

ЧЕТЫРЁХКОМПОНЕНТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАРИАНТЫ И ИХ НАРУШЕНИЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Сёмкин Б. И., Варченко Л. И.,

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; Россия, Владивосток

e-mail: semkin@tig.dvo.ru

Аннотация: Установлены существенные преимущества нового подхода, при котором многокомпонентными инвариантами являются относительные спектры. С использованием сравнительного анализа установлено постоянство многокомпонентных инвариантов и их изменение под воздействием антропогенных факторов.

Ключевые слова: *экологический инвариант, относительные спектры, наборы дескриптивных множеств, методы сравнительного анализа, четырёхкомпонентные инварианты, антропогенные факторы, нарушение инвариантов*

FOUR-COMPONENT ECOLOGICAL INVARIANTS AND THEIR DISTURBANCE UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS

Semkin B. I., Varchenko L. I.,

Pacific Geographical FEB RAS, Russia, Vladivostok

Abstract. A general approach to the study of invariants in natural sciences is proposed. On examples using the traditional and new approaches, estimates of ecological and taxonomic invariants were made. Significant advantages of the new approach, in which relative spectra are multicomponent invariants, have been established. Using a comparative analysis, the constancy of multicomponent invariants and their change under the influence of anthropogenic factors have been established.

Key words: *invariant, ecological invariant, taxonomic invariant, relative spectra, sets of descriptive sets, methods of comparative analysis.*

Введение.

Понятие инварианта широко используется в математике, физике, биофизике, кибернетике и других естественных и гуманитарных науках. Нами разработан общий подход изучения многокомпонентных инвариантов с использованием элементарной теории дескриптивных множеств [1-2, 3, 6-9]. Сущность подхода состоит в том, что многокомпонентные инварианты изоморфны относительным многокомпонентным спектрам. В данной работе приводятся четырёхкомпонентные экологические инварианты, определяемые в виде процентного соотношения сырого веса четырёх видов высокотравного сообщества Камчатки.

Материалы и методы исследования.

В данной работе были использованы опубликованные материалы, тщательно отобранные и преобразованные для целей исследований инвариантов. Материалы приведены в работе [4]. Наиболее часто используется мера сходства Шорыгина [5] для сравнения относительных спектров:

$$K_0(P^{(i)}; P^{(j)}) = \sum_{k=1}^r \min [P_k^{(i)}, P_k^{(j)}],$$

где $\sum_{k=1}^r P_k^{(i)} = 1$; $\sum_{k=1}^r P_k^{(j)} = 1$, а также многоместную меру сходства:

$$K_{\{0\}} = |P^{(1)}, \dots, P^{(n)}| = \frac{K_0(P^{(1)}, P^{(2)}) + (P^{(1)}, P^{(3)}) + \dots + (P^{(n-1)}, P^{(n)})}{C_n^{(n-1)}} = \sum_{i < j} \frac{K_0(P^{(i)}, P^{(j)})}{C_n^{(n-1)}},$$

где $K_0(P^{(i)}, P^{(j)})$ – мера сходства Шорыгина двух относительных спектров $P^{(i)}$ и $P^{(j)}$; $P_k^{(i)}$ – k -ая компонента i -го относительного спектра; $i = 1, \dots, n$; $i \neq j$; $k = 1, \dots, r$.

Результаты и обсуждение.

Рассмотрим экологические инварианты крупнотравного сообщества на Камчатке [2], травостой которого состоит из четырёх видов: лобазника камчатского (шеломайника) *Filipendula kamtschatica* (Pall.) Maxim., крестовника коноплеволистного *Senecio cannabifollius* Less., борщевика сладкого *Heraclеum dulce* Fisch., купыря похожего *Antchriscus aemula* (Woronow) Schisch; одноярусный травостой обычно образован одним видом растений с незначительной примесью других. Доминирующим видом является *Filipendula kamtschatica*.

Рассчитаем экологические инварианты для трёх фаз развития данного сообщества (Табл. 1).

Таблица 1

Абсолютные и относительные спектры для высокотравного сообщества Камчатки.

