сукупності:

- а) населення та його окремі групи;
- б) новонароджені, їхні батьки та сім'ї.

Основні завдання статистичного вивчення народжуваності:

- 1) визначення кількості новонароджених, характеристика їх складу та структури (екстенсивний аналіз);
- 2) оцінка інтенсивності народжуваності і плідності, аналіз їх динаміки (інтенсивний аналіз);
- 3) вивчення впливу окремих факторів на рівень і динаміку народжуваності і плідності;
- 4) моделювання та прогнозування народжуваності і плідності;
- 5) дослідження впливу народжуваності і плідності на відтворення населення.

Вихідним абсолютним показником є кількість новонароджених (живими) за календарний рік, що визначається як нагромаджена кількість щомісячної кількості народжених. Крім цього, визначається кількість жінок, котрі народили дітей, і кількість сімей, в яких народилися діти.

Інтенсивний аналіз народжуваності здійснюється шляхом обчислення коефіцієнтів, які визначаються у проміле:

- загального коефіцієнта народжуваності:

$$b = \frac{N}{S} \times 1000,$$

де N – кількість новонароджених за рік,

S – середньорічна кількість населення;

- спеціального коефіцієнта народжуваності (коефіцієнта плідності):

$$F = \frac{N}{S_{ж(15-49)}} \times 1000,$$

де $S_{ж(15-49)}$ – середньорічна кількість жінок репродуктивного віку (15 - 49 років);

- вікового коефіцієнта народжуваності:

$$f_x = \frac{B_x}{S_x} \times 1000,$$

де: f_x – віковий коефіцієнт народжуваності, ‰; B_x – кількість народжених у жінок у віці x років, осіб; S_x^f – середньорічна чисельність жінок у віці x років.

На основі рядів розподілу новонароджених за віком матері та черговістю народження визначається середній, модальний і медіанний вік народження дитини відповідної черговості.

Середній вік матері при народженні дитини обчислюється як середня арифметична із віку всіх жінок, що народили дітей протягом року, зважена на кількість народжених дітей матерями відповідного віку:

$$\bar{x} = \frac{\sum x^f v_x}{\sum v_x},$$

де: \bar{x} – середній вік матері при народженні дитини, років; x^f – середина вікового інтервалу для жінок, які народили, років; v_x – кількість дітей, народжених матерями у віці x , осіб.

Сумарний коефіцієнт плідності показує середню кількість дітей, народжених однією жінкою за весь репродуктивний вік, і визначається за формулою

$$TFR = \frac{\sum f_x \times h_x}{1000},$$

де h – величина інтервалу групування.

Моделювання процесів плідності здійснюється методом умовного та реального покоління; при цьому формуються когорти жінок за віком реєстрації шлюбу (до 20 років, 20-24 роки і т. д.).

Динаміку рівня народжуваності можна досліджувати із застосуванням індексного методу. При цьому загальний коефіцієнт народжуваності (результативний показник) є добутком трьох факторних показників – коефіцієнта плідності (K_n), частки жінок репродуктивного віку в загальній кількості жінок ($ч_p$) і частки жінок у загальній кількості населення ($ч_{жс}$)

$$K_N = K_n \times ч_p \times ч_{жс}.$$

Тоді абсолютний вплив кожного з трьох факторів на динаміку коефіцієнта народжуваності можна визначити за формулами:

$$П_1 = (K_{n1} - K_{n0}) \cdot ч_{p1} \cdot ч_{жс1};$$

$$П_2 = K_{n0} \cdot (ч_{p1} - ч_{p0}) \cdot ч_{жс1};$$

$$П_3 = K_{n0} \cdot ч_{p0} \cdot (ч_{жс1} - ч_{жс0}).$$

Крім цього, вплив факторів на динаміку народжуваності можна вивчати на основі кореляційно-регресійного аналізу.

