

ПЕРЕДУМОВИ ВТРАТИ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ПОПУЛЯЦІЇ ТРАВ'ЯНИХ РОСЛИН

В. Гісовський

*Інститут екології Карпат НАН України
вул. Козельницька, 4, Львів 79026, Україна
e-mail: gnovina@gmail.com*

У роботі представлена комп'ютерна модель динаміки віталітетного спектра популяції трав'яних рослин з урахуванням мультиагентного підходу. На підставі проведених числових експериментів описані передумови втрати життєздатності популяції трав'яних рослин. Визначені як кількісні, так і якісні їх оцінки.

Ключові слова: популяція трав'яних рослин, життєздатність, комп'ютерна модель, числовий експеримент.

Довготривале функціонування популяцій трав'яних рослин супроводжується реалізацією її популяційних функцій – відновлення, утримання, експансія території, розселення та збереження еволюційних перспектив. Тільки за умови життєздатності популяції вони проявляються повною мірою. Зрозуміло, що життєздатність такої біосистеми має певні межі, які суттєво залежать від структури популяції, зокрема віталітетності, тобто від наявності у популяції особин різної життєвості. Нагадаємо, що під поняттям *життєвість* ми розуміємо біотично обумовлену різноякісність особин, яка визначає їхні потенції до розвитку. *Життєвий стан* – це ознака реалізації біотичних властивостей особин, їхньої життєвості в конкретних умовах. Під терміном *життєздатність* розуміємо інтегральний ефект, який підтримує рівень системної організації популяції та реалізує основні популяційні функції [5]. Умовно рівні життєвості особин, які формують віталітетний спектр, розділимо на три категорії. Вища категорія *Ж-1*, проміжна – *Ж-2* та нижча категорія – *Ж-3*.

Провести дослідження динаміки розвитку трав'яних рослин емпіричними методами надзвичайно важко, оскільки процес функціонування рослинних популяцій є складним і йому властиві незворотність розвитку та значний часовий діапазон динаміки. Моніторинг популяції в умовах польових досліджень рідко перевищує 3–5 років, що не порівнянне з часовим масштабом інтервалу великого життєвого циклу популяцій. Ці труднощі вимагають застосування нових технологій у популяційних дослідженнях. До них можна віднести метод комп'ютерного імітаційного моделювання популяцій із подальшим проведенням на моделях числових експериментів [2].

Метою роботи було визначити принципи комп'ютерного імітаційного моделювання функціонування популяцій трав'яних рослин у просторі та часі, базуючись на концепції життєздатності популяції. Окрім можливості візуалізувати на моніторі саму віталітетну структуру популяції та визначити співвідношення особин різної життєвості, модель враховує синонтогенез як узагальнення онтогенезу особин та її репродуктивні функції – насінневе і вегетативне розмноження [3]. На цій основі розроблено моделюючий алгоритм, який враховує мультиагентний підхід (МА) [9]. **Визначається агент – особина як елемент системи.** А особливістю МА систем та її архітектури є окреслення простору, в якому функціонує агент, його тип, встановлення взаємозв'язків між різними типами агентів та їх взаємодія з простором, у якому вони проживають. Таким чином, кожному агенту притаманні властивість автономності, взаємодія з іншими агентами на засадах визначених аксіом, адекватна

реакція на зміну середовища і множина методів, у рамках яких відбувається допустима зміна властивостей самого агента [4]. За характером свого функціонування модель імітує динаміку розвитку популяцій трав'яних багаторічників із явно поліцентричним характером. Первинні дані базуються на матеріалах, отриманих відділом популяційної екології ІЕК НАН України [8]. Проведено низку числових експериментів для дослідження поведінки віталітетного спектра і просторового розвитку модельної популяції. У загальному функціонування системи можна записати таким чином:

$$x(t+1)=F(x(t),\alpha(t),\beta(t)), \quad (1)$$

де $x(t)$ – стан системи в момент t ; $\alpha(t)$ і $\beta(t)$ – внутрішні та зовнішні чинники, які впливають на динаміку системи, а $F(*)$ – оператор переходу з одного стану системи у наступний. З точки зору дослідження життєздатності популяції, до внутрішніх факторів слід віднести динаміку рівнів життєвості з урахуванням їх життєвого стану, а до зовнішніх чинників слід віднести такі антропогенні втручання як випас, косовиця, збирання ягід, виривання та виотпування рослин [7].

Розглянемо більш детально внутрішні чинники. У моделі ми враховували три рівні життєвості – Ж-1, Ж-2, Ж-3. Віталітетний стан особини, яка належить до однієї з груп життєвості, можна записати таким чином: $f_{ij}(t)$ – особина в момент t ; $j \in J$ – множина особин, що належить групі життєвості i ; $i \in I=\{\text{Ж-1, Ж-2, Ж-3}\}$ – групи життєвості. Для кожного j її життєвий стан можна записати таким виразом:

$$f_i(t, \lambda_j) = \lambda_j * f_i^b(t) + (1 - \lambda_j) * f_i^m(t), \quad (2)$$

де $[b, m]$ – діапазон потенцій особини, який залежить від групи життєвості, а λ – параметр життєвого стану, який приймає значення з відрізка $[0, 1]$. Нехай для всіх j визначимо функцію $G_i(t)$ наступним чином:

$$G_i(t) = \max_j \{f_i(t, \lambda_j)\}, \quad i \in I \quad (3)$$

Розглянемо два можливі варіанти виконання умов (4) та (5):

$$G_i(t) \neq G_j(t) \neq G_k(t), \quad j \in J \quad (4)$$

$$G_i(t) \cong G_j(t) \cong G_k(t), \quad j \in J \quad (5)$$

При виконанні умови (4) сформулюємо таке твердження – динамічні характеристики популяції набувають ознак життєздатності, а при виконанні умови (5) настає передумова її втрати.

