УДК 007.51: 519.8(075.8)
DOI: 10.15587/2313-8416.2016.77853

МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИХ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ З УРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕННОСТІ В ПОЧАТКОВИХ УМОВАХ ЗАДАЧІ КОШІ

© Ю. Б. Бродський, О. В. Маєвський

В статті розв'язано задачу Коші з частковою невизначеністю в початкових умовах для математичних моделей взаємодії «хижак – жертва», яка виникає для малодосліджених об'єктів системного характеру з обмеженим об'ємом апріорної інформації стосовно поведінки таких об'єктів і неможливістю проведення «активного» експерименту. Досліджено математичні моделі типу «хижак – жертва» з ефектом дифузії і без нього

Ключові слова: *задача Коші, ефект дифузії, математична модель «хижак – жертва», «активний» експеримент*

The paper solves a Cauchy problem with partial uncertainty of its initial conditions for mathematical models of "predator – prey" interaction that is observed for underexplored systematical objects having lack of a-priori information about their behavior and impossibility for an "active" experiment. Mathematical models of "predator – prey" were examined with diffusion effect and without it

Keywords: *Cauchy problem, diffusion effect, "predator – prey" mathematical model, "active" experiment*

1. Вступ

При моделюванні широкого спектру задач, значна увага приділяється питанням ідентифікації робочих параметрів відповідних моделей. Вирішення таких завдань є важливим етапом аналізу і інтерпретації експериментально отриманої інформації. Робочі параметри математичних моделей, як правило, невідомі і можуть бути оцінені за допомогою аналізу експериментальних даних реакцій досліджуваного об'єкту.

Багато задач параметричної і непараметричної ідентифікації, обробки експериментальних даних та чисельного аналізу відносяться до класу некоректно поставлених задач [1].

Характерною рисою таких завдань є нестійкість їх вирішення: малі зміни початкових даних можуть довільно викликати великі зміни рішень, тобто похибка вихідних даних може грати принципову роль. Ця нестійкість при наявності похибок в даних призводить до того, що рішення не буде єдиним, а також виникнуть труднощі у з'ясуванні змісту отриманого рішення. Тому методи стійкого розв'язання некоректних задач мають не тільки теоретичну, але й велику практичну значимість [1]. Розв'язок задачі ідентифікації робочих параметрів математичних моделей динаміки і взаємодії об'єктів системного характеру, тісно пов'язаний з розв'язком задачі Коші з частковою невизначеністю в початкових умовах.

Для дослідження, в якості прикладу об'єкта системного характеру розглядаються екосистеми типу «хижак – жертва» в зв'язку зі значним об'ємом наявних статистичних даних та з відносно невеликою частотою їх коливань (в статистичних даних, період обліку становить в основному 1 рік).

2. Аналіз літературних даних

Як відомо, в екосистемах [2] дослідження більшості процесів призводить до необхідності розв'язання багатофакторних задач, що являє собою складну математичну проблему, яка призводить до виникнення некоректно поставленої задачі.

Для розв'язку задач такого роду може бути використані два основних підходи. Перший підхід полягає в довизначенні апріорної інформації для виключення невизначеності та отримання можливості вирішити коректно поставлене завдання одним з чисельних методів. Другий підхід передбачає застосування методів регуляризації [3]. Неможливість проведення «активного» експерименту (дослідження реакції системи на тестовий вплив) ускладнює розв'язок задачі ідентифікації робочих параметрів математичних моделей процесу взаємодії «хижак – жертва». Перший підхід також завужено рамками апріорної інформації, яка у випадку екосистеми може бути представлена в основному множиною статистичних даних. При цьому слід врахувати, що статистичні дані можуть включати систематичні, випадкові і грубі похибки з різними законами розподілу. Походження цих погрішностей пов'язано в основному з точністю методів збору статистичних даних і безпосередньо з професіоналізмом відповідних спеціалістів. Недостатня вивченість впливу похибок в статистичних даних на результати моделювання призводить до недостовірних результатів моделювання за допомогою існуючих математичних моделей, демонструючи при цьому їх неадекватність при певних умовах, таких як стабільність зовнішніх умов.

Таким чином, розв'язок задачі Коші з частковою невизначеністю в початкових умовах та задачі ідентифікації робочих параметрів повинен забезпечити доведення адекватності узагальненої моделі еволюції систем [4] і математичних моделей «хижак – жертва» як з урахуванням ефекту дифузії [5, 6], так і без нього, побудованих на її основі [7], в порівнянні з розповсюдженою функцією Ферхюльста [8] і математичних моделей взаємодії на базі цієї функції.

3. Мета і задачі досліджень

Метою досліджень є доведення адекватності математичних моделей взаємодії «хижак – жертва» побудованих на основі узагальненої моделі еволюції систем на відміну від математичних моделей, отриманих на основі функції Ферхюльста [8] на прикладі взаємодії екосистем [2].

