

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ДЕЯКИХ ВИДІВ НАВКОЛОВДНИХ ПТАХІВ

Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького

Представлено результати комп'ютерного моделювання чисельності фонових видів навколоводних птахів. Для графічного сценарію динаміки чисельності застосовано аналіз часових рядів, це дозволило створити моделі зміни чисельності видів для найближчих 10 років. За допомогою функціонального аналізу для кожного виду був визначений оптимальний тренд (лінійний, логарифмічний або експоненціальний), відповідно до основних типів зростання популяцій.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, динаміка чисельності, навколоводні птахи.

М. В. Мацюра

Мелітопольский государственный университет им. Б. Хмельницкого

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НЕКОТРЫХ ВИДОВ ОКОЛОВОДНЫХ ПТИЦ

Представлены результаты компьютерного моделирования численности фоновых видов околоводных птиц. Для графического сценария динамики численности применен анализ часовых рядов, это позволило создать модели изменения численности видов для ближайших 10 лет. С помощью функционального анализа для каждого вида был определен оптимальный тренд (линейный, логарифмический или экспоненциальный), соответствующий основным типам роста популяций.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, динамика численности, околоводные птицы.

M. V. Matsyura

Bogdan Khmelnski Melitopol State Pedagogical University

COMPUTER MODELLING OF SOME WATERBIRDS' ABUNDANCE

The results of computer design of abundance of some key waterbird species are presented. For a graphic scenario of dynamics of quantity the time series analysis was applied; it is allowed to create the models and forecast the changes in the abundance of bird species for the nearest 10 years. By means of functional analysis for each bird species the optimal trend (linear, logarithmic or exponential) was determined in accordance with the basic types of population growth.

Key words: computer design, abundance dynamics, waterbirds.

Широке застосування методів математичного моделювання відкриває нові можливості перед екологами: створення моделі динаміки чисельності та прогнозування стану популяції значно полегшує аналіз первинної інформації. Разом з цим існують деякі труднощі: для моделювання необхідна наявність даних за досить тривалий часовий період (оскільки точність моделі визначається обсягом даних за чисельністю), у звичайних моделях досить складно відобразити вплив деяких чинників (наприклад, трофічного) і міжвидових взаємин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Запропоновані нами методи цілком доступні і можуть бути застосовані для обробки даних польових досліджень. Для моделювання було використано дані Мацюри О. В. (2006) за 1990–1999 рр., дані за попередній період (1973–1988 рр.) одержано з літературних джерел (Колоніальніе гидрофильные птицы., 1988). Для математичного аналізу застосовані методики експериментального дизайну та аналізу часових рядів; для обчислення рівняння динаміки чисельності застосовано пакет «Curve Expert 3.1» (Burnham, 1998).

Першим кроком для створення моделей було проведення спектрального аналізу динаміки чисельності птахів острівних угруповань (Browne, 1992). У ході аналізу для

більшості видів був визначений період у 5 років, що характеризується найбільшою достовірністю. Для графічного сценарію динаміки чисельності застосовано аналіз часових рядів (Prairie, 1996), що припускає існування певної циклічності; це дозволило створити моделі зміни чисельності видів для найближчих 10 років, тобто для двох циклів. За допомогою функціонального аналізу для кожного виду був визначений оптимальний тренд (лінійний, логарифмічний або експоненціальний), відповідно до основних типів зростання популяцій.

Передбачені значення (F_t) визначалися за формулою (McCullagh, 1989):

$$F_t = S_t * I_{t-p},$$

де S – згладжене значення серії; I – згладжуючий чинник, визначений у ході моделювання; t – коефіцієнт тренда; p – довжина циклу;

$$t = (1/\varnothing) * (M_k - M_1) / ((k-1) * p),$$

де \varnothing – параметр згладжування, визначений у ході моделювання; k – кількість циклів; M_k – середнє значення останнього циклу; M_1 – середнє значення першого циклу; p – довжина циклу;

$$S = M_{1-p} * T/2.$$

Основна умова створення подібних моделей – наявність якомога більшої кількості даних з динаміки чисельності, що визначає точність моделі та її статистичну достовірність. Мінімальна кількість років з даними за чисельністю повинна становити 15–20, виходячи з методичних особливостей аналізу часових рядів (McCullagh, 1989).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виходячи з існуючих типів зростання популяцій і кривих динаміки чисельності, одержані криві математичних моделей дозволяють віднести мартина жовтоносого *Larus cachinnans* Pallas, 1811, крячка рябодзьобого *Thalasseus sandvicensis* (Latham, 1877) та крячка чорнодзьобого *Gelochelidon nilotica* (Gmelin, 1789) до видів, рух чисельності яких описується так званою кривою логарифмічного зростання, коли збільшення популяції на початковій стадії відбувається уповільнено, потім швидше й поступово починає сповільнюватися під впливом чинників середовища; уповільнення стає більш вираженим у міру збільшення дії цих чинників, зрештою досягається й підтримується відносна рівновага (рис. 1, 2).

