



УДК 574.2:574.3:574.9:598.2(477)

О.В. Мацюра, Д. В. Жданова

АНАЛІЗ ВАРІАЦІЇ ЧИСЕЛЬНОСТІ МІГРУЮЧИХ ПТАХІВ*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького*

Наводиться методичний підхід до біологічної інтерпретації варіації чисельності мігруючих видів птахів. Наведено огляд програмних продуктів для застосування в аналізі чисельності. Запропоновані моделі можуть бути використані для аналізу та прогнозу чисельності птахів.

Ключові слова: мігруючі птахи, динаміка чисельності, моніторинг.

А. В. Мацюра, Д. В. Жданова

АНАЛИЗ ВАРИАЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ МИГРИРУЮЩИХ ПТИЦ*Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого*

В работе приводится методический подход к биологической интерпретации математической оценки вариации численности мигрирующих птиц. Приведен анализ программных продуктов для их применения в анализе численности. Предложенные схемы анализа могут быть использованы в мониторинговых исследованиях и прогнозировании численности птиц.

Ключевые слова: мигрирующие птицы, динамика численности, мониторинг

A.V. Matsyura, D. V. Zhdanova

VARIATION ANALYSIS OF MIGRATORY BIRDS' ABUNDANCE*Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*

The technical approach developed for the estimation of migratory birds population trends 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 birds abundance.

Key words: migratory birds, abundance dynamics, monitoring.

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, ценотичних 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 в 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 ДОСЛІДЖЕНЬ 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 (Montgomery, Johnson, & Gardiner, 1990). Було показано (Ter Braak, van Strien, Meijer, & Verstrael, 1998), 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 мігруючих 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 імміграції.

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. Варіація в дрібному однорідному фрагменті тим більше, чим більша частка придатного повітряного коридору або маршруту міграції, яка щорічно залишається незайнятою. Вона характеризує свободу вибору маршруту для особини, тобто просторову варіацію, або ненасиченість маршрутів міграції.

По мірі 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 міграційних коридорів. 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. По варіації фрагментів можна судити про просторову інтегрованість популяції, про її залежність від змін загальних і вузько локальних чинників середовища. Міжвидове порівняння показує, що компоненти варіації у видів, що відзначаються різними міграційними стратегіями, мають характерні особливості. У зграйних птахів досягається відносно повне насичення (значення коефіцієнту a - невисоке), але однорідність умов на великій площі приводить до синхронних змін (високе значення коефіцієнту b). Види, що мігрують поодиноч, розподілені у повітрі

так, що це знижує можливість насичення повітряних коридорів, але розмаїття цих коридорів використовується птахами при зміні умов і стримує синхронні коливання. Види, що залежать від метеорологічних умов, відрізняються найбільшою варіацією. Їх міграційні параметри більш схильні до коливань фізичних умов, і тому їх повітряні коридори – ненасичені.

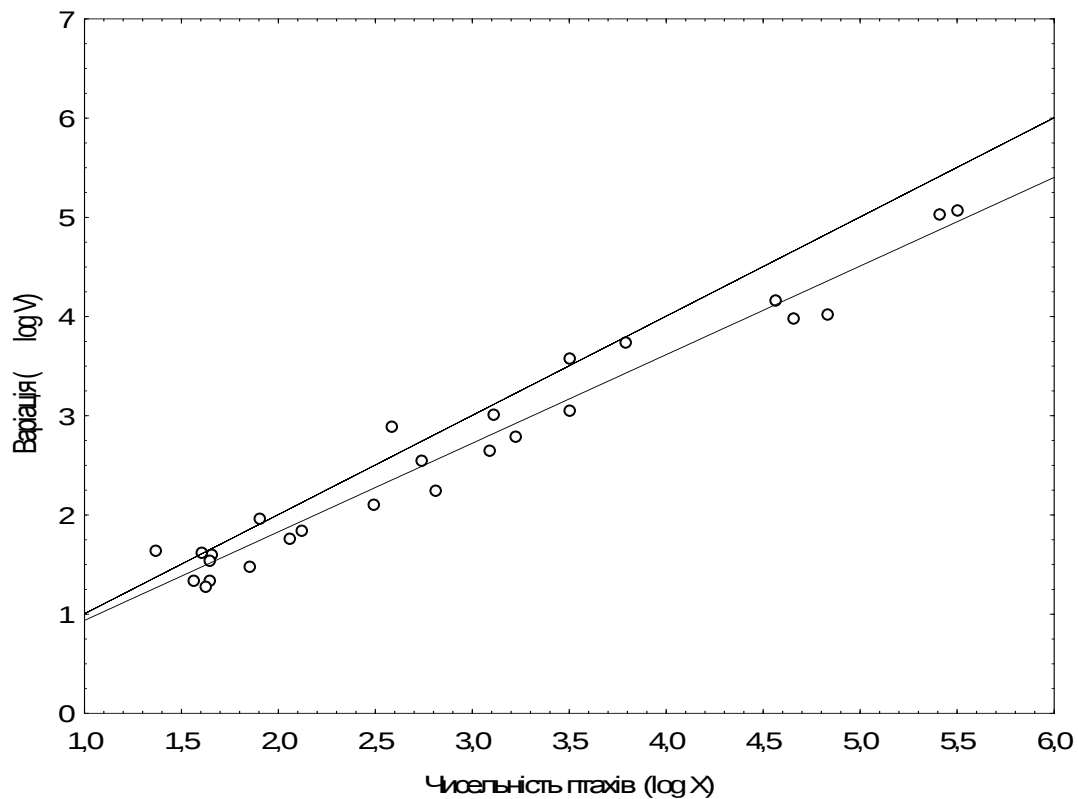


Рис. 1. Міжвидова залежність варіації (дисперсії) від середньої чисельності популяції птахів (у логарифмічному масштабі).