Высокотравное сообщество											
абсолютные спектры						относительные спектры					
$a^{(i)}$	$a_1^{(i)}$	$a_2^{(i)}$	$a_3^{(i)}$	$a_4^{(i)}$	Σ	$p^{(i)}$	$p_1^{(i)}$	$p_2^{(i)}$	$p_3^{(i)}$	$p_4^{(i)}$	Σ
$a^{(1)}$	75,7	8,9	3,2	6,3	94,1	$p^{(1)}$	0,8045	0,0946	0,0340	0,0669	1,0000
$a^{(2)}$	91,4	10,2	5,4	6,8	113,8	$p^{(2)}$	0,8032	0,0896	0,0474	0,0598	1,0000
$a^{(3)}$	85,2	9,7	4,8	6,5	106,2	$p^{(3)}$	0,8023	0,0913	0,0452	0,0612	1,0000
$a^{(4)}$	143,6	22,9	60,6	22,0	258,1	$p^{(4)}$	0,5564	0,0887	0,2348	0,0851	1,0000
$a^{(5)}$	178,4	24,5	75,1	35,2	313,2	$p^{(5)}$	0,5696	0,0782	0,2398	0,1129	1,0000
$a^{(6)}$	167,3	23,1	67,3	34,4	292,1	$p^{(6)}$	0,5727	0,0791	0,2304	0,1178	1,0000
$a^{(7)}$	156,2	26,7	51,3	40,3	274,5	$p^{(7)}$	0,5690	0,0972	0,1869	0,1468	1,0000
$a^{(8)}$	190,1	32,4	79,4	42,0	343,9	$p^{(8)}$	0,5528	0,0942	0,2309	0,1221	1,0000
$a^{(9)}$	178,2	30,0	77,2	41,1	326,5	$p^{(9)}$	0,5458	0,0919	0,2364	0,1259	1,0000

Примечание: $a^{(1)}, a^{(2)}, a^{(3)}$ – фазы развития 16 июня каждого года 1966, 1967, 1968; $a^{(4)}, a^{(5)}, a^{(6)}$ – фазы развития 6 июля каждого года 1966, 1967, 1968; $a^{(7)}, a^{(8)}, a^{(9)}$ – фазы развития 19 июля каждого года 1966, 1967, 1968; $a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, a_3^{(i)}$ – абсолютные значения компонентов четырёхкомпонентного спектра; $p_1^{(i)}, p_2^{(i)}, p_3^{(i)}, p_4^{(i)}$ – компоненты относительного спектра; $a_1^{(i)}$ – фитомасса лобазника камчатского; $a_2^{(i)}$ – фитомасса крестовника коноплеволистного; $a_3^{(i)}$ – фитомасса борщевика сладкого; $a_4^{(i)}$ – фитомасса купыря похожего.

В табл.1 приведено два типа экологических инвариантов. Первый тип – это отношение фитомассы одного вида (ц/га) к фитомассе сообщества:

$$J^{(i)} = \frac{a_1^{(i)}}{a_1^{(i)} + a_2^{(i)} + a_3^{(i)} + a_4^{(i)}} = P_1^{(i)},$$

где $J^{(i)}$ – экологический инвариант; $a_1^{(i)} + a_2^{(i)} + a_3^{(i)} + a_4^{(i)}$ – абсолютные значения компонентов спектра; $P_1^{(i)}$ – первая компонента относительного спектра (отношение фитомассы доминанта к фитомассе сообщества).

Второй тип – это относительный четырёхкомпонентный спектр сообщества:

$$J_S^{(i)} = (P_1^{(i)}, P_2^{(i)}, P_3^{(i)}, P_4^{(i)}),$$

где $J_S^{(i)}$ – экологический инвариант; $P_1^{(i)}, P_2^{(i)}, P_3^{(i)}, P_4^{(i)}$ – компоненты относительного четырёхкомпонентного спектра.

Расчёты показали, что экологические инварианты $J^{(i)}$ в каждую фазу развития постоянны. Например, в фазу на 16 июня (1966-1968 гг.) экологические инварианты соответственно равны 0,8045; 0,8032; 0,8023 и их среднее арифметическое равно 0,8033. В фазу на 6 июля (1966-1968 гг.) экологические инварианты соответственно равны 0,5564; 0,5696; 0,5727 и их среднее арифметическое равно 0,5662. В фазу на 19 июля (1966-1968 гг.)

экологические инварианты соответственно равны 0,5690; 0,5528; 0,5458 и их среднее арифметическое равно 0,5559.