Для досягнення поставленої мети, виникає необхідність розв'язку двох задач математичного моделювання: це задача пошуку робочих параметрів математичних моделей за результатами обробки наявних статистичних даних та їх нормованих відхилень. І по-друге: оскільки ця задача представлена у вигляді нелінійної системи диференційних рівнянь, то для прогнозування необхідно задавати початкові умови. Ідентифікація цих початкових умов, це друга задача, яку необхідно розв'язати.

4. Розв'язок задачі Коші з частковою невизначеністю в початкових умовах для існуючих і запропонованих математичних моделей взаємодії «хижак – жертва»

Зазвичай при моделюванні динаміки процесів в екологічних системах [2] використовують функцію Ферхюльста [8], яка є розв'язком відомого нелінійного диференціального рівняння першого порядку:

$$\frac{dx(t)}{dt}=\phi x(t)-a_0x^2(t), \qquad (1)$$

де x − кількість елементів екосистеми, ϕ − потенціал експоненціального зростання, a_0 − параметр, стримуючий експоненційний розвиток екосистеми.

Загалом, оцінювати інтегруючий вплив на природні системи різноманітних зовнішніх факторів в природних умовах важко, бо вони багатовекторні та неоднозначні. Найбільш показовою характеристикою динаміки природної системи в таких випадках може бути загальний стан чисельності її складових елементів $x(t)$, яка свідчить про розвиток чи пригнічення процесу динаміки.

Для врахування зовнішніх факторів в роботі використовується узагальнена модель еволюції систем, яка представлена нелінійним диференційним рівнянням першого порядку [4]

$$\left(1+a_1x(t)\right)\frac{dx(t)}{dt}=\phi x(t)-a_0x^2(t), \qquad (2)$$

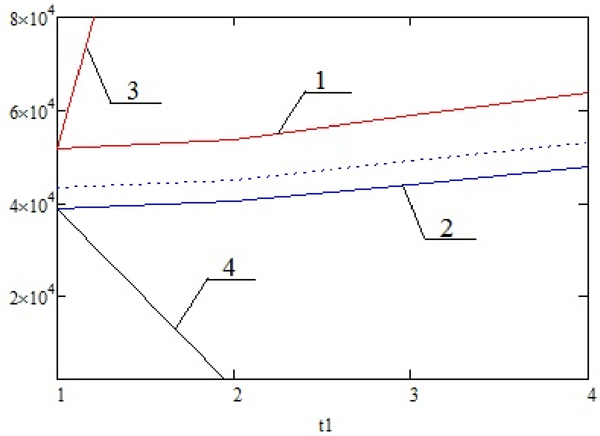
де x− кількість елементів екосистеми, ϕ − потенціал експоненціального зростання, a_1 і a_0 − параметри, що стримують експоненційний розвиток екосистеми.

Задача Коші з частковою невизначеністю в початкових умовах розв'язана шляхом формування векторів випадкових значень статистичних даних із встановленого діапазону їх відхилень (+20 %; –10 %) з подальшим обчисленням середніх значень, дисперсії та стандартних відхилень.

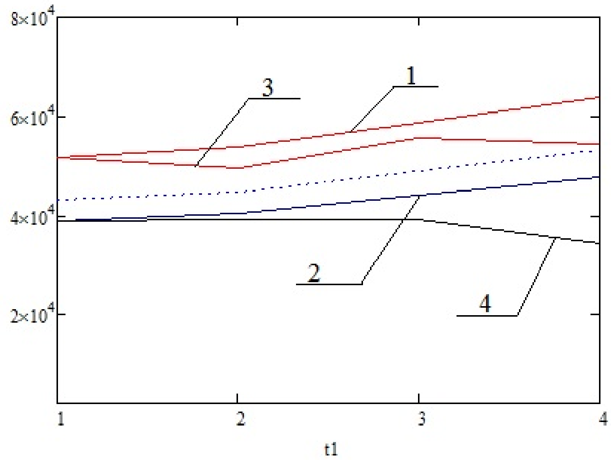
Закон розподілу статистичних даних в межах встановлених відхилень, вважаємо нормальним.

Для практичної реалізації запропонованого розв'язку, застосовано програмний пакет Mathcad 15.0.

Розв'язок задачі Коші з частковою невизначеністю в початкових умовах (далі по тексту «задача Коші») для математичних моделей (1) і (2) дозволив описати процеси динаміки екосистем, враховуючи вплив зовнішнього середовища в екосистемах взаємодії типу «хижак – жертва» як з урахуванням ефекту дифузії, так і без ефекту дифузії [5, 6].



