

## ВСТУП

Варіація величини популяції, породжена місцем існування, приводить до формування механізмів стабілізації чисельності, таких як оптимальний вибір місцеперебування, територіальний консерватизм і дальність дисперсії. Екологічний моніторинг є найважливішою складовою частиною вивчення та охорони навколишнього середовища, оскільки аналіз динаміки природних процесів дозволяє виявити найбільш загальні закономірності організації екосистем, ценогічних зв'язків і біології окремих видів тварин та рослин. Тому розвиток уніфікованих методів екологічного моніторингу, які дозволяли б не тільки фіксувати зміни та порушення природних угруповань, але й виявляти причини та прогнозувати напрям і характер їх подальшої трансформації є дуже актуальним.

Складність і багатозначність системних параметрів біологічних об'єктів вимагають розробки комплексного застосування екологічних та біогеографічних методів досліджень. Оскільки багато вимірюваних екологічних параметрів, що характеризують особливості структури та функціонування біосистем у часі, не є безпосередньо спостережуваними величинами, виникає необхідність знаходження їх оцінок, які можна отримати за допомогою методів системного аналізу, інтегрованих баз даних і відповідних комп'ютерних програм. Цей концептуальний підхід забезпечить високий рівень інтеграції та структуризації даних і створить теоретичну основу для аналізу, моделювання й прогнозування біологічних процесів, що є необхідною умовою для забезпечення науково обґрунтованого та стійкого розвитку системи «людина – біосфера».

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вивчення особливостей варіації чисельності має значні розбіжності в інтерпретації даних. Було виявлено, що коефіцієнт варіації більшості популяцій не відрізняється від випадкового, а відмінності пояснюються об'ємом вибірки. У пошуках значущих відмінностей дослідники почали оцінювати лінійну регресію варіації від чисельності, а видові відхилення від цієї регресії піддавали змістовному аналізу [1].

Було показано [3], що така регресія нелінійна, оскільки складається з двох складових: випадкової та специфічної. Коефіцієнт варіації, обумовлений випадковістю вибірки, зменшується пропорційно зростанню кореня з середньої оцінки чисельності. Специфічний коефіцієнт варіації зберігається на постійному рівні та при збільшенні вибірки залишається практично єдиною складовою.

Використання цієї логіки дозволить оцінити середній рівень варіації чисельності птахів (рис. 1). Він свідчить про регуляцію чисельності птахів за рахунок розмноження в межах популяцій, яке здатне компенсувати відхилення протягом одного сезону. Лише у небагатьох видів варіація популяцій значно перевищує цей рівень: вони існують за рахунок еміграції та іміграції.

Випадкове варіювання, при якому  $V = x$ , а  $\ln(V/x) = 0$ , служить зручним орієнтиром, а відносний показник  $\ln(V/x)$  – мірою відмінності варіації від випадкової (пуассоновської). Випадковий рівень коливань всієї популяції ще не означає, що відсутня закономірна варіація її частин. В міру укрупнення або об'єднання фрагментів популяції відносна варіація зростає тим сильніше, чим більше коваріація між цими фрагментами. Якщо коливання незалежні, вона зберігається на колишньому рівні, якщо коливання повністю синхронні – то коваріація зростає пропорційно величині фрагментів. Це зростання виражається лінійним рівнянням регресії  $\ln(V/x) = a + b \ln x$ , параметри якого відображають дві складові варіації незалежно від середньої чисельності популяції. Параметр  $a$  відповідає ненасиченості екологічних ниш. Параметр  $b$  вимірює синхронність динаміки різних частин популяції.

Величина та співвідношення цих складових – видоспецифічні. Їх аналіз розкриває динамічну структуру популяції, ієрархію цінності (пріоритетності) та значущості (поширеності) біотопів. За варіацією фрагментів можна судити про просторову інтегрованість популяції, про її залежність від змін загальних і вузьколокальних чинників середовища.