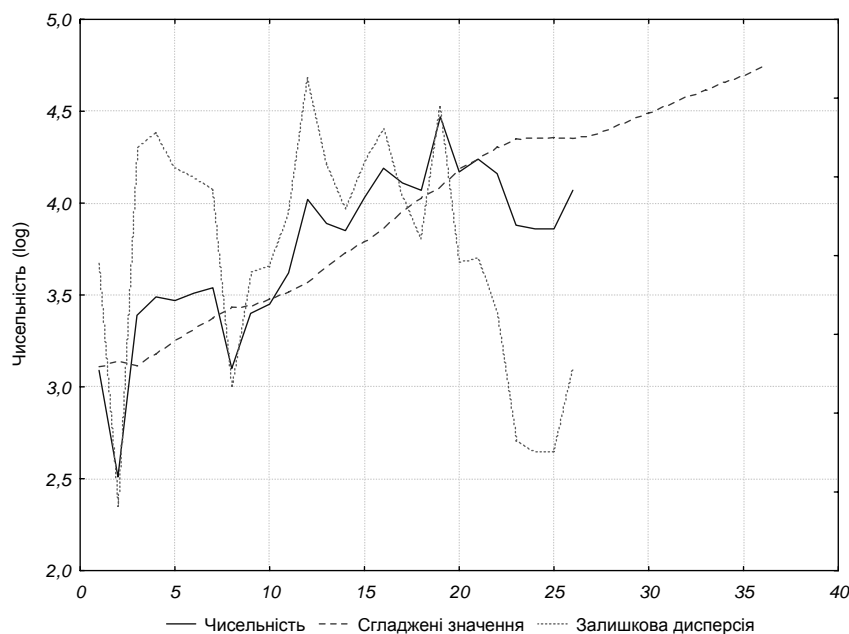


Рис. 1. Сценарій зміни чисельності мартина жовтоносого

$S_0 = 3,07$; $T_0 = 0,04$, де S – згладжене значення серії; T – коефіцієнт тренда

По осі OX тут і надалі відображено часовий період з 1973 р, що відповідає нульовому значенню.

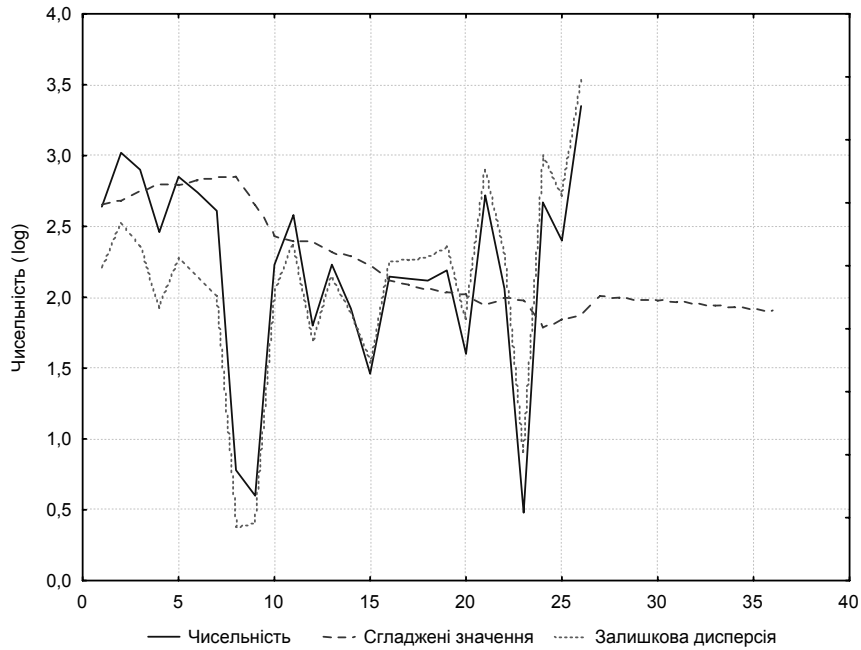


Рис. 2. Сценарій зміни чисельності крячка чорнодзьобого
 $S_0 = 2,63; T_0 = 0,028$.