Пунктирна лінія регресії $V = 0,07 + 1,07x$ 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. Програма *Statistica* пропонує цілий блок підпрограм для дослідження часових рядів (STATISTICA, 2002). 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 (Sauer, Droege, 1990). 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.

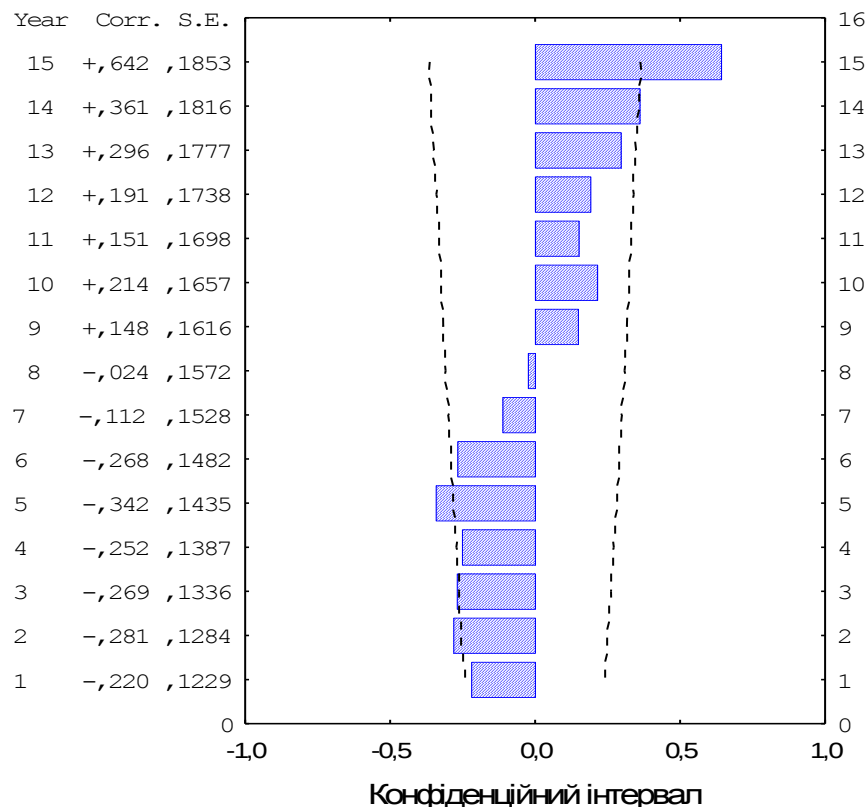


Рис. 2. Корелограма зміни умовної чисельності.

Умовні позначення: Year – порядковий номер року (15 років), Corr. - значення коефіцієнта автокореляції між попереднім і наступним значенням чисельності, S.E. – стандартне відхилення.

Екологічне значення авторегресійних параметрів полягає у відображенні періодичності зміни чисельності птахів в сезонному та багаторічному аспекті. Перевірка адекватності моделі, тобто її прогностичних 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.

ВИСНОВКИ

1. Для аналізу ряду багаторічних спостережень динаміки чисельності птахів доцільно застосовувати методи стаціонарних випадкових процесів.
2. Чисельність (щільність) птахів необхідно розраховувати по відношенню 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 з обчисленням коефіцієнтів автокореляції.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Montgomery, D. C., Johnson, L. A., & Gardiner, J. S. (1990). *Forecasting and time series analysis (2nd Ed.)*. New Yrk: McGraw-Hill.
- Sauer, J. R., Droege, S. (1990). *Survey designs and statistical methods for the estimation of avian population trend. In Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends*. Washington: U.S. Fish and Wildlife service.
- STATISTICA. Electronic manual (2002). StatSoft, Inc.: Bedford.
- Ter Braak, C. J. F., van Strien, A. J., Meijer, R., & Verstrael, T. J. (1994). *Analysis of monitoring data with many missing values: which method? In: Hagemeijer, W. The European Union and Biodiversity*. Brussels: Friends of the Earth & EEB.

REFERENCES

- Montgomery, D. C., Johnson, L. A., & Gardiner, J. S. (1990). *Forecasting and time series analysis (2nd Ed.)*. New Yrk: McGraw-Hill.
- Sauer, J. R., Droege, S. (1990). *Survey designs and statistical methods for the estimation of avian population trend. In Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends*. Washington: U.S. Fish and Wildlife service.
- STATISTICA. Electronic manual (2002). StatSoft, Inc.: Bedford.



Ter Braak, C. J. F., van Strien, A. J., Meijer, R., & Verstrael, T. J. (1994). *Analysis of monitoring data with many missing values: which method?* In: Hagemeyer, W. *The European Union and Biodiversity*. Brussels: Friends of the Earth & EEB

© О. В. Мацюра, Д. В. Жданова, 2012

© O. V. Matsyura, D. V. Zhdanova, 2012

Надійшла до редколегії 04.02.2012