а



б

Рис. 1. Розв'язок задачі Коші з частковою невизначеністю в початкових умовах: *а* – для функції Ферхюльста; *б* – для узагальненої моделі еволюції систем, де 1, 2 – верхня і відповідно нижня границі статистичних даних; 3, 4 – верхня і відповідно нижня границі результатів моделювання

Враховуючи результати ідентифікації робочих параметрів математичних моделей (1) і (2) [9], розв'язок задачі Коші для функції Ферхюльста та узагальненої моделі еволюції систем (на прикладі популяції кабана для території України) представлено на рис. 1, *а, б*. Графіки на рис. 1, *а, б* та рис. 3, використовують динаміку статистичних даних для екосистеми на території України на прикладі популяції кабана. На рис. 2 наведено розподіл параметра a_1, за рахунок якого підвищується точність результатів моделювання за допомогою узагальненої моделі еволюції систем.

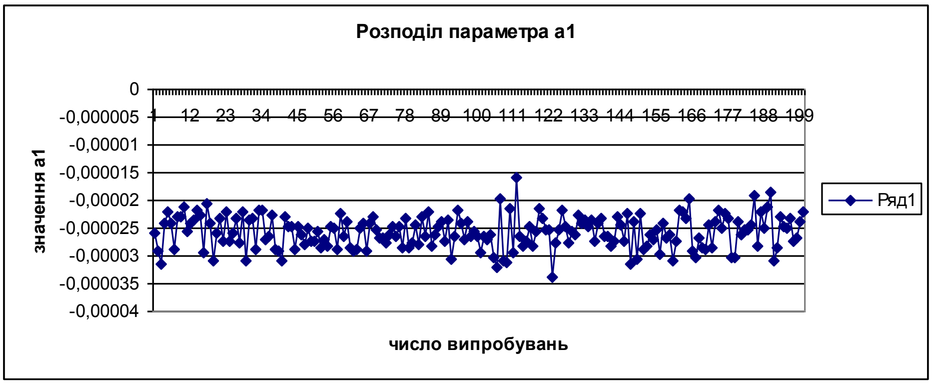


Рис. 2. Розподіл параметра a_1 в узагальненій моделі еволюції систем

Розподіл робочих параметрів для математичної моделі з обмеженим зростанням (функція Ферхюльста) не виконувався в зв'язку з неадекватним розв'язком для неї задачі Коші з першого кроку моделювання (рис. 1, *а*).

Графік на рис. 3 зображує поведінку узагальненої моделі еволюції (2) в допустимих межах значень її робочих параметрів (результат розв'язку задачі ідентифікації).

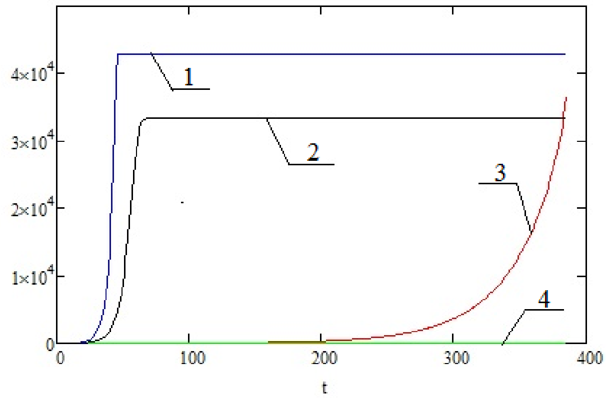


Рис. 3. Графік узагальненої моделі еволюції систем в допустимих межах значень її робочих параметрів: 1 – для max значень робочих параметрів; 2 – для одного з проміжних значень робочих параметрів; 3 – для середнього значення робочих параметрів; 4 – для min значень робочих параметрів

При вивченні процесу динаміки в екосистемах взаємодії типу «хижак – жертва», замість функції Ферхюльста використовується узагальнена модель еволюції систем (2), що повинно забезпечити підвищення точності прогнозування чисельності «хижака» та «жертви».

Подальше дослідження передбачає розв'язок задачі Коші з частковою невизначеністю в початкових умовах для математичних моделей взаємодії «хижак – жертва» сформованих на основі функції Ферхюльста (1) та узагальненої моделі еволюції систем (2).

Відома математична модель «хижак – жертва» [10] на основі функції Ферхюльста представлена системою двох нелінійних диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} + a_0 x^2 - \phi x = -\gamma z; \\ \dfrac{dz}{dt} + b_0 z^2 - \psi x = \gamma x. \end{cases} \tag{3}$$

і призначена для визначення кількості особин хижака і жертви, де не враховується ефект дифузії.

З урахуванням (2), диференціальні рівняння (3) перетворюються в систему

$$\begin{cases} (1 + a_1 x)\dfrac{dx}{dt} + a_0 x^2 - \phi x = -\gamma z; \\ (1 + b_1 x)\dfrac{dz}{dt} + b_0 z^2 - \psi x = \gamma x, \end{cases} \tag{4}$$

де x і z − кількість елементів взаємодіючих природних систем, ϕ та ψ − потенціали экспоненціального зростання, a_1, b_1, a_0, b_0 − параметри, які стримують экспоненціальний розвиток природних систем, де також не враховано ефект дифузії.

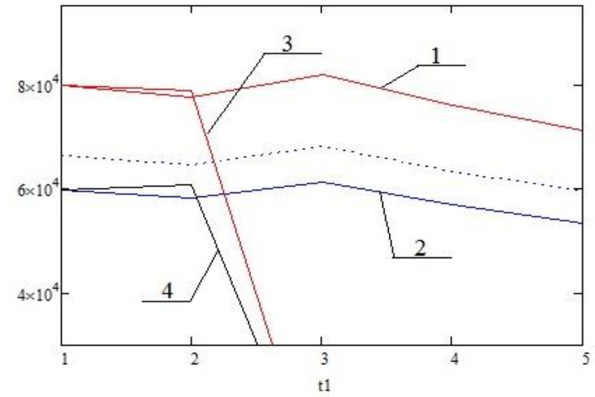
Результати ідентифікації робочих параметрів математичних моделей (3), (4) зведено в табл. 1.

Виходячи з результатів ідентифікації робочих параметрів математичної моделі (3), розв'язок задачі Коші для неї (на прикладі пари «вовк – заєць» (ХЖ1) для території Житомирської області) представлено на рис. 4, *а, б* розв'язок задачі Коші для неї (на прикладі пари «вовк – заєць» (ХЖ1) для території Житомирської області) представлено на рис. 4, *а, б*.

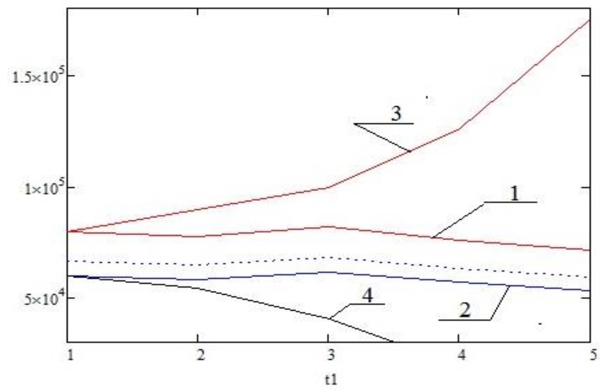
Таблиця 1

Робочі параметри математичних моделей (3), (4)

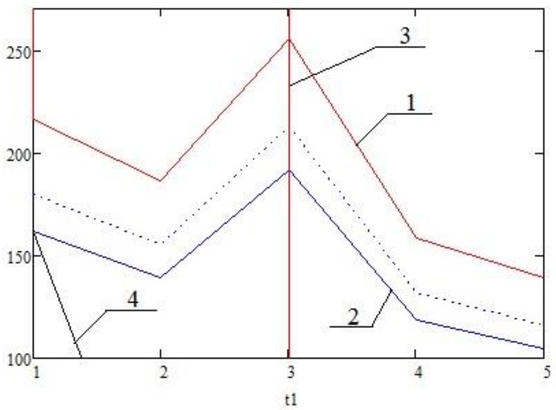
Модель	ϕ	γ	ψ	a_0	b_0	a_1	b_1
(3)	1,34±2,679	−221,48±764,125	$1{,}87\cdot10^{5}\pm5{,}4\cdot10^{6}$	$1{,}93\cdot10^{-5}\pm$ $\pm3{,}07\cdot10^{-5}$	918,44± $\pm3{,}54\cdot10^{4}$	0,00	0,00
(4)	−0,046±0,359	−7,23±153,51	$-522{,}46\pm1{,}3\cdot10^{5}$	$3{,}623\cdot10^{-7}\pm$ $\pm1{,}35\cdot10^{-6}$	4,226±474,51	$-1{,}52\cdot10^{-5}\pm$ $\pm3{,}09\cdot10^{-6}$	45,99± ±538,7



а

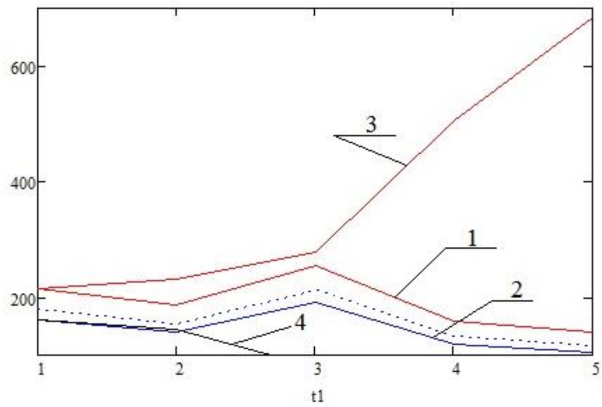


а



б

Рис.°4. Розв'язок задачі Коші з невизначеністю в початкових умовах для екологічних систем взаємодії «хижак – жертва» використовуючи математичну модель (3): *а* – для жертви (заєць); *б* – для хижака (вовк), де 1, 2 – верхня і відповідно нижня границі статистичних даних жертви і хижака; 3, 4 – верхня і відповідно нижня границі результатів моделювання динаміки жертви і хижака