Чорноголовий реготун *Larus ichthyetus* Pallas, 1733, крячок каспійський *Hydroprogne caspia* (Pallas, 1770), крячок річковий *Sterna hirundo* Linnaeus, 1758 і мартин тонкодзьобий *Larus genei* Breme, 1840 (на підставі кривих зростання, одержаних математичним моделюванням) відносяться до видів з логарифмічним типом зростання чисельності (рис. 3–5).

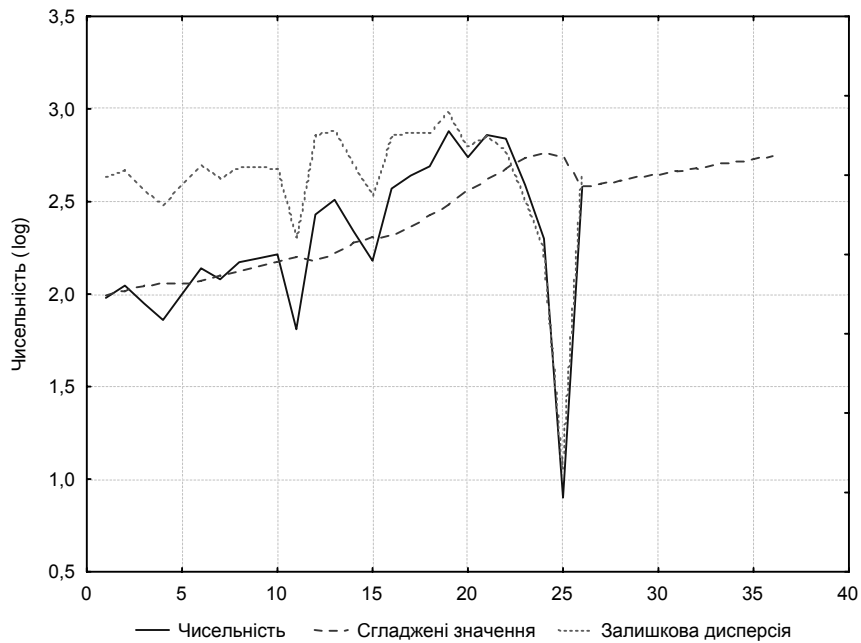


Рис. 3. Сценарій зміни чисельності мартина каспійського
 $S_0 = 1,97; T_0 = 0,024$.

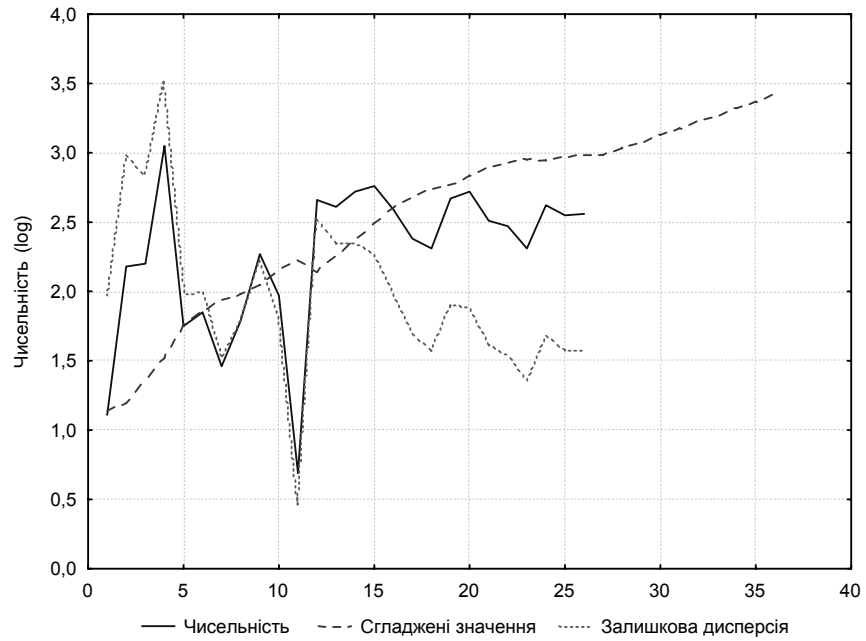


Рис. 4. Сценарій зміни чисельності крячка каспійського
 $S_0 = 1,08; T_0 = 0,058$.

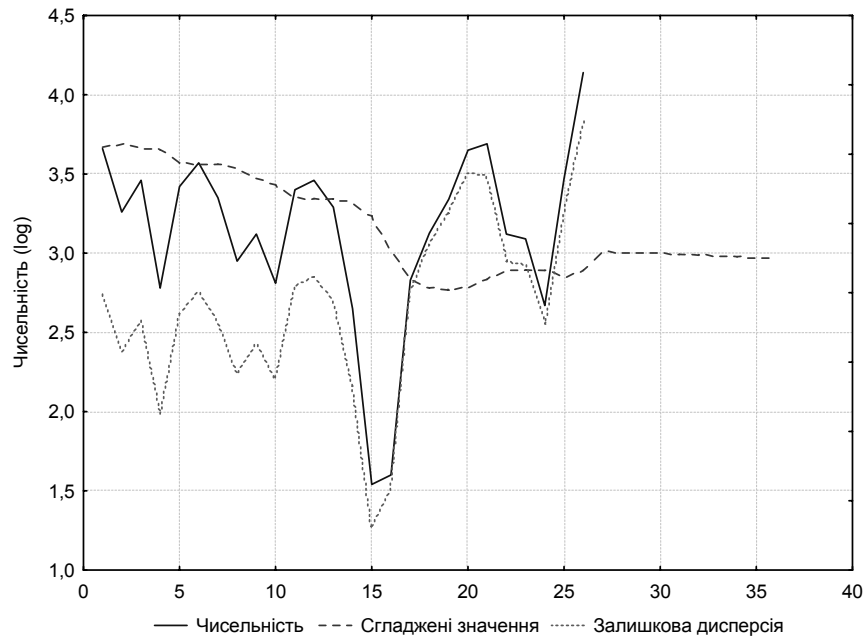


Рис. 5. Сценарій зміни чисельності мартина тонкодзьобого
 $S_0 = 3,65; T_0 = 0,019$.

Даний тип кривих характеризує динаміку чисельності виду в випадку, коли є значний розрив у часі між збільшенням густоти організмів, спричинений появою нових особин і проявом гальмуючого впливу збільшення густоти на зростання популяції. Це підтверджується високою вибірковістю таких видів птахів до гніздових біотопів і невеликим розповсюдженням по островних системах регіону.

Мартин середземноморський *Larus melanocephalus* Temminck, 1820 характеризується кривою осциляції, що описує експоненціальний тип зростання (рис. 6).

При такому типі динаміки чисельності густота збільшується швидко, а коли починає діяти лімітуючий чинник, зростання популяції раптово припиняється. У даному випадку це пояснюється тенденцією до перерозподілу, коли вид покидає одні островні системи й заселяє інші, часто за межами досліджуваного регіону.

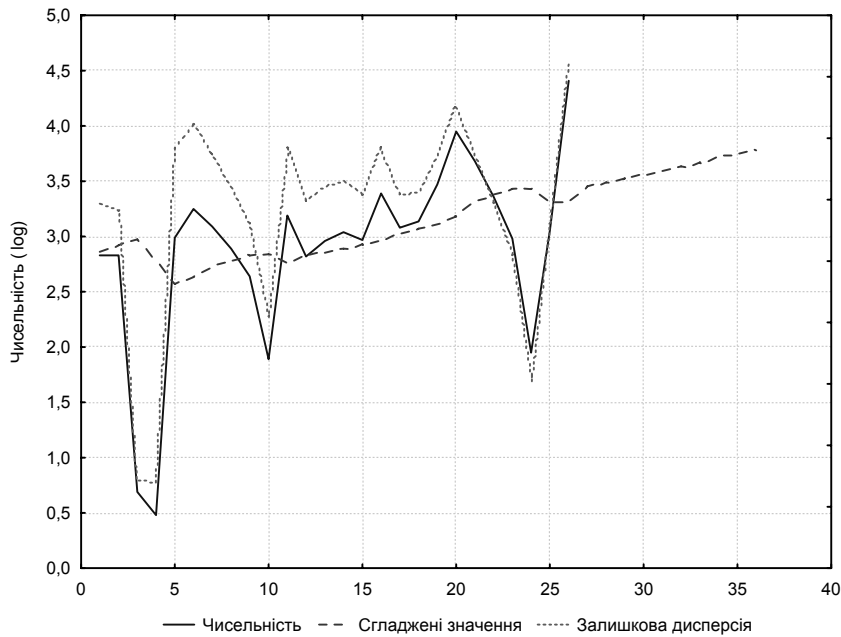


Рис. 6. Сценарій зміни чисельності мартіна середземноморського
 $S_0 = 2,79; T_0 = 0,06$.

Математична модель динаміки чисельності крячка малого *Sterna albifrons* Pallas, 1764 визначена раціональним рівнянням і характеризується сильно опуклою кривою, що означає різке зниження чисельності та густоти виду, це підтверджується даними стандартних обліків (рис. 7).