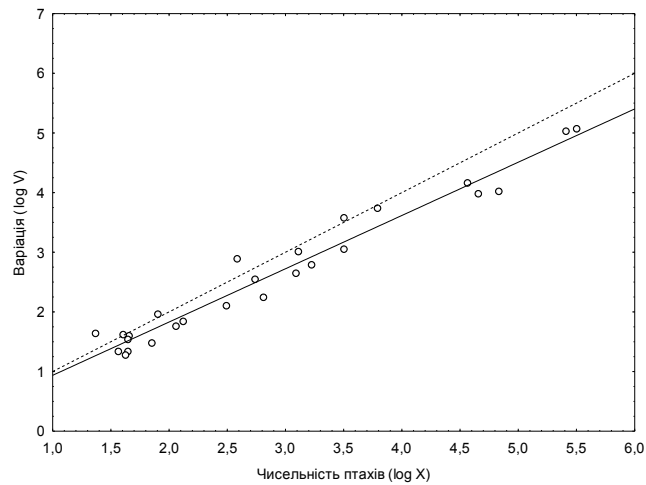


Рисунок 1 – Міжвидова залежність варіації (дисперсії) від середньої чисельності популяції птахів (у логарифмічному масштабі)

Пунктирна лінія регресії на рис. 1 ( $V = 0,07 + 1,07x$ ) отримана методом найменших квадратів. При малих значеннях залежність наближається до випадкової (відповідної до моделі Пуассона)  $V = x$  (суцільна лінія), при великих – наближається до  $V = 0,07 + 1,07x$  (пунктир), що відповідає коефіцієнту варіації  $CV = 22,7\%$ .

Для аналізу багаторічної динаміки чисельності птахів ми рекомендуємо використовувати метод автокореляції та спектральне розкладання, які дозволяють отримати лінійний тренд зміни багаторічного ряду, тобто відобразити довготривалу тенденцію зміни чисельності. За допомогою методу автокореляції ми отримуємо наступні результати – залежність щільності (чисельності) птахів поточного року від їх щільності (чисельності) за попередній рік.

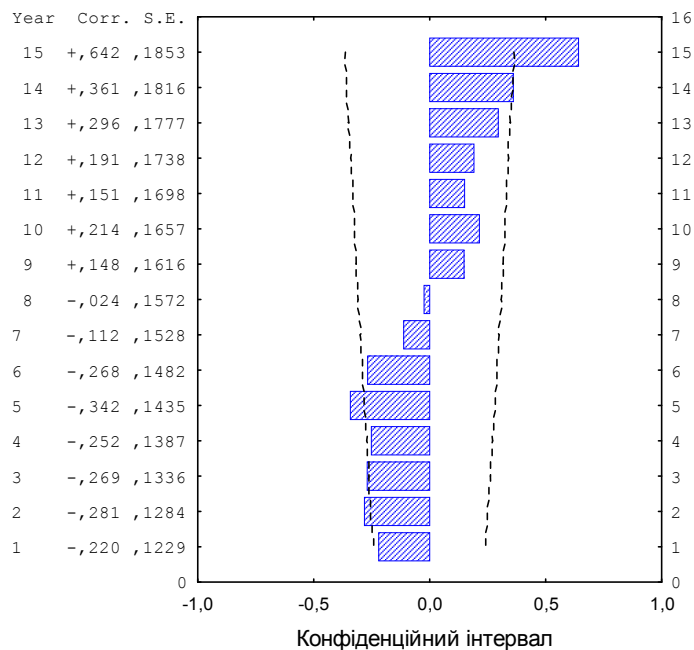


Рисунок 2 – Корелограма зміни умовної чисельності. *Year* – порядковий номер року (15 років), *Corr.* – значення коефіцієнта автокореляції між попереднім і наступним значенням чисельності, *S.E.* – стандартне відхилення

Програма *Statistica* пропонує цілий блок підпрограм для дослідження часових рядів [4]. На наш погляд, для аналізу динаміки чисельності птахів понад усе підходить обчислення автокореляцій, тобто обчислення залежностей між кожним наступним і попереднім значенням

часового ряду. Крім того, дана програма пропонує й графічне відображення результатів, що робить процес аналізу ефективнішим. Сезонні складові часового ряду можуть бути знайдені за допомогою корелограми [2]. Корелограма (автокорелограма) показує чисельно та графічно автокореляційну функцію (АКФ), коефіцієнти автокореляції (та їх стандартні помилки) для послідовності лагів (періодичних циклів, в нашому випадку – років) з певного діапазону. На рис. 2 представлена корелограма умовної чисельності.