б

Рис.°5. Розв'язок задачі Коші з невизначеністю в початкових умовах для екологічних систем взаємодії «хижак – жертва» використовуючи математичну модель (4): *а* – для жертви (заєць); *б* – для хижака (вовк); 1,2 – верхня і відповідно нижня границі статистичних даних жертви і хижака; 3,4 – верхня і відповідно нижня границі результатів моделювання динаміки жертви і хижака

Аналогічно, скориставшись результатами розв'язку задачі ідентифікації робочих параметрів для математичної моделі (4), (табл. 1) розв'язок задачі Коші для неї (на прикладі пари «вовк – заєць» для території Житомирської області) представлено на рис. 5, *а, б.*

На рис. 6 та рис. 7 наведено розподіл параметрів a_1 та b_1 математичної моделі (4) за рахунок яких підвищується точність результатів моделювання процесів динаміки взаємодіючих екологічних систем «хижак – жертва».

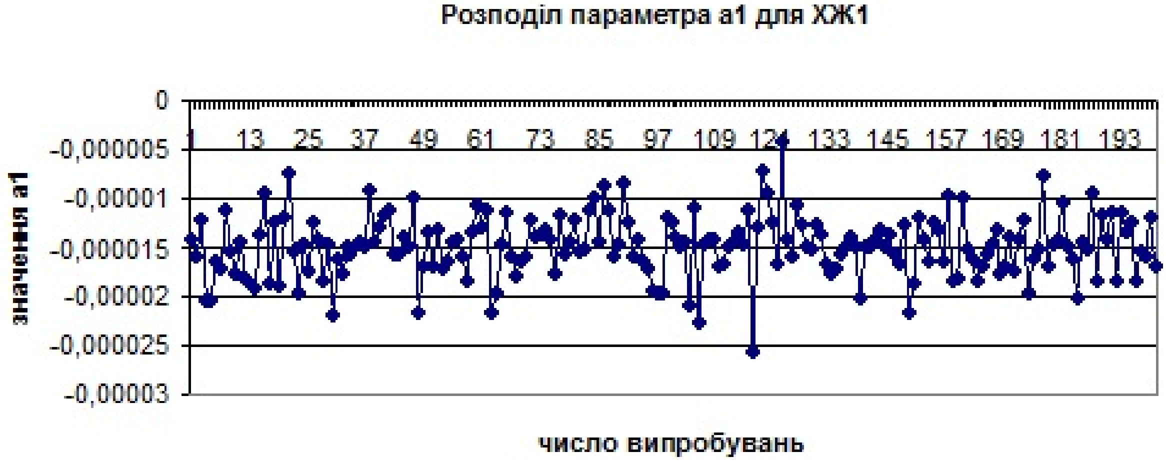


Рис. 6. Розподіл параметра a_1 математичної моделі (4) за рахунок якого підвищується точність результатів моделювання процесів динаміки взаємодіючих екологічних систем «хижак – жертва» (вовк – заєць)

