

## **РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КЛАСТЕРНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ПО ФАКТОРАМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В РЕГИОНАХ БЕЛАРУСИ**

**Аннотация.** Показана возможность использования кластерного анализа для решения задач по экономическому зонированию. Выделены приоритеты объединения регионов в более крупные экономические зоны по критерию близости факторов человеческого потенциала. Получены конкретные рациональные варианты выделения экономических зон в Республике Беларусь и в Гомельской области.

**Ключевые слова:** экономическое зонирование, кластерный анализ, человеческий потенциал, население.

**Summary.** The possibility of the use of cluster analysis for solving tasks of economic zoning is shown. The priorities of the regions integration into larger economic zones are outlined based on the criteria of proximity of human potential factors. Concrete rational variants for singling out economic zones in the Republic of Belarus and the Gomel region are obtained.

**Keywords:** economic zoning, cluster analysis, human capital and population.

**Анотація.** Показано можливість використання кластерного аналізу для вирішення задач з економічