

## Розділ 7. Ветеринарна фармакологія та токсикологія. Якість і безпечність продукції тваринництва. Ветеринарно-санітарна експертиза. Екологічна та хімічна безпека

УДК 591:004.832

### ДИСКРЕТНА ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ БІОМЕХАНІКИ РУХУ ЧЕРЕПАХ, ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ АВІТАМІНОЗУ

Григор'єв О.Я.

Харківська державна зооветеринарна академія, м. Харків,  
e-mail: kharkovzoo2010@gmail.com

За результатами моделювання отриманий формалізований опис циклів руху здорових і хворих черепах, що створює підвалини для розробки комп'ютеризованих способів діагностики фізіологічного стану цих тварин у природних умовах, що базуються на аналізі біомеханіки руху. Моделювання на основі матеріалу цифрової фотографії створює перспективи розробки відповідних дистанційних способів. Побудовані дискретні динамічні моделі біомеханіки руху черепах виявили перспективність з точки зору розробки дистанційних способів діагностики стану цих тварин у природних умовах.

**Ключові слова:** дискретне моделювання динамічних систем, біомеханіка, дистанційні методи, цифрова фотографія, черепахи, авітаміноз.

В умовах екстремальних кліматичних змін, що набувають нині глобального характеру, відбувається, разом з іншим, суттєва зміна умов, за яких тварини отримують певні дози сонячного випромінювання. Слід зауважити, що цей абіотичний фактор є вельми важливим і таким, що потребує моніторингу його впливу на екологію та фізіологію різних тварин у різних природних зонах нашої планети. Стосується це і рептилій, зокрема черепах, які мешкають в аридних природних зонах, у пустельних місцевостях, на великих теренах – таких, що до них не завжди можна легко дістатися [1, 2].

Для степових і пустельних черепах досить зручною діагностичною ознакою, яка може бути отримана таким чином, є характер їхньої біомеханіки. Зокрема, такий її параметр, як цикл руху. У реальних умовах не завжди можна спостерігати всю послідовність фаз цього циклу. Тож виникає потреба в засобах формалізованого опису цього циклу на основі фактичного матеріалу цифрових фотографій – відносно невеликого за обсягом і такого, що він має суттєві лакуни. Таку можливість надає новий клас математичних моделей, створений у Харківському національному університеті ім. В.Н. Каразіна [3, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, 4], що дістав назву дискретних моделей динамічних систем (ДМДС). З використанням ДМДС можливо на основі матриці кореляцій відновити структуру відносин взаємних впливів компонентів системи з наступного переліку: "+,+", "-,-", "+,-", "+,0", "-,0", "0,0". Виходячи з структури відносин і початкових значень компонент (котрі даються в умовних балах), може бути побудована ідеалізована траєкторія системи, яка відбиває цикл змін значень компонент на протязі певної кількості умовних кроків у часі, що відповідає умовній довжині циклу. При тому зміні значень компонент від попереднього кроку до наявного визначається структурою відносин і значеннями компонент на попередньому кроці. З використанням ДМДС свого часу моделювався вплив викликаного штучною гіподинамією стресу на біомоторику пересування української болотяної черепахи *Emys orbicularis* [4].

Актуальність роботи обумовлюється необхідністю розробки методів дистанційної діагностики фізіологічного стану тварин за допомогою порівняно дешевих дистанційних засобів, приміром, цифрової фотозйомки з легких безпілотних літальних апаратів.

**Метою** роботи є вивчення впливу авітамінозу, викликаного порушенням нормального режиму сонячного випромінювання, на біомеханіку пересування степових черепах виду *Agrionemus horsfield* за допомогою ДМДС та цифрової фотографії.

**Матеріали та методи.** Методика досліджень передбачала використання ДМДС для математичного моделювання з використанням фактичного матеріалу, отриманого шляхом цифрового фотографування у тераріумах степових черепах виду *Agrionemus horsfield* – здорових і таких, що зазнали впливу авітамінозу внаслідок порушення нормального режиму отримання сонячного випромінювання. ДМДС здійснювалося з використанням підходу на основі закону Лібиха [4] на основі матеріалів, люб'язно наданих К.М. Калиновською – фотографій різних фаз руху черепах виду *Agrionemus horsfield* у тераріумі Харківського зоопарку. Фотографування здійснювалося в умовах, що імітували таке з борту легких БПЛА

на невеликій висоті. До контрольної групи увійшли здорові тварини, що жили у відповідних умовах у зоопарку, до дослідної групи увійшли черепахи конфісковані у контрабандистів, які тримали тварин в умовах відсутності сонячного проміння, що викликало у черепах авітаміноз.

