

УДК 330.45:338.24
ББК 65.290-09:22.183.2

Ganicheva Antonina Valerianovna,
candidate of physical-mathematical sciences,
assistant professor, professor of the department
«Physical and mathematical disciplines
and informational technologies»
Tver state agricultural academy,
Tver,
e-mail: TGAN55@yandex.ru.

Ganichev Aleksey Valerianovich,
senior lecturer of the department «Computer Science and the
Applied Mathematics»
of Tver state technical university,
Tver,
e-mail: alexej.ganichev@yandex.ru

Ганичева Антонина Валериановна,
канд. физ.-мат. наук, доцент,
профессор кафедры «Физико-математических
дисциплин и информационных технологий»
Тверской государственной
сельскохозяйственной академии,
г. Тверь,
e-mail: TGAN55@yandex.ru

Ганичев Алексей Валерианович,
доцент кафедры «Информатики и прикладной математики»
Тверского государственного
технического университета,
г. Тверь,
e-mail: alexej.ganichev@yandex.ru

ИНДЕКСНО-КЛАСТЕРНЫЙ МЕТОД В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ. БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ

INDEX AND CLUSTER METHOD IN AGRICULTURE. BIOMETRIC INDICES

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики
08.00.13 – Mathematical and instrumental methods of economics

Рассмотрено применение индексного метода для анализа взаимодействия объектов в условиях определенности и неопределенности, а также для сравнения объектов и объединения их разнородных совокупностей в кластеры. В статье используется понятие биологического индекса как инструмента классификации, сравнения и измерения. Рассмотрены индексы связности, взаимосвязанности (сплоченности), уживаемости, биологической экспансии (активности). Индексный метод дает возможность сравнивать и объединять разнородные совокупности, определять лидеров в классах относительно рассматриваемых признаков. Разработанный метод может использоваться в растениеводстве, животноводстве, при анализе составляющих продуктов питания.

Application of an index method for the analysis of interaction of the objects in the conditions of determinacy and indeterminacy is examined, as well as for comparison of the objects and combination of their heterogeneous sets in clusters. The concept of biological index as an instrument of classification, comparison and measurement is used. Indices of connection, coherence (unity), getting along, and biological expansion (activity) are studied. The index method ensures the possibility of comparison and uniting the heterogeneous sets, defining leaders in classes relative to the signs under consideration. The developed method can be used in crop production, livestock production, and in the analysis of the foodstuff components.

Ключевые слова: объект исследования, группа, сельскохозяйственные культуры, индекс, признак, кластерный анализ, вероятность уживаемости, показатель, отношение, воздействие.

Keywords: research object of research, group, crops, index, sign, cluster analysis, probability of getting along, index, relation, influence.

Введение

Одним из перспективных путей повышения эффективности сельского хозяйства является проведение анализа

влияния сельскохозяйственных культур, видов скота и т. д. друг на друга. На основе учета результатов такого анализа можно более рационально организовать производство сельскохозяйственной продукции.

Объекты или группы, которые оказывают влияние друг на друга, будем называть объектами исследования (далее — о. и.). Степень влияния на результат взаимодействия о. и. будем называть уживаемостью.

Очень часто при изучении объектов осуществляется их кластерный анализ, то есть разделение на группы (классы) по заданным признакам близости. Группы близких объектов называются кластерами. Существует много известных процедур кластерного анализа. Для формирования кластеров, если в качестве признаков классификации использовать индексы, может использоваться индексный метод [1]. Индексный метод позволяет сравнивать не только однородные, но и разнородные совокупности. При решении многих практических задач возникает проблема неопределенности имеющейся информации [2; 3; 4]. Использование индексного метода для решения целого ряда задач в сельском хозяйстве рассмотрено в [5; 6; 7].

Целью данной работы является рассмотрение новых сфер применения индексного метода, прежде всего, к задачам сельского хозяйства в условиях определенности и неопределенности информации. В работе будет показано, как с помощью индексного метода можно, например, определить лидеров среди сельскохозяйственных культур по признакам уживаемости с другими культурами.

Использование индексного метода в сельском хозяйстве

Отдельные виды культурных растений, скота, птицы и т. д., оказывают влияние друг на друга. Влияние (воздействие) может быть положительным, то есть повышать количество и качество продукции, отрицательным (в противном случае) и нейтральным. Воздействие могут оказывать не только отдельные экземпляры, но и их группы. Влияние может проявляться от соседства объектов (групп объектов) друг с другом. Под соседством понимается взаимодействие

объектов на определенном расстоянии или на определенном промежутке времени. Примером взаимодействия является возможность посадки одной культуры после другой.