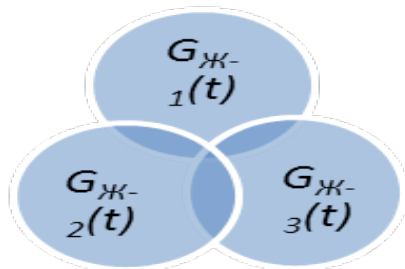


Рис. 1. Стійкий стан розвитку популяції.

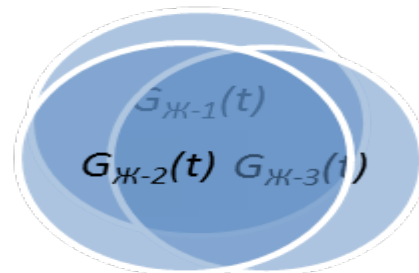


Рис. 2. Умова втрати стійкості.

З точки зору теоретико-множинної інтерпретації умови (4) та (5) можна представити як на рис. 1 та рис. 2, відповідно. При цьому логістична крива популяції у разі виконання умови (4) представляється графіком на рис. 3, а у разі виконання умови (5) – графіком на рис. 4. Очевидно, що динаміка системи, зображена на рис. 3, має стійкий характер, а на рис. 4 – ні, оскільки у цьому випадку демографічна крива має велику амплітуду коливань, яка містить інформацію про можливу втрату стійкості системи. Причиною цього явища

може бути ефект когерентності, тобто здатності системи до інтерференції – взаємного підсилення або ослаблення коливних процесів віталітетного спектра при накладанні хвиль одна на одну за умови рівності їх довжин [6], що обумовлюється виконанням умови (5).

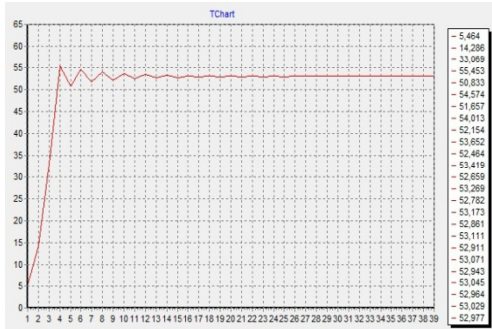


Рис. 3. Логістична крива при стійкій динаміці.

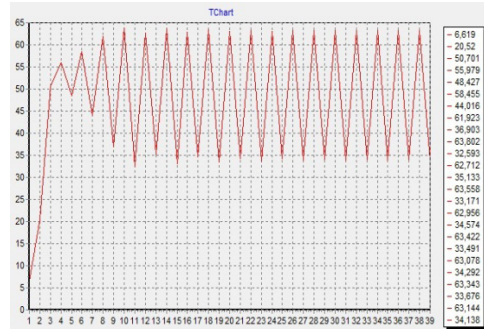


Рис. 4. Логістична крива при можливій втраті стійкості.

Окрім дослідження якісних характеристик динаміки стійкості популяції, важливим є визначення їх кількісної оцінки. На нашу думку, одним із підходів розв’язку поставленого завдання є перехід від аналізу стану системи до аналізу її фазового портрету. В результаті проведення комп’ютерного експерименту ми отримаємо значення множин віталітетного спектра *Ж-1*, *Ж-2*, *Ж-3*. Відклавши ці значення по вісі абсцис, наприклад, *Ж-2*, а по вісі ординат *Ж-1* у один і той самий модельний час, отримаємо зображення, яке представлено на рис. 5 і називається фазовим портретом. У даному випадку цей портрет відповідає логістичній кривій, яка представлена на рис. 3, а в теоретико-множинному варіанті в інтерпретації віталітетних груп *Ж-1* та *Ж-2* – на рис. 1. Ми бачимо, що на початковому етапі розвитку відбувається стрімке захоплення популяцією території, яке має нелінійний характер. У подальшому набуває чинності процес освоєння території, що на фазовому портреті представлено формуванням ділянки конденсації. Власне кількісна оцінка цієї ділянки дає числове значення, яке характеризує ступінь життєздатності популяції. У загальному випадку можна застосувати формулу (6), як у [1].

$$S = \int_{-\infty}^{\infty} l(t) dt = \int_a^b f(t) dt, \tag{6}$$

де $[a, b]$ – інтервал проєкції області конденсації, а $y=f(t)$ – графік неперервної функції, яка оконтурює цю область. Характер функції y може мати складний вигляд.