На фотографіях визначалися і далі використовувалися для ДМДС у якості компонентів системи нормалізовані по довжині панциру відстані від кореня хвоста до п'ятки кінцівок: правої передньої (Rf), правої задньої (Rb), лівої передньої (Lf), лівої задньої (Lb).

**Результати досліджень.** Отримані за допомогою ДМДС цикли руху здорових і хворих черепах наведені у таблиці 1 і 2.

**Таблиця 1 – Цикл руху здорових черепах.** Зміст позначок у рядках подано у тексті. Значення параметрів у балах (1 бал – низьке, 2 – середнє, 3 – високе)

Rf	1	1	1	2	2	2	2	1
Rb	1	2	3	3	3	2	1	1
Lf	1	1	1	2	2	1	1	1
Lb	1	1	1	2	3	3	3	2
Умовний час, кроки	1	2	3	4	5	6	7	8

**Таблиця 2 – Цикл руху черепах, хворих на авітаміноз.** Позначення згідно таблиці 1

Rf	1	2	3	3	3	2	1	1	1	2	2	1	1	1
Rb	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	3	3	3	2
Lf	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1
Lb	1	1	1	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
Умовний час, кроки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Порівняння циклів руху здорових черепах і черепах, хворих на авітаміноз, дозволяє виділити характерні риси циклів руху тварин. А саме: у здорових черепах три кінцівки або водночас нерухомі, або ж рухаються одночасно, що забезпечує можливість опори на три точки, або ж – «приземлення» на три точки; у циклі руху хворих черепах є фази, коли опора, або можливість «приземлення» є тільки на дві точки з однієї сторони тіла (з небезпекою, досить для черепах серйозною, перекидання на бік і далі – на спину); до того ж у циклі руху хворих черепах присутні довгі фази без зміну положення окремих кінцівок.

Зауважимо, що йдеться про суходільних черепах, що мешкають на відкритих місцях, досить зручних для застосування дистанційних засобів спостереження за тваринами. До того ж у цих місцях слід чекати найгостріших проявів глобального потепління і його впливу на екосистеми та окремі види у їхньому складі. Водночас при використанні дистанційних засобів досить складно зафіксувати у реальному часі всю послідовність фаз руху таких повільних тварин як черепахи (які до того ж не завжди ладні демонструвати всю правильну послідовність цих фаз). ДМДС знімає цю незручність за рахунок того, що оперує кореляційними матрицями, які можуть бути побудовані на основі аналізу навіть не серії фотографій фаз руху окремої тварини, а однієї фотографії групи тварин, що рухаються в одному ритмі, але в різних його фазах. Досвід даної роботи показав, що для ДМДС достатньо не вельми детальних зображень, а лише таких, що вони є, власне кажучи, лише силуетами. Це також, на нашу думку, полегшує вимоги до умов дистанційного моніторингу. Тож можна сподіватися, що і в цьому випадку ДМДС може стати джерелом плідних робочих гіпотез.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Як впливає з вищевикладеного, результати моделювання відповідають уявленням щодо біомеханіки черепах, які склалися у сучасній зоології. З використанням отриманих за результатами моделювання ідеалізованих траєкторій систем далі можливе знаходження системних параметрів біомеханіки пересування черепах, які можуть бути використані для дистанційної діагностики впливу факторів глобальних кліматичних змін на фізіологічний стан цих тварин.

*Список літератури*

1. Ropert-Coudert, Y., Wilson, R. P. Trends and perspectives in animal-attached remote sensing [Текст] / Y. Ropert-Coudert, R. P. Wilson // *Frontiers in Ecology and the Environment*. - 2005. - V. 3. - Issue 8. P. 437–444.
2. Handcock, R. N., Swain, D. L., Bishop-Hurley, G. J., Patison, K. P., Wark, T., Valencia, P., Corke, P., O'Neill, C. J. Monitoring Animal Behaviour and Environmental Interactions Using Wireless Sensor Networks, GPS Collars and Satellite Remote Sensing [Текст] / R. N. Handcock, D. L. Swain, G. J. Bishop-Hurley, K. P. Patison, T. Wark, P. Valencia, P. Corke, C. J. O'Neill // *Sensors*. - 2009. - V. 9. - Issue 5. - P. 3586-3603
3. Zholtkevych, G.N., Bespalov, G.Yu., Nosov, K.V., Mahalakshmi, Abhishek. Discrete Modeling of Dynamics of Zooplankton Community at the Different Stages of an Anthropogeneous Eutrophication [Текст] / G. N. Zholtkevych, G. Yu. Bespalov, K. V. Nosov, Abhishek Mahalakshmi // *Acta Biotheoretica*. - 2013. - V. 61. - Issue 4. - P. 449-465.
4. Беспалов Ю. Г., Дереча Л.Н., Жолткевич Г.Н., Носов К.В. Дискретная модель системы с отрицательными обратными связями [Текст] / Ю. Г. Беспалов, Л. Н. Дереча, Г. Н. Жолткевич, Носов К.В. // *Вестник Харьковского национального университета*