Екологічне значення авторегресійних параметрів полягає у відображенні періодичності зміни чисельності птахів у сезонному та багаторічному аспектах. Перевірка адекватності моделі, тобто її прогнозних якостей, проводиться на усічених рядах даних (доцільніше 10-річних). Прогноз розраховується на два роки вперед і порівнюється з емпіричними даними. Підрахунок коефіцієнтів кореляції між реальними даними та прогнозом визначає адекватність моделі.

У перспективі подальших досліджень необхідна інтегральна міжнародна система аналізу існуючих даних супутникового дослідження птахів, кільцювання (мічення) птахів, даних наземних обліків та радіолокаційних спостережень.

Необхідно встановити постійний зв'язок через Інтернет-сторінки з результатами національних та інших моніторингових центрів та створити єдину інформаційну базу. Розвиток міжнародної системи прогнозування міграції птахів, що об'єднає результати національних і міжнародних моніторингових програм, повинен стати першочерговим завданням. Основними цілями системи повинно бути:

- отримання комп'ютеризованих результатів, що дозволить швидко розповсюдження інформації, яка надходить із центрів моніторингу;
- включення результатів спостережень у географічні та інші дані для забезпечення інтегрованої прогностичної системи;
- сприяння інтеграції даних, одержаних внаслідок проведення моніторингових програм та прогнозів чисельності птахів, у тому числі й від установ, що займаються проблематикою пташиного грипу.

#### ВИСНОВКИ

1. Для аналізу ряду багаторічних спостережень динаміки чисельності птахів доцільно застосовувати методи стаціонарних випадкових процесів.
2. Чисельність (щільність) птахів необхідно розраховувати за відношенням до площі гніздових біотопів і до площі всього ареалу виду.
3. За допомогою методу автокореляції необхідно отримати корелограми процесів зміни чисельності птахів за досліджений період, після цього потрібно підрахувати коефіцієнти автокореляції та приватної автокореляції.
4. Ми рекомендуємо обрати змішану модель авторегресії – модуль ковзаючої середньої (АРСС), оскільки при дослідженні корелограм практично не виявляються характерні властивості моделей ковзаючої середньої та авторегресійної моделі, тобто кінцева протяжність автокореляційної функції та приватної автокореляційної функції.
5. Найефективнішим методом оцінки варіації чисельності є поєднання графічного методу та аналізу часових рядів із обчисленням коефіцієнтів автокореляції.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Montgomery D.C. Forecasting and time series analysis (2nd Ed.) / Montgomery D.C., Johnson L.A., Gardiner J.S. – New York: McGraw-Hill, 1990. – P. 56–70.*
2. *Sauer J.R. Survey designs and statistical methods for the estimation of avian population trend / J.R. Sauer, S. Droege // Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends. Washington: U.S. Fish and Wildlife service, 1990. – P. 72–77.*
3. *STATISTICA. Electronic manual. – StatSoft, Inc.: Bedford, 2002.*
4. *Ter Braak C.J.F. Analysis of monitoring data with many missing values: which method? // The European Union and Biodiversity [W. Hagemeijer] / C.J.F. Ter Braak, A.J. van Strien, R. Meijer. – Brussels: Friends of the Earth & EEB, 1998. 76 p.*

#### VARIATION ANALYSIS OF BIRD ABUNDANCE IN STATISTICA

*A.A. Zimaroyeva, M.V. Matsyura, O.V. Matsyura*

The technical approach that developed for the estimation of bird population trend was presented. The review of applied software that can be implemented in the analysis of population trends was done. The suggested models could be used in analysis and prognosis of bird abundance.

УДК 574.2:574.3:574.9:598.2(477)

Зимароєва А.А., Мацюра М.В., Мацюра О.В. Оцінка варіації чисельності птахів за допомогою програми Statistica // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2013. – Вип. 18, № 1. – С. 126-132.

Наводиться методичний підхід до біологічної інтерпретації варіації чисельності птахів. Наведено огляд можливостей програмного продукту Statistica для аналізу змін чисельності. Запропонований алгоритм може бути використаний для складання прогнозів та оцінок результатів моніторингу чисельності птахів.

Бібл. 4. Рис. 2.