Исследование уживаемости о. и. позволяет составить таблицы (биоматрицы) результатов взаимодействия, то есть оценить биологический «микроклимат» совокупности объектов. Количественная обработка данных в биоматрицах позволяет классифицировать, сортировать о. и., выявлять лидеров групп, формировать жизнестойких представителей.

Можно рассмотреть следующие случаи уживаемости о. и. X с о. и. Y :

- 1) позитивная уживаемость X с Y , когда X положительно влияет на Y ;
- 2) нейтральная уживаемость X с Y , при которой X различен к Y и не оказывает на Y никакого воздействия;

3) негативная уживаемость (неуживаемость) X с Y , когда X отрицательно действует на Y .

Наиболее распространенными являются ситуации, когда от опыта к опыту уживаемость изменяется порой от позитивной до негативной, то есть имеем условия неопределённости. Поэтому в общем случае целесообразно говорить о статистической вероятности уживаемости X_j с X_i , которая определяется из статистических данных. Будем использовать для неё обозначение: $P^+(i,j)$ — для позитивной уживаемости X_j с X_i , $P^-(i,j)$ — для негативной уживаемости, $P^0(i,j)$ — для нейтральной уживаемости.

В таблице каждой клетке (i,j) соответствует вектор вероятностей $(P^+(i,j), P^-(i,j), P^0(i,j))$, при этом $P^+(i,j) + P^-(i,j) + P^0(i,j) = 1$.

Таблица

Вероятности уживаемости

	С кем уживается					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	(1; 0; 0)	(0,4; 0,6; 0)	(0,7; 0; 0,3)	(0,5; 0,5; 0)	(0; 0,8; 0,2)	(0,1; 0; 0,9)
X_2	(0,3; 0,25; 0,5)	(1; 0; 0)	(0,3; 0; 0,7)	(0,7; 0,3; 0)	(0,2; 0,8; 0)	(0,1; 0,8; 0,1)
X_3	(0,2; 0; 0,8)	(0,2; 0,3; 0,5)	(1; 0; 0)	(0,2; 0,8; 0)	(0,1; 0,7; 0,2)	(0,9; 0,1; 0)
X_4	(0,3; 0; 0,7)	(0,1; 0,9; 0)	(0,4; 0,3; 0,3)	(1; 0; 0)	(0,2; 0,3; 0,5)	(0,1; 0,8; 0,1)
X_5	(0,5; 0,5; 0)	(0,8; 0; 0,2)	(0,3; 0,5; 0,2)	(0,1; 0; 0,9)	(1; 0; 0)	(0,2; 0,1; 0,7)
X_6	(0,4; 0,6; 0)	(0,3; 0,2; 0,5)	(0,1; 0,9; 0)	(0,2; 0,2; 0,6)	(0,5; 0,5; 0)	(1; 0; 0)

Вместо долей можно указывать проценты, при этом, например, в клетке (1, 2) на 1-м месте стоит 40 % — процент позитивной уживаемости X_2 с X_1 , на втором месте 60 % — негативной уживаемости X_2 с X_1 , на третьем месте 0 % — нейтральной уживаемости X_2 с X_1 . Более подробно: X_2 в 40 % положительно влияет на урожайность с X_1 , в 60 % случаев X_2 отрицательно влияет на урожайность X_1 .

Таким образом, для каждого о. и. X_i для ненулевой статистической вероятности позитивной, негативной и нейтральной уживаемости о. и. можно рассматривать три кластера (множества): $K_i^{(1)}$ — множество о. и., которые с вероятностью более 0,3 положительно влияют на X_i , $K_i^{(2)}$ — множество о. и., которые с вероятностью менее 0,7 отрицательно влияют на X_i , $K_i^{(3)}$ — множество нейтральной уживаемости, которые с вероятностью более 0,5 нейтрально влияют на X_i . Для рассмотренного примера $K_1^{(1)} = \{X_2, X_3, X_4\}$, $K_1^{(2)} = \{X_5\}$, $K_1^{(3)} = \{X_6\}$. Возможно увеличение числа кластеров при детализации соответствующих вероятностей.