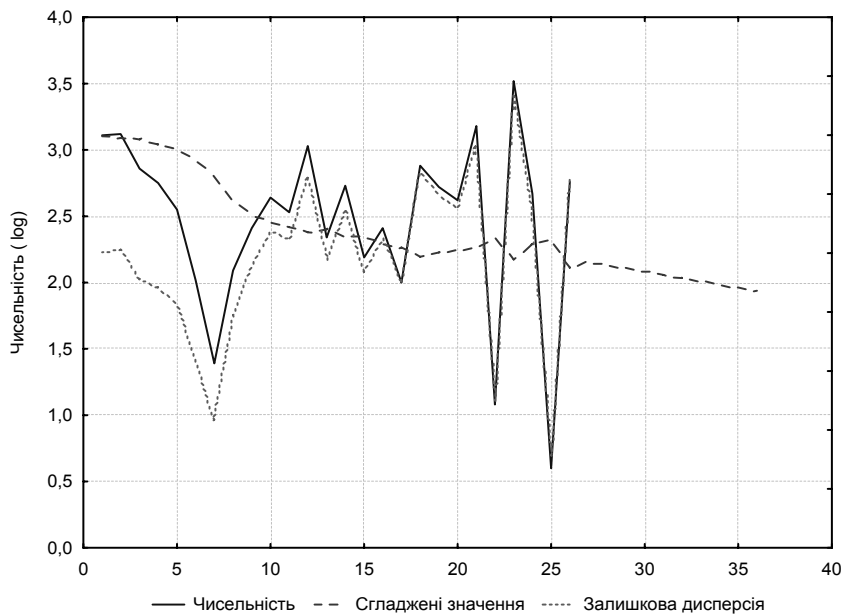


Рис. 7. Сценарій зміни чисельності крячка малого
 $S_0 = 3,12; T_0 = -0,014$.

Статус виду в регіоні на період отримання даних – несприятливий, і за відсутності природоохоронних заходів прогноз динаміки чисельності виду припускає подальше зниження його чисельності на острівних системах.

ВИСНОВКИ

1. Для виявлення природи циклічних змін острівних угруповань птахів необхідний більш детальний аналіз з обробкою додаткових даних щодо кліматичних умов, гідрологічного режиму та епізоотичних процесів.

2. Тенденції видів до перерозподілу разом з посиленням антропогенного впливу ускладнюють проведення аналізу динаміки острівних угруповань птахів; для повного аналізу необхідні нові змінні, що описують трофічні відносини птахів і вікову структуру популяцій.

3. Виконаний аналіз підтверджує положення про те, що, чим вищий рівень організації і зрілості угруповання (тобто чим воно стабільніше), тим менша амплітуда флуктуацій чисельності популяції з часом.

4. Отримані моделі деякою мірою умовні і не можуть бути використані як абсолютно точний прогноз чисельності видів. Разом з тим, сценарії динаміки чисельності рекомендовані для розробки заходів щодо менеджменту загрозливих видів птахів даного регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Колониальные гидрофильные** птицы юга Украины. Ржанкообразные / В. Д. Сиохин, И. И. Черничко, Т. Б. Ардамацкая и др. – К. : Наук. думка, 1988. – 174 с.
- Мацюра А. В.** Особенности математического анализа динамики численности / А. В. Мацюра // Вісник Запорізького державного університету: Збірник наукових статей. Біологічні науки. – Запоріжжя : ЗДУ, 2006. – № 1. – С. 128-134.
- Berryman A.** Identifying the density-dependent structure underlying ecological time series / A. Berryman, P. Turchin // Oikos. – 2001. – Vol. 92. – P. 265-270.
- Browne M. W.** Alternative ways of assessing model fit // Testing structural equation models / M. W. Browne, R. Cudeck. – Beverly Hills, CA: Sage, 1992. – P. 25-29.
- Burnham K. P.** Model selection: a practical information-theoretic approach / K. P. Burnham, D. R. Anderson. – Springer-Verlag, 1998. – P. 22-23.
- Dennis B.** Density dependence in time series observations of natural populations: estimation and testing / B. Dennis, M. L. Taper // Ecol. Monogr. – 1994. – Vol. 64. – P. 205-224.
- McCullagh P.** Generalized linear models, 2nd edn. / P. McCullagh, J. A. Nelder. – London: Chapman & Hall, 1989. – P. 51-59.
- Montgomery D. C.** Forecasting and time series analysis (2nd Ed.) / D. C. Montgomery, L. A. Johnson, J. S. Gardiner. – New York: McGraw-Hill, 1990. – P. 56-70.
- Prairie Y. T.** Evaluating the predictive power of regression models / Y. T. Prairie // Can. J. Fish and Aquat. Sci. – 1996. – Vol. 3. – P. 490-492.

Надійшла до редколегії 29.06.11