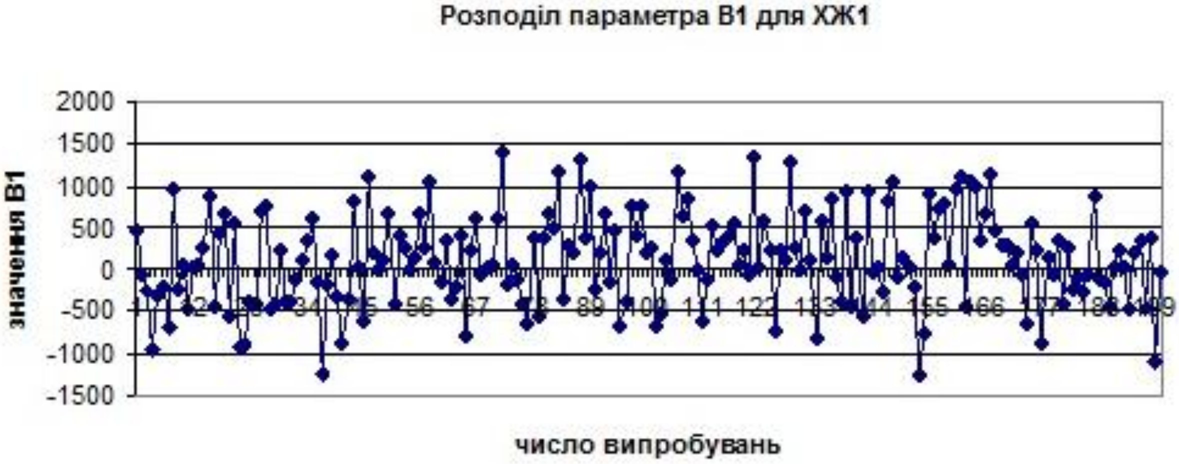


Рис. 7. Розподіл параметра b_1 математичної моделі (4) за рахунок якого підвищується точність результатів моделювання процесів динаміки взаємодіючих екологічних систем «хижак – жертва» (вовк – заєць)

Розподіл робочих параметрів математичної моделі (3) для взаємодії екологічних систем «хижак – жертва» (вовк – заєць) не виконувався в зв'язку з неадекватним розв'язком для неї задачі Коші з невизначеністю в початкових умовах.

Математична модель взаємодіючих природних систем, що враховує ефект дифузії [5, 6], призначена для визначення кількості особин хижака і жертви на одиниці площі, представлена системою диференціальних рівнянь параболічного типу з частинними похідними [9, 10]:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial x}{\partial t} = (\alpha - cz)x + D_x \dfrac{\partial^2 x}{\partial \eta^2}; \\ \dfrac{\partial z}{\partial t} = (-\beta + \gamma x)z + D_z \dfrac{\partial^2 z}{\partial \eta^2}, \end{cases} \tag{5}$$

де t – час; η – просторова координата; $x(t,\eta)$ і $z(t,\eta)$ – щільність елементів взаємодіючих систем на одиницю площі (1 км^2); α, c, β, γ – коефіцієнти впливу на експотенційне зростання процесу динаміки природних систем; D_x, D_z – коефіцієнти, що характеризують хаотичний рух складових елементів цих систем в просторі (в даному випадку одномірний простір).

На підставі узагальненої моделі еволюції систем (2) і рівняння (5) отримаємо математичну модель взаємодії хижак – жертва, що враховує як ефект дифузії, так і вплив зовнішнього середовища:

$$\begin{cases} (1 + a_1 x)\dfrac{\partial x}{\partial t} = (\alpha - cz)x + D_x \dfrac{\partial^2 x}{\partial \eta^2}; \\ (1 + b_1 z)\dfrac{\partial z}{\partial t} = (-\beta + \gamma x)z + D_z \dfrac{\partial^2 z}{\partial \eta^2}, \end{cases} \tag{6}$$

де a_1, b_1 – параметри, що враховують вплив навколишнього середовища.

Задача ідентифікації робочих параметрів математичних моделей динаміки природних систем (1)–(6) розв'язано на прикладі динаміки чисельності популяцій деяких видів тварин з використанням наявних статистичних даних з допустимими межами відхилень.

Розв'язок здійснювався за допомогою формування випадкових векторів статистичних даних з встановленого діапазону. Отримано вектори робочих параметрів і виконано обчислення відповідних середніх значень і стандартних відхилень. Для реалізації запропонованого рішення використаний програмний пакет Mathcad 15.0 [9].

Розв'язок задачі ідентифікації для моделей (5) і (6) системи «хижак – жертва » виконувався на прикладі пари «лисиця – заєць» для Північних регіонів Житомирської області, та наведено в [9].

Для оцінки адекватності моделей (5) і (6) і визначення ймовірності границь щільності хижака і жертви у визначеному напрямку (рис. 8) в точках 1 і 2 з кроком 20 км, розв'язано крайову задачу з невизначеністю і результати зведено в табл. 2 [9].

Схема обраного напрямку, приведена на рис. 8.

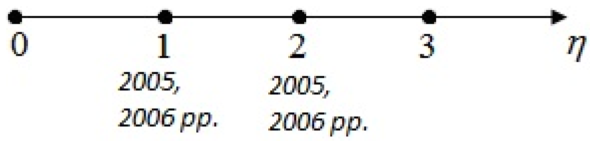


Рис. 8. Напрям η досліджень с контрольними точками і кроком 20 км

Розрахунок відповідних ймовірностей, виконано з використанням нерівності Чебишева. Враховуючи особливості доведення нерівності Чебишева, які знижують точність ймовірнісних розрахунків, можна зробити висновок, що розраховані ймовірності дещо вищі.