Экологические инварианты $J_S^{(i)}$ в каждую фазу развития одинаковые. Установить постоянство $J_S^{(i)}$ можно только путём определения мер сходства Шорыгина. Например, для фазы развития на 6 июля (1966-1968 гг.) парные меры сходства равны:

$$K_0 = (P^{(1)}, P^{(2)}) = \min[P_1^{(1)}, P_1^{(2)}] + \min[P_2^{(1)}, P_2^{(2)}] + \min[P_3^{(1)}, P_3^{(2)}] + \\ + \min[P_4^{(1)}, P_4^{(2)}] = \min[0,8045, 0,8032] + \min[0,0946, 0,0896] + \\ + \min[0,0340, 0,0474] + \min[0,0669, 0,0598] = 0,9987.$$

$$K_0 = (P^{(1)}, P^{(3)}) = \min[P_1^{(1)}, P_1^{(3)}] + \min[P_2^{(1)}, P_2^{(3)}] + \min[P_3^{(1)}, P_3^{(3)}] + \\ + \min[P_4^{(1)}, P_4^{(3)}] = \min[0,8045, 0,8023] + \min[0,0946, 0,0913] + \\ + \min[0,0340, 0,0452] + \min[0,0669, 0,0612] = 0,9978.$$

$$K_0 = (P^{(2)}, P^{(3)}) = \min[P_1^{(2)}, P_1^{(3)}] + \min[P_2^{(2)}, P_2^{(3)}] + \min[P_3^{(2)}, P_3^{(3)}] + \\ + \min[P_4^{(2)}, P_4^{(3)}] = \min[0,8032, 0,8023] + \min[0,0896, 0,0913] + \\ + \min[0,0474, 0,0452] + \min[0,0598, 0,0612] = 0,9991.$$

Среднее значение парных мер сходства Шорыгина равно 0,9985. Следовательно, четырёхкомпонентные инварианты $J_S^{(i)}$ для фазы развития на 16 июня одинаковые. В другие фазы развития (на 6 и 19 июля каждого года) они не определялись и могут сдвигаться каждый год. Однако, в некоторые годы относительные спектры имеют очень высокое сходство. Например, $K_0 = (P^{(5)}, P^{(6)}) = 0,9991$; $K_0 = (P^{(7)}, P^{(8)}) = 0,9938$; $K_0 = (P^{(8)}, P^{(9)}) = 0,9918$.

Ежегодное скашивание травостоя высокотравного сообщества приводит к его деградации и появлению на его месте мелкотравного сообщества [2]. Постоянство экологических инвариантов высокотравья каждую фазу развития можно объяснить тем, что при естественном развитии высокотравного сообщества отрастания травостоя весной происходит за счёт больших запасов пластических веществ в корневищах. Благодаря использованию прошлогодних запасов растения, образующие крупнотравное сообщество, создают фитомассу и ассимиляционную поверхность, что обеспечивает их интенсивный рост и позволяет к осени накопить большое количество пластических веществ в корневищах. Указанный процесс повторяется из года в год. Можно также объяснить и явление нарушения инвариантности при скашивании травостоя. Очевидно, что при этом нарушается приведённая нами закономерность.

Заключение.

Нами предлагается новый метод установления многокомпонентных инвариантов с использованием относительных спектров, который даёт результаты, аналогичные полученным общепринятым в естественных науках методах. Это утверждение доказано в данной работе.

Список литературы.

1. Сёмкин Б.И. Дескриптивные множества и их приложения // Исследование систем. 1. Анализ сложных систем. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. – 1973. – С. 83-94.
2. Сёмкин Б. И., Степанова К. Д., Щербова М. А. Влияние скашивания на видовую структуру крупнотравного сообщества на Камчатке // Бот. журн., 1973. – Т. 58, №5. – С. 665-670.

3. Сёмкин Б.И., Горшков М.В., Варченко Л.И. О схемно-целевом подходе к проблеме сравнительного анализа таксономических спектров // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Барнаул. – 2013. – С. 167-174.
4. Сёмкин Б.И., Варченко Л.И. Экологические инварианты, их статистическая оценка и использование // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Барнаул. – 2019. – С. 393-398.
5. Шорьгин А.А. Питание, избирательная способность и пищевые взаимоотношения некоторых Gobiidae Каспийского моря // Зоол. журн. – 1939. Т.18. вып. 1. – С. 27-51.
6. Semkin B.I. Elementary theory of similarities and its use in biology and geography // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2012. – V.22. №1. – P. 92-98.
7. Semkin B. I., Gorshkov M. V. Statistical estimators of multiple-site similarity measures // The 11th International konf. «Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies» (PRIA-11-2013). – 2013. V. 1. – P. 122-125.
8. Semkin B. I., Gorshkov M. V. Statistical Estimation of Multiple Measures of Similarity // Pattern Recognition and Image Analysis, 2014. – V. 24, № 2. – P. 372-376.
9. Semkin B.I. The elementary theory of similarity and its application in biology and geography. Multiply-site measures of similarity and dissimilarity // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2015. – V.25. №1. – P. 1-9.