Кореляційно-регресійним аналізом називають сукупність математичних методів, за допомогою яких досліджують взаємозв'язки кореляційно-регресійних змінних. Кореляційне поле зв'язку між кількістю живонароджених та економічною активністю жінок (у віці 15-70 років) Кореляційне поле зв'язку між кількістю живонароджених та кількістю зареєстрованих шлюбів. Кореляційне поле зв'язку між кількістю живонароджених та забезпеченістю населенням житлом. **Кластерний аналіз** – задача розбиття заданої вибірки об'єктів (ситуацій) на підмножини, що називаються кластерами, так, щоб кожен кластер складався з схожих об'єктів, а об'єкти різних кластерів істотно відрізнялися.

Хід роботи

1. На основі наведених даних визначити загальні коефіцієнти народжуваності і плідності за кожний рік. Зробити висновки про закономірності динаміки народжуваності в Рівненській області.

Таблиця 1

Роки	Середньорічна кількість населення (тис. осіб)	Питома вага жінок репродуктивного віку в загальній кількості (%)	Кількість народжених (тис. осіб)
1990	1194,5	34,1	14,5
1995	1193,3	32,7	13,8
2000	1190,5	31,6	11,8
2001	1189,7	31,0	11,3
2002	1187,4	27,8	11,5
2003	1183,3	26,4	12,0
2004	1178,9	25,7	12,5
2005	1173,3	25,3	12,5
2006	1168,3	25,6	13,6
2007	1164,2	25,1	13,7
2008	1160,7	24,3	14,8
2009	1156,5	25,2	15,2
2010	1154,4	25,0	14,8
2011	1152,0	24,8	15,3
2012	1151,0	25,2	15,9
2013	1151,6	26,8	15,1
2014	1152,5	24,6	14,8
2015	1154,2	26,6	13,9
2016	1156,9	28,5	13,1

2. Відомі такі дані про розподіл новонароджених за статтю і місцем народження:

Таблиця 2.

Показники	Роки				
	2011	2012	2013	2014	2015
Кількість народжених хлопчиків, у т.ч.:	8965	9025	9249	9453	9686
Міські поселення	2086	2157	2666	2297	2869
Сільська місцевість	6879	6868	6583	7156	6187
Кількість народжених хлопчиків, у т.ч.:	8138	8456	8675	9013	8508
Міські поселення	2011	2047	2313	2052	2142
Сільська місцевість	6127	6409	6362	5961	6366

Визначити за кожний рік: 1) питому вагу новонароджених за статтю; 2) питому вагу новонароджених за місцем народження; 3) кількість новонароджених хлопчиків на 100 дівчаток.

Результати розрахунків подати у таблиці. Зробити висновки.

3. Відомо дані про розподіл новонароджених за віком матері і черговістю народження:

Таблиця 3.

Вік матері	Усього народжених дітей	У тому числі за порядком народження дитини										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
до 20	2246	1886	323	35	2	-						
21-24	5281	3138	1646	419	62	14	1	1				
25-29	5450	1746	2303	883	301	135	45	25	5	1		
30-34	2965	371	1096	696	329	216	117	68	30	30	12	
35-39	1306	115	312	307	162	118	75	67	51	38	61	
40-44	273	20	32	55	41	21	21	14	12	13	44	
45 і старші	23	3	5	4		2	3	1		1	2	

Визначити: а) питому вагу дітей першої, другої і третьої черговостей; б) питому вагу дітей, народжених жінками у віці до 20 років, 20 - 29 років, 30 років і більше;.

4. За наведеними даними визначити індекси сезонності народжуваності і зробити висновки про сезонні коливання. Побудувати графік сезонної хвилі.

Таблиця 4

Місяць	Кількість новонароджених		
	2013 р.	2014 р.	2015 р.
січень	1137	1028	920
лютий	1169	1068	1073
березень	1273	1078	1171
квітень	1247	1103	1099
травень	1274	1183	1272
червень	1306	1141	1278
липень	1336	1283	1235
серпень	1259	1265	1152
вересень	1117	1175	1063
жовтень	1152	1181	1028
листопад	1067	1092	972
грудень	1063	965	998

5. Відомі такі дані про розподіл новонароджених за віком і шлюбним станом матері по Рівненській області:

Таблица 5

Вік матері (років)	Кількість народжених (осіб)			у т. ч. кількість народжених у матерів, які не перебувають у зареєстрованому шлюбі		
	разом	місто	село	разом	місто	село
До 20	2098	1071	1627	183	63	120
20–29	11429	5573	5856	382	193	189
30–39	2175	1118	1057	199	98	101
40–49	118	49	69	17	9	8

Визначити: а) питому вагу дітей, які народилися поза шлюбом матері в області, окремо в міських поселеннях і сільській місцевості; б) середній вік народження дітей жінками, які не перебувають у зареєстрованому шлюбі.

6. За наведеними даними визначити абсолютну зміну загального коефіцієнта народжуваності за рахунок: а) зміни коефіцієнта плідності; б) частки жінок репродуктивного віку в загальній кількості жінок; в) частки жінок у загальній кількості населення. Зробити висновки.

Таблица 6

Показник	Базисний рік	Звітний рік
Загальна середньорічна кількість населення (тис. осіб)	1654	1547
Середньорічна кількість жінок (тис. осіб)	893	827
Середньорічна кількість жінок у репродуктивному віці (тис. осіб)	455	397
Кількість народжених (осіб)	13781	12346

Практична робота №7

СТАТИСТИЧНЕ ВИВЧЕННЯ СМЕРТНОСТІ

Мета: ознайомити студентів з методами обробки смертності населення

Теоретична частина

Смертність – це масовий процес припинення життя, внаслідок чого народонаселення втрачає певну свою частину за відповідний період часу. Екстенсивний аналіз смертності передбачає визначення загальної кількості померлих за календарний рік як суми померлих за кожний місяць. При аналізі сезонних коливань визначають сезонності за місяцями року:

$$i_{сез} = \frac{\overline{M}_i}{M_{заг}} \times 100,$$

де M_i – середня кількість померлих за i -тий місяць (обчислюється не менше, ніж за три роки); $M_{заг}$ – середньомісячна кількість померлих за кілька років (мінімум - три роки).

Із застосуванням методу групувань досліджують склад і структуру померлих за статтю, віком, місцем проживання, соціальним станом, національністю, причиною смерті тощо. Групування померлих за статтю і віком дає змогу порівняти рівні смертності чоловіків і жінок за віковими групами. На основі рядів розподілу померлих за віком і статтю розраховується середній, модальний і медіанний вік смерті. Середній вік смерті розглядається як середня емпірична тривалість життя населення.

У демографічній статистиці розрізняють поняття “нормальний вік смерті” і “передчасна смерть”. На сучасному етапі розвитку суспільства нормальним віком смерті вважається інтервал 90.100 років. **Емпіричний нормальний вік смерті** – це модальний вік смерті дорослого населення. Особлива увага приділяється вивченню передчасної смертності, а саме: в дитячому віці (0.14 років), дітородному віці (15.49 років), працездатному і життєздатному віці. Для аналізу структурних зрушень визначається питома вага окремих груп померлих за різні роки.

Аналіз смертності передбачає обчислення **загального коефіцієнта смертності:**

$$m = \frac{M}{S} \times 1000,$$

де M – загальна кількість померлих за рік, S – середня чисельність населення, осіб.

Спеціальні коефіцієнти смертності розраховуються окремо для кожної статі. Зважаючи на те, що розрахунок коефіцієнтів смертності за статтю, як правило, здійснюється одночасно з розрахунком вікових коефіцієнтів, вони розраховуються не на 1 000, а на 100 000 осіб.

$$m^m = \frac{M^m}{S^m} \times 100000,$$

$$m^f = \frac{M^f}{S^f} \times 100000,$$

де: m^m – спеціальний коефіцієнт смертності чоловіків, на 100 000 чоловіків; M^m – кількість померлих чоловіків, осіб; S^m – середньорічна чисельність чоловіків, осіб; m^f – спеціальний коефіцієнт смертності жінок, на 100 000 жінок; M^f – кількість померлих жінок, осіб; S^f – середньорічна чисельність жінок, осіб.

Вікові коефіцієнти смертності обчислюються як відношення числа померлих осіб певної вікової групи до середньорічної чисельності населення у цій же віковій групі (у зв'язку з тим, що вікові коефіцієнти дуже малі за значенням, то результат ділення множиться на 100 000):

$$m_x = \frac{M_x}{S_x} \times 100000,$$

де: m_x – віковий коефіцієнт смертності, на 100 000 осіб відповідного віку; M_x – кількість померлих у віці x , осіб; S_x – середньорічна чисельність населення у віці x років, осіб.

Загальний коефіцієнт смертності залежить від статеві-вікової структури населення, а також вікових коефіцієнтів смертності. Для усунення впливу вікової структури населення на його величину визначаються стандартизовані коефіцієнти смертності:

$$K_M^{cm} = \frac{\sum K_M^i d_{cm}}{\sum d_{cm}}$$

де K_M^i – вікові коефіцієнти смертності; d_{cm} – стандартна питома вага (частка) кожної вікової групи.

При вивченні факторів, які впливають на динаміку смертності населення, їх поділяють на природні та соціально-економічні. Вплив окремого фактора досліджують методом аналітичного групування, за допомогою кореляційно-регресійного аналізу тощо. Фактори смертності конкретизують у причинах смерті.

Причина смерті – це безпосередня подія, яка зумовила смерть людини. Всі причини смерті класифікують на 17 груп, котрі, відповідно, поділяються на рубрики й окремі причини. Визначають коефіцієнти смертності за окремими причинами (на 100000 осіб населення).

Особливу увагу приділяють вивченню дитячої смертності у віці одного року.

При екстенсивному аналізі визначають загальну кількість дітей, що померли у віці до 1 року, з групуванням за статтю. Кількість померлих дітей у віці до 1 місяця поділяють на 14 груп: до 1 дня; 1 день; 2, 3, 4, 5, 6 днів; 7.9; 10.14; 14.19; 20; 21.27; 28; 29 днів.

Померлих дітей у віці до 1 року групують за місцем народження, віком матері, її шлюбним станом, черговістю народження тощо. Крім цього виконують групування за причинами смерті (як правило, виділяють сім груп померлих дітей).

Коефіцієнт смертності дітей у віці до 1 року має особливості розрахунку, які пов'язані з тим, що частина померлих у поточному році дітей у віці до 1 року народилась у попередньому календарному році.

$$m_0 = \left(\frac{M_0^t + M_0'}{B^t} + \frac{M_0^{t-1}}{B^{t-1}} \right) \times 1000,$$

де: m_0 – коефіцієнт смертності дітей у віці до 1 року, ‰; M_0^t – кількість померлих дітей у віці до 1 року із числа народжених у тому році, для якого обчислюється коефіцієнт (t), осіб; M_0' – кількість померлих дітей у віці до 1 року, рік народження яких невідомий, осіб; M_0^{t-1} – кількість померлих дітей у віці до 1 року із числа народжених у попередньому календарному році ($t-1$), осіб; B^t – кількість народжених у тому році, для якого обчислюється коефіцієнт (t), осіб;

B^{t-1} – кількість народжених у попередньому році ($t-1$), осіб; t – рік проведення розрахунку.

Інтенсивний аналіз дитячої смертності починають із обчислення коефіцієнта дитячої смертності:

$$K_M^d = \frac{M_0}{N} \times 1000; \text{ або } K_M^d = \frac{M_0}{\frac{2}{3}N_0 + \frac{1}{3}N_{-1}} \times 1000,$$

де M_0 – кількість дітей, які померли у віці до 1 року; N – кількість новонароджених у поточному році; N_{-1} – кількість новонароджених у попередньому році.

Крім цього, визначають коефіцієнти смертності за окремими причинами (на 10000 новонароджених).

Хід роботи

1. Відомі такі дані про кількість і склад померлих:

Таблиця 1

Показники	Роки				
	2011	2012	2013	2014	2015
Кількість померлих (тис осіб) у т.ч.					
Міські поселення	5,9	5,7	5,8	5,9	5,6
Сільська місцевість	10,5	10,3	10,3	10,3	9,8
Із загальної кількості померлих					
чоловіки	9,5	9,0	7,6	7,7	6,3
жінки	6,9	7,0	8,5	8,5	9,1

Визначити: а) питому вагу померлих за статтю і місцем проживання; б) середньорічні темпи росту і приросту кількості померлих.

2. На основі даних по Рівненській області за 2014 р. визначити загальні коефіцієнти смертності і коефіцієнти дитячої смертності. Порівняти отримані результати і зробити висновки.

Таблиця 2

Показники	Всього по області	у т.ч.	
		Міські поселення	Сільська місцевість

Середньорічна кількість населення (тис. осіб)	1151,0	548,6	602,4
Кількість померлих	15415	5585	9830
у т. ч. у віці до 1 року (осіб)	164	45	119
Кількість народжених (осіб)	17544	7394	10150

3. За наведеними даними визначити загалом по області, а також окремо для міських поселень і сільської місцевості коефіцієнти дитячої смертності. Зробити висновки про динаміку абсолютного та відносного рівня дитячої смертності.

Таблиця 3

Роки	Кількість новонароджених			Кількість померлих дітей віком до 1 року		
	всього	в т.ч.		всього	в т.ч.	
		місто	село		місто	село
1990	18519	9384	9135	225	75	150
1995	16469	7151	9318	286	57	229
2000	13898	5316	8582	191	36	155
2002	13407	5245	8162	156	36	120
2004	14558	6263	8295	137	30	107
2005	14483	6064	8419	151	38	113
2006	15758	6564	9194	148	33	115
2007	15759	6629	9130	177	44	133
2008	17089	7194	9895	151	35	116
2009	17544	7394	10150	164	45	119

4. Відомі такі дані про розподіл померлих за віком і статтю:

Таблиця 4

Вік (років)	Кількість померлих	
	всього	в т. ч.

		ЧОЛОВІКИ	ЖІНКИ
0-4	123	77	46
5-9	45	28	17
10-14	32	18	14
15-19	58	39	19
20-24	121	92	29
25-29	132	113	19
30-34	193	144	49
35-39	228	163	65
40-44	362	266	96
45-49	404	298	106
50-54	668	496	172
55-59	1019	703	316
60-64	1423	880	543
65-69	1692	871	821
70-74	1441	654	787
75-79	2285	931	1354
80-84	2781	1008	1773
85-89	2116	593	1523
90-94	868	290	578
95-99	301	96	205
100 і старші	4	-	4
Всього	16296	7760	8536

Визначити: 1) питому вагу померлих у віці 0-14 років, 15-49 років, 50 років і більше; 2) питому вагу померлих у працездатному віці; 3) середній, модальний і медіанний вік смерті чоловіків і жінок.

5. Відомі такі дані про розподіл дітей, що померли у віці до 1 року, за причинами смерті:

Таблиця 5

Показник	2014	2015
Всього померло дітей у віці до 1 року (осіб)	151	164
в т. ч.:		

від інфекційних і паразитарних захворювань	1	5
від хвороб нервової системи	3	5
від хвороб органів дихання	7	5
від хвороб органів травлення	1	1
від стану, що виникає в перинатальному періоді	65	57
від природжених вад розвитку, деформацій та хромосомних аномалій	47	70
від зовнішніх причин	19	15
Кількість новонароджених (осіб)	17089	17544

Для здійснення екстенсивного та інтенсивного аналізу дитячої смертності розрахувати: а) за кожний рік коефіцієнти дитячої смертності; б) питому вагу дітей, які померли з окремих причин; в) показники динаміки кількості померлих дітей за причинами смерті. Зробити висновки при динаміку та структурні зрушення.

6. По районах Рівненської області відомі наступні дані за 2016 р.:

Таблиця 6

	Кількість народжених	Кількість померлих дітей віком до 1 року
По області	13142	114
м. Рівне	2201	21
м. Дубно	351	6
м. Кузнецовськ	438	4
м. Острог	104	0
Райони		–
Березнівський	954	9
Володимирецький	1049	12
Гощанський	347	1
Демидівський	125	1
Дубенський	421	5
Дубровицький	550	2
Зарічненський	432	5
Здолбунівський	625	10
Корецький	322	1
Костопільський	687	6
Млинівський	385	3
Острозький	288	3
Радивилівський	396	6

Рівненський	1057	5
Рокитнівський	971	6
Сарненський	1439	8

Для аналізу інтенсивності дитячої смертності розрахувати по кожному району області, а також для міських поселень і сільської місцевості коефіцієнт дитячої смертності.

Порівняти отримані результати і зробити висновки про варіацію показника.

7. Відомі наступні дані про розподіл померлих за віком і статтю в регіоні:

Таблиця 7

Вік (років)	Середньорічна кількість населення (тис. осіб)		Кількість померлих за рік (тис. осіб)	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
0-4	1779	1695	6,6	4,8
5-9	1971	1904	1,2	0,8
10-14	1839	1778	0,9	0,5
15-19	1887	1832	2,4	1,0
20-24	1719	1681	4,1	1,2
25-29	1790	1801	5,4	1,4
30-34	1995	2041	8,2	2,0
35-39	1834	1923	10,3	3,1
40-44	1697	1824	13,7	4,4
45-49	1099	1249	13,2	5,0
50-54	1818	2149	30,4	12,5
55-59	1262	1518	29,3	13,5
60-64	1349	1836	44,8	25,5
65-69	882	1692	40,4	37,6
70-74	431	982	27,0	34,1
75-79	338	924	26,5	55,7
80-84	214	624	21,0	78,6
85 і старші	100	345	11,2	35,7

Для аналізу інтенсивності смертності за віковими групами розрахувати вікові коефіцієнти смертності для всього населення, а також окремо для чоловіків і жінок. Сформулювати висновки про відмінності у закономірностях смертності за віком і статтю.

Рекомендована література

1. Дідух Я. П. Популяційна екологія. Київ : Фітосоціоцентр, 1998. 199 с.
2. Мусієнко М. М. Екологія рослин : підручник. Київ. : Либідь, 2006. 432 с.
3. Екологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / кол. авторів; за загальною ред. О. Є. Пахомова. Харків : Фоліо, 2014. 666 с.
4. Хлус Л. М., Чередарик М. І. Популяційна екологія тварин : навч. посіб. Чернівці : Рута, 2000. 96 с.
5. Царик Й. В. Популяційна екологія. Керування популяціями. Львів : Вид-во центр ЛНУ імені Івана Франка, 2005. 100 с.
6. Колесник А. В. Популяційна біологія. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів. Ужгород, 2014. 39 с.
7. Омельковець Я. А., Степанюка Я. В. Популяційна біологія. Методичні рекомендації до лабораторних робіт. Луцьк : Волин. нац. ун-т. ім. Лесі Українки, 2009. 44 с.
8. Хлус Л. М., Чередарик М. І. Популяційна екологія тварин : навч. посіб. Чернівці : Рута, 2000. 96 с.
9. Neal D. Introduction to population biology. Cambridge : Cambridge University Press, 2004. 395 p.
10. Статистичний щорічник Рівненської області за 2021 рік. Рівне, 2022. 503 с.
11. Стеценко С. Г., Швець В. Г. Статистика населення : підручник. Київ : Вища школа, 2003. 463 с.