Таблиця 2

Значення меж щільності складових елементів на 1км^2 взаємодіючих природних систем з врахуванням ефекту дифузії та відповідні імовірності

Моделі взаємодіючих природних систем з урахуванням ефекту дифузії (на прикладі екосистем)		Роки, контрольні точки 1 і 2 встановленого напрямку							
		2005 рік				2006 рік			
		1 точка		2 точка		1 точка		2 точка	
		шт/км^2	P	шт/км^2	P	шт/км^2	P	шт/км^2	P
Існуюча модель (результати моделювання щільність на 1км^2), шт. на 1км^2	X	<8	>0,49	<8	0	<8	0	< 8	0
	Z	<0,75	>0,9	<0,75	0	<0,75	>0,88	<0,75	0
Запропонована модель (результати моделювання щільність на 1км^2), шт. на 1км^2	X	**<8**	**>0,58**	**<8**	**>0,49**	<8	0	<8	0
	Z	***<0,75***	***>0,93***	***<0,75***	***>0,97***	*<0,75*	*>0,88*	*<0,75*	*>0,6*

Примітка: P – ймовірність для відповідних значень щільності

5. Результати досліджень

Таким чином, результати досліджень складних об’єктів системного характеру з відносно малим об’ємом достовірної апріорної інформації демонструють важливість вибору методу розв’язку задачі ідентифікації робочих параметрів математичних моделей які відображають динаміку розвитку і взаємодії таких об’єктів.

Запропонований розв’язок задачі Коші з частковою невизначеністю в початкових умовах, дозволяє оцінити адекватність запропонованих математичних моделей (2) і (4).

Розв’язок крайової задачі з невизначеністю доводить адекватність математичної моделі (6) з врахуванням ефекту дифузії, а також з’ясовує зв’язок між похибками в статистичних даних і результатами моделювання, що є однією з важливих задач математичного моделювання.

6. Висновки

Запропонований програмний комплекс із застосуванням пакету Mathcad 15.0, дозволяє порівняти результати моделювання чисельності жертв і хижака з допомогою математичних моделей (1)–(6) для широкого спектру робочих параметрів із відповідного діапазону статистичних даних, а не лише для окремих випадків, що може призвести до недостовірних результатів моделювання, а також дозволяє зробити висновок про доцільність застосування математичних моделей (4), (6) для вивчення процесу динаміки в екологічних системах «хижак – жертва». Математична модель (3) прогнозує лише динаміку чисельності жертв на термін 1 рік, при відхиленнях в статистичних даних +20 %, –10 % і дає середню відносну похибку результатів моделювання 4 % для чисельності жертв.

Для чисельності хижака, результати моделювання не адекватні (втрата допустимих меж статистичних даних з першого кроку прогнозування), що унеможливлює використання математичної моделі (3) для досліджень динаміки процесу в екосистемах взаємодії «хижак – жертва».

Математична модель (4) дозволяє прогнозування динаміки чисельності жертв і хижака терміном на 2 роки при відхиленнях в статистичних даних +20 %, –10 % та забезпечує середню відносну похибку результатів моделювання 19 % для чисельності жертв і 23 % для хижака.

Математична модель (5) дозволяє отримати розподіл щільності жертв з середньою відносною похибкою 26,17 % і розподіл щільності хижака з середньою відносною похибкою 1,6 % в контрольних точках з кроком 20 км при діапазоні статистичних даних щільності жертв 3±2 шт/км2 і 0,5±0,25 шт/км2 для щільності хижака. Крім того, з використанням математичної моделі (5) отримані значні величини дисперсій щільності хижака і жертви і, як наслідок, існує ймовірність великих відхилень від середніх значень щільності. У зв’язку з цим очевидна перевага математичної моделі (6), яка забезпечує зменшення дисперсії значень розподілу щільності хижака і жертви, а також дозволяє прогнозувати розподіл щільності хижака і жертви в поточному році в контрольних точках з кроком 20 км в обраному напрямку із середньою відносною похибкою 14,93 % для жертв і 1,5 % для хижака.

Література

1. Хозяинова, М. Г. К вопросу о применении методов регуляризации для идентификации технологических систем [Текст] / М. Г. Хозяинова // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 8. – С. 45–47.

2. Добровольський, В. В. Основи теорії екологічних систем [Текст]: навч. підруч. / В. В. Добровольський. – К.: ВД «Професіонал», 2005. – 272 с.

3. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач [Текст] / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Наука, 1979. – 248 с.

4. Грабар, І. Г. Універсальна модель системи: методологічний аспект [Текст] / І. Г. Грабар, Ю. О. Тимонін, Ю. Б. Бродський // Віс. ЖНАЕУ. – 2009. – № 1. – С. 358–366.

5. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики [Текст] / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – М.: Наука, 1966. – 724 с.

6. Зельдович, Я. Б. Элементы математической физики [Текст] / Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис. – М.: Наука, 1973. – 352 с.

7. Маевский, А. В. Математические модели межвидовой конкуренции [Текст] / А. В. Маевский, І. А. Пилькевич // Современный научный вестник. – 2014. – № 17 (213). – С. 88–93.