Биологические индексы

Биологические индексы (биоиндексы) можно подразделить на *биометрические индексы* и *индексы состава*.

В данной работе будут исследованы биометрические индексы, которые подразделяются на персональные и групповые. Персональные индексы, в свою очередь, можно подразделить на индексы биологического статуса, индексы биологической экспансии. Групповые биоиндексы объединяют индексы связности, взаимосвязанности (сплочённости), уживаемости. Рассмотрим введённые индексы подробнее. Через C_i^+ будем обозначать средний положительный показатель уживаемости с i о. и. остальных членов, равный сумме $P^+(i,j)$ по индексу $j \neq i$, деленной на $N-1$. Через C_i^- — средний показатель неуживаемости (отрицательный показатель) с i о. и. остальных членов, равный сумме $P^-(i,j)$ (при $j \neq i$), деленной на $N-1$, C_i^0 — средний

показатель безразличного отношения к i о. и. других членов (будем называть его нулевой показатель), этот показатель равен сумме всех $P^0(i,j)$ (при $j \neq i$), деленной на $N-1$.

Показатели C_i^+ , C_i^- , C_i^0 представляют собой соответственно индексы биологического положительного, отрицательного и нулевого статуса i о. и. Здесь опять возможна кластеризация относительно значений данных показателей.

Данные индексы характеризуют соответственно степени позитивного, негативного и безразличного отношения группы о. и. к i о. и. Нетрудно видеть, что индексы биологического статуса представляют собой средние арифметические (математические ожидания) доли, соответственно позитивной, негативной и нейтральной уживаемости с данным объектом остальных. Степень преобладания позитива или негатива характеризует индекс C_i^{+-} :

$$C_i^{+-} = C_i^+ - C_i^- \tag{1}$$

Аналогично степень преобладания позитива или безразличия и негатива или безразличия характеризуется соответственно индексами:

$$C_i^{+0} = C_i^+ - C_i^0 \text{ и } C_i^{0-} = C_i^0 - C_i^- \tag{2}$$

Индекс общего биологического статуса C_i характеризует степень не безразличия группы о. и. по отношению к i о. и., то есть степень позитивной уживаемости или неуживаемости с ним:

$$C_i = C_i^+ + C_i^- \tag{3}$$

Для таблицы имеем:

$$\begin{aligned}
 C_1^+ &= 0,34; C_2^+ = 0,32; C_3^+ = 0,32; C_4^+ = 0,22; \\
 C_5^+ &= 0,38; C_6^+ = 0,3; C_1^- = 0,38; C_2^- = 0,42; \\
 C_3^- &= 0,38; C_4^- = 0,46; C_5^- = 0,22; C_6^- = 0,48; \\
 C_1^0 &= 0,28; C_2^0 = 0,26; C_3^0 = 0,3; \\
 C_4^0 &= 0,32; C_5^0 = 0,4; C_6^0 = 0,22; \\
 C_1^{+-} &= -0,04; C_2^{+-} = -0,1; C_3^{+-} = -0,06; \\
 C_4^{+-} &= -0,24; C_5^{+-} = 0,16; C_6^{+-} = -0,18; \\
 C_1^{+0} &= 0,06; C_2^{+0} = 0,06; C_3^{+0} = 0,02; \\
 C_4^{+0} &= -0,1; C_5^{+0} = -0,02; C_6^{+0} = 0,08; \\
 C_1^{0-} &= -0,1; C_2^{0-} = -0,16; C_3^{0-} = -0,08; \\
 C_4^{0-} &= -0,14; C_5^{0-} = 0,18; C_6^{0-} = -0,26.
 \end{aligned}$$

Достаточное количество отрицательных знаков говорит о преимущественном преобладании в данном примере негативной уживаемости по сравнению с позитивной и нейтральной.

Индексы C_i^+ (C_i^- , C_i^0) как средние показатели уживаемости (неуживаемости, безразличного отношения) в то же время представляют собой долю (процент) уживаемости (неуживаемости, безразличного отношения) относительно максимального значения, равного единице (100 %). Так, $C_1^+ = 0,34$ означает, что в 34 % случаев кластер $\{X_2, X_3, X_4, X_6\}$ положительно влияет на урожайность X_1 ; значение $C_2^{+0} = 0,06$ указывает на то, что в 6 % случаев положительное влияние о. и. $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ на урожайность о. и. X_2 преобладает над безразличием этих о. и. по отношению к X_2 .