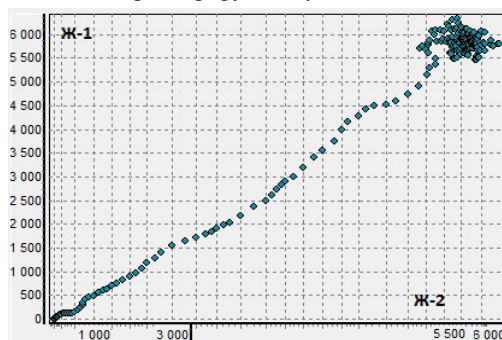


Рис. 5. Фазовий портрет динаміки *Ж-1*, *Ж-2*.

Отже, чим більше значення величини S , тим менша життєздатність популяції. У частковому випадку, коли ділянка конденсації покривається функцією виду

$$S = \pi r^2,$$

де r – радіус кола, визначений з формули $\min_r (x^2 + y^2 \leq r^2)$, $x \in \mathcal{J}-1$, $y \in \mathcal{J}-2$, ми можемо кількісно оцінити життєздатність популяційного розвитку.

Таким чином, необхідною та достатньою передумовою втрати життєздатності популяції є збіг зовнішніх і внутрішніх чинників. До перших належать випас, косовиця, збирання ягід, виривання та витоптування рослин, до других – збіг життєвих станів по всіх групах життєвості. Застосовуючи метод комп'ютерного експерименту, можна побудувати фазовий портрет динаміки популяції та визначити чисельну характеристику життєздатності розвитку популяції й оцінити її стан. Отримані результати можуть бути використані при плануванні та проведенні природоохоронних заходів для запобігання колапсичним ефектам у розвитку популяцій трав'яних рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Берс Л. Математический анализ. М.: Высшая школа, 1975. Т. II. 519 с.
2. Гиссовський В. Б. Модель динаміки розвитку експлерентів на основі аналізу їхнього віталітетного спектра // Матеріали міжнар. наук. конф., присвяченої 50-річчю функціонування високогірного біологічного стаціонару «Пожижевська» (Львів-Пожижевська, 2008). С. 86–87.
3. Гиссовський В. Б. Аналіз динаміки віталітетного спектру трав'яних рослин засобами візуального комп'ютерного моделювання // Наукові основи збереження біотичної різноманітності, 2010. Т. 1(8). № 1. С. 53–67.
4. Гиссовський В. Б. Мультиагентные системы, как инструментарий построения визуальных имитационных моделей популяций травянистых // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Материалы IV Всерос. науч. конф. (Йошкар-Ола, 22–26 сентября 2010 г.). Йошкар-Ола, 2010. С. 1130–1134.
5. Жиляев Г. Г. Жизнеспособность популяций растений. Львів: НАН України, Інститут Екології Карпат, 2005. 450 с.
6. Карери Дж. Порядок и беспорядок в структуре материи. М.: Мир, 1985. 229 с.
7. Царик Й. В. Найімовірніші фактори загрози існуванню біосистем високогір'я Українських Карпат // Наук. зап. НТШ. Екологічний зб. – 4. Львів: Вид-во НТШ, 2008. Т. XXI-ІІ. С. 258–263.
8. Царик Й., Жиляев Г., Кияк В. та ін. Життєздатність популяцій рослин високогір'я Українських Карпат / За ред. Й. Царика. Львів: Меркатор, 2009. 172 с.
9. Cetnarowicz K., Nawarecki E., Zabinska M. M-Agent Architecture and its Application to the Agent Oriented Technology // Proc. of the DAIMAS'97. "International workshop Distributed Artificial Intelligence and Multi-Agent Systems". St. Petersburg, Russia. 1997. P. 1022–1024.

Стаття: надійшла до редакції 28.03.12

доопрацьована 05.06.12

прийнята до друку 11.06.12

**PRECONDITIONS FOR LOSS OF VIABILITY OF POPULATION
DEVELOPMENT OF HERBAL PLANTS****V. Gissofsky**

*Institute of Ecology of the Carpathians of NAS of Ukraine
4, Kozelnytska St., Lviv 79026, Ukraine
e-mail: gnovina@gmail.com*

This work presents visual computer simulation model of a plant population. The model uses tools of multiagent systems located on a plane based on analysis of viability of populations. The article describes serials of statements which provides the appearance of a preconditions for loss of viability of population development of herbal plants.

Keywords: viability, plant population, visual simulation, multiagent systems, loss of viability.

ПРЕДПОСЫЛКИ ПОТЕРИ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ**В. Гиссовский**

*Институт экологии Карпат НАН Украины
ул. Козельницкая, 4, Львов 79026, Украина
e-mail: gnovina@gmail.com*

В работе представлена компьютерная модель популяции травяных растений, учитывающая их жизнеспособность и базирующаяся на принципах мультиагентных систем. Исследования динамики виталитетного спектра травянистых растений дают возможность установить как качественные, так и количественные критерии потери свойств жизнеспособности популяций растений.

Ключевые слова: жизнеспособность, популяции травяных растений, компьютерная модель, критерии потери свойств жизнеспособности.