8. Бигон, М. Экология: особи, популяции и сообщества. Т. 1 [Текст] / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд; под ред. А. М. Гилярова. – М.: Мир, 1989. – 667 с.

9. Маевский, А. В. Решение задачи идентификации рабочих параметров математической модели процесса динамики экологических систем [Текст] / А. В. Маевский // Электронное моделирование. – 2016. – Т. 38, № 2. – С. 105–115.

10. Ризниченко, Г. Ю. Математические модели биологических продукционных процес сов [Текст]: учебное пособие / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 302 с.

References

1. Khozyainova, M. G. (2007). Concerning regulation techniques applied to identify a technological system. Fundamental studies, 8, 45–47.

2. Dobrovolsky, V. V. (2005). The environmental systems basics. Kyiv: P. H. «Professional», 272.

3. Tikhonov, A. N., Arsenin, V. Ya. (1979). Methods for ill – posed problems. Moscow: Nauka, 248.

4. Hrabar, I. H., Timonin, Yu. O., Brodsky, Yu. B. (2009). Versatile system model: methdology. Vis. ZhNAEU, 1, 358–366.

5. Tikhonov, A. N., Samarsky, A. A. (1966). Equations in physics. Moscow: Nauka, 724.

6. Zeldovicz, Ya. B., Myshkis, A. D. (1973). Elements of mathematical physics. Moscow: Nauka, 352.

7. Mayewski, A. V., Pilkevich, I. A. (2014). Interspecific competition models. Modern Bulletin, 17 (213), 88–93.

8. Begon, M., Harper, G., Townsend, K.; Gilliarov, A. M. (Ed.) (1989). Ecology: Individuals, populations and communities. Vol. 1. Moscow: Mir, 667.

9. Mayewski, A. V. (2016). Identifying working parameters of environmental system models. Elektronnoe modelirovanie, 38 (2), 105–115.

10. Reznichenko, G. Yu., Rubin, A. B. (1993). Biological productive processes modelling. Moscow: MSU publishing, 302.

Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Пількевич І. А.
Дата надходження рукопису 17.08.2016

Маєвський Олександр Володимирович, старший викладач, кафедра комп’ютерних технологій і моделювання систем, Житомирський національний агроекологічний університет, Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008
E-mail: AlexBEL740@gmail.com

Бродський Юрій Борисович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра комп‘ютерних технологій і моделювання систем, Житомирський національний агроекологічний університет, Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008
E-mail: yubrodskiy26@gmail.com

UKD 004.042:004.514.62+378.14.015.62
DOI: 10.15587/2313-8416.2016.77459

ANALIZA I PROFILOWANIE ROZPROSZONYCH STRUMIENIE DANYCH W SYSTEMIE INFORMACYJNYM INSTYTUCJI EDUKACYJNEJ

©T. Neroda

Sformułowane kryteria i przeprowadzono porównawczą analizę funkcjonalnych możliwości środków wsparcia elektronicznej dokumentacji edukacyjnej przy obróbce obiektów organizacji procesu akademickiego.
Zaproponowane podejście do realizacji serwisowego agenta dokumentacji edukacyjnej jako modułowego składnika infrastruktury systemu zarządzania nauczaniem. Zbudowany model infologiczny monitoringu wyników nauczania dla generacji treści adapcyjnej interfejsu webowego użytkownika końcowego
Kluczowe słowa: *system informacyjny, strumienie danych, interfejs webowy, przestrzeń edukacyjna, elektroniczny przepływ dokumentów*

The criteria are formulated and a comparative analysis of functionality of support of electronic educational documentation in the working of objects of organization of academic process is provided.
The approach to implementation of the service agent educational documentation’s as a modular component of infrastructure of computerized learning system is proposed. Infological model for the monitoring of study outcomes for generating an adaptive content for the web of end-user interface was built
Keywords: *information system, data streams, web interface, educational space, electronic documents management*

1. Wstęp

Sformułowane w ubiegłym stuleciu przez szkołę cybernetyki krajowej podstawowe przepisy dotyczące automatyzacji procesów informacyjnych z czasem weszły do ogólnopaństwowej koncepcji informatyzacji, co zapewniło stworzenie rozmaitych technologii komunikacyjnych i elektronicznych systemów analitycznych różnego poziomu i mianowania, stając się instrumentem społeczno-ekonomicznego postępu i jednym z głównych czynników innowacyjnego rozwoju gospodarki.

Naukowa i innowacyjna działalność w edukacji obok podwyższenia jakości oświatowych usług [1] powołana podtrzymywać integrację narodowego systemu edukacji do europejskiej i światowej przestrzeni edukacyjnej. W szczególności, wprowadzenia współczesnych metod automatyzacji procesu edukacyjnego