Из анализа данных показателей можно сделать вывод о лидерстве о. и. X_5 относительно уживаемости с ним остальных о. и., а также лидерстве о. и. X_6 относительно неуживаемости с ним остальных о. и.

Степени преобладания, безразличия и общего биологического статуса могут быть положены в основу кластеризации о. и.

По аналогии с индексами биологического статуса могут использоваться индексы биологической экспансии (активности) \mathcal{E}_i^+ , \mathcal{E}_i^- , \mathcal{E}_i^0 , \mathcal{E}_i^{+-} , \mathcal{E}_i^{+0} , \mathcal{E}_i^{0-} , \mathcal{E}_i , характеризующие соответственно положительную, отрицательную, безразличную, преобладающую (1) — (2) и общую активность (3) i о. и. по выражению его отношения к остальным представителям группы. Расчет индексов биологической экспансии производится аналогично соответствующим формулам индексов биологического статуса с той разницей, что сложение происходит не по строкам, а по столбцам.

Индексы \mathcal{E}_i^+ , \mathcal{E}_i^- , \mathcal{E}_i^0 играют роль средних арифметических (математических ожиданий) доли соответственно позитивной, негативной и нейтральной уживаемости данного объекта с остальными.

Групповой индекс связанности Γ_c характеризует степень безразличного отношения представителей группы друг к другу. Количественно он определяется как среднее значение сумм индексов положительного и отрицательного биологического статуса по всем $i = 1, N$:

$$\Gamma_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_i^+ + C_i^-). \tag{4}$$

Для рассмотренного примера из таблицы $\Gamma_c = 0,69$.

Индекс взаимосвязанности (сплоченности) Γ_B характеризует степень взаимного позитивного отношения членов группы друг к другу. Количественно он совпадает со средним арифметическим индексов биологического положительного статуса на всем $i = 1, N$:

$$\Gamma_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i^+. \tag{5}$$

Для примера из таблицы $\Gamma_B = 0,31$

Индекс уживаемости Γ_v представляет собой частное Γ_B/Γ_c . Для рассмотренного примера $\Gamma_v = 0,45$.

В условиях определенности вероятность $P^+(i, j)$ ($P^-(i, j)$, $P^0(i, j)$) равна либо единице, либо нулю для $i, j = 1, N$. Это соответствует случаю, когда уживаемость рассматривается за короткий промежуток времени, например, за один период посадки, или когда за достаточно большое количество периодов (например, за несколько лет) отношение уживаемости для рассматриваемых объектов (культур, животных) сохраняется, то есть если в l году о. и. X позитивно (негативно, нейтрально) уживается с о. и. Y , то и в s году ($s > l$) о. и. X позитивно (негативно, нейтрально) уживается с о. и. Y . В случае определенности для каждого $i = 1, N$ кластеры $K_i^{(1)}$, $K_i^{(2)}$, $K_i^{(3)}$, равны объединению X_i для которых, соответственно, $p^+(i, j) = 1$, $p^-(i, j) = 1$, $p^0(i, j) = 1$ и представляют собой непересекающиеся множества.

В условиях определенности индексы биологического положительного, отрицательного, нулевого статуса i -го о. и. (из общего числа N) вычисляются соответственно по формулам:

$$\begin{aligned}
 C_i^+ &= v_i^+ / (N - 1); C_i^- = v_i^- / (N - 1); \\
 C_i^0 &= v_i^0 / (N - 1).
 \end{aligned}$$

Здесь v_i^+ (v_i^- , v_i^0) обозначает суммарный положительный (отрицательный и нулевой) показатель уживаемости с i о. и. остальных о. и.

Индексы C_i^{+-} , C_i^{+0} , C_i^{0-} , C_i определяются соответственно по формулам (1), (2), (3), которые в условиях определенности преобразуются следующим образом:

$$C_i^{+-} = C_i^+ - C_i^- = (v_i^+ - v_i^-) / (N - 1); \tag{6}$$

$$C_i^{+0} = C_i^+ - C_i^0; C_i^{0-} = C_i^0 - C_i^-; C_i = C_i^+ + C_i^-. \tag{7}$$

Из формул следует, что в условиях определенности индексы биологического статуса представляют собой относительные частоты тех или иных выборок. Индексы биологической экспансии определяются совершенно аналогично, но сложение проходит не по строкам, а по столбцам.