- университета им. В.Н. Каразина. Серия "Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизация систем управления". - 2008. – № 833. – С. 27-38.
5. Bepalov Yu., Gorodnyanskiy I., Zholtkevych G., Zaretskaya I., Nosov K., Bondarenko T., Kalinovskaya K., Carrero Y. Discrete Dynamical Modeling of System Characteristics of a Turtle's Walk in Ordinary Situations and After Slight Stress [Текст] / Yu. Bepalov, I. Gorodnyanskiy, G. Zholtkevych, I. Zaretskaya, K. Nosov, T. Bondarenko, K. Kalinovskaya, Y. Carrero // Бионика интеллекта. - 2011. - № 3 (77). - С. 54 – 59.

### DISCRETE DYNAMICAL MODEL OF BIOMECHANICS OF TURTLES MOVEMENT AFFECTED BY VITAMIN DEFICIENCY

Grigoriev A.Ya.

Kharkiv State Veterinary Academy, Kharkiv

*The work aims to study the effect of vitamin deficiency caused by disturbance of normal conditions of solar radiation on biomechanics of movement of steppe turtles *Agrionemus horsfield* with use of the discrete modeling of dynamical systems and digital photography.*

*The methods of work are based on building of discrete dynamical models and their identification using an actual material obtained by digital photography of two groups of turtles of species *Agrionemus horsfield* in terrariums. The first group comprises healthy animals, the second – animals exposed to vitamin deficiency due to disturbance of normal conditions of sunlight. Photos have been taking in conditions that simulated conditions of photographing from a board of light UAVs.*

*As components of the dynamical system, which require identification, were selected normalized parameters reflecting the positions of animals extremities on photos.*

*The obtained results allowed to identify characteristic features of cycles of movement for healthy and sick turtles. That is, it was found that the movement of healthy turtles are more stable. It is characterized by a larger number of control points of extremities. Since the object of study is the terrestrial turtles that live in open areas, the use of remote sensing of animals is very convenient to use. But for large areas it is sometimes technically difficult to fix all phases of slow movement of such animals as like turtles. The discrete modeling of dynamical systems allows to avoid such complications, since as input data of the method may be used a series of photos of successive phases of movement, but only one photo, which fixes a group of animals in different phases of movement. Additionally, the practical implementation of this work demonstrated that the identification of discrete dynamical models require images without small details, having only silhouettes. Of course, it also extends the application of remote monitoring.*

*With the use of obtained results the system parameters may biomechanics of the turtles movement can be found. These parameters can be used for remote diagnostics of influence factors of global climate changes on physiological state of animals.*

**Keywords:** discrete dynamical systems modeling, biomechanics, remote methods, digital photography, turtles, avitaminosis.

УДК 574:004.942

### ДИСКРЕТНЫЕ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СТАБИЛЬНОСТЬ ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ

Григорьев А.Я.

Харьковская государственная зооветеринарная академия,  
г. Харьков, e-mail: kharkovzoo2010@gmail.com

Жолткевич Г.Н., Носов К.В., Гамуля Ю.Г., Беспалов Ю.Г.

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, г. Харьков

Высоцкая Е.В., Печерская А.И.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков

*Построены дискретные динамические системы гомеостатических механизмов экосистемы пруда Харьковского зоопарка, в который была интродуцирована *Pistia stratiotes*. Определена взаимосвязь между процессами продуцирования живой биомассы, ее отмирания, разложения и нарушением стабильности гидробиоценоза.*

**Ключевые слова:** гидробиоценоз, гомеостатические механизмы, дискретное моделирование динамических систем, пистия.

Многие проблемы биобезопасности, приобретающие все большую актуальность, тесно связаны со стабильностью экосистем, наличием в них эффективных механизмов гомеостаза, препятствующих всплескам численности отдельных видов живых организмов, в том числе и таких, которые могут нанести существенный вред здоровью и хозяйственной деятельности человека [1, 2]. Стабильность гидробиоценозов водоемов и водотоков, используемых для разных видов водопотребления, в том числе – в агрокомплексе, приобретает особое значение, в частности в связи с профилактикой