Групповой индекс связанности Γ_c определяется по формуле (8):

$$\Gamma_c = \sum_{i=1}^N \left(\frac{v_i^+ + v_i^-}{N(N-1)} \right). \tag{8}$$

При этом, как нетрудно видеть, имеет место соотношение:

$$\Gamma_C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i. \quad (9)$$

Таким образом, в условиях определенности индекс Γ_C представляет собой среднее арифметическое общих индексов C_i и C_i ($i = 1, N$).

Индекс сплоченности (взаимосвязанности) Γ_B вычисляется по формуле (10):

$$\Gamma_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_i^+. \quad (10)$$

Индекс уживаемости вычисляется по формуле:

$$\Gamma_y = \sum_{i=1}^N v_i^+ / S, \quad (11)$$

где S — общая сумма положительных и отрицательных показателей уживаемости, то есть Γ_y — частный случай индекса взаимосвязанности. Поскольку $S \leq N(N-1)$, то $\Gamma_y \geq \Gamma_B$. Поэтому число $1 - \Gamma_y$ характеризует ситуацию, когда не все положительные индексы взаимны.

Заключение

Индексный метод дает возможность сравнивать и объединять в кластеры о. и., определять лидеров в классах относительно рассматриваемых признаков, в частности, уживаемости объектов друг с другом.

В работе рассмотрен абстрактный пример уживаемости сельскохозяйственных культур, полученные результаты можно перенести на объекты животноводства, продукты питания.

Результаты исследования могут использоваться в растениеводстве, животноводстве, при анализе составляющих продуктов питания, диетологии, парфюмерии, производстве лекарств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беляков А. В., Лихолетов Е. А., Лучина И. В. Обоснование экономических параметров бахчеводства Волгоградской области // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2014. № 3 (28). С. 154–158.
2. Ганичева А. В., Ганичев А. В. Принятие решений на основе рискованных ситуаций и процессов // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2014. № 4 (29). С. 226–230.
3. Ганичева А. В., Ганичев А. В. Риск и полезность ситуаций и процессов // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2015. № 2 (31). С. 247–251.
4. Ганичева А. В. Оценка эффективности процесса обучения // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2014. № 4 (29). С. 301–304.
5. Ганичева А. В., Карпунина А. С. Индексный метод в сельском хозяйстве // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2010. № 8. С. 62–70.
6. Ганичева А. В., Карпунина А. С., Фирсов С. А. Индексный метод в сельском хозяйстве // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2011. № 1 (01). С. 172–180.
7. Ганичев А. В., Ганичева А. В. Индексный метод в сельском хозяйстве при нечетких условиях // Устойчивое развитие АПК регионов: ситуация и перспективы. 2015. С. 145–148.

REFERENCES

1. Belyakov A. V., Likholetoev E. A., Luchina I. V. Justification of the economic parameters of melon cultivation in the Volgograd region // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2014. No. 3 (28). P. 154–158.
2. Ganicheva A. V., Ganichev A. V. Decision marking on the basis of risk situations and processes // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2014. No. 4 (29). P. 226–230.
3. Ganicheva A. V., Ganichev A. V. Risk and usefulness of the situations and processes // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2015. No. 2 (31). P. 247–251.
4. Ganicheva A. V. Assessment of efficiency of the learning process // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2014. No. 4 (29). P. 301–304.
5. Ganicheva A. V., Karpunina A. S. An index method in agriculture // Bulletin of Tver State University. Series: Economics and management. 2010. No. 8. P. 62–70.
6. Ganicheva A. V., Karpunina A. S., Firsov S. A. An index method in agriculture // XXI century: results of the past and problem of the present plus. 2011. No. 1 (01). P. 172–180.
7. Ganichev A. V., Ganicheva A. V. An index method in agriculture under indistinct conditions // Sustainable development of agrarian and industrial complex of the regions: situation and prospects. 2015. P. 145–148.

Как цитировать статью: Ганичева А. В., Ганичев А. В. Индексно-кластерный метод в сельском хозяйстве. Биометрические индексы // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2017. № 1 (38). С. 171–174.

For citation: Ganicheva A. V., Ganichev A. V. Index and cluster method in agriculture. Biometric indices // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2017. No. 1 (38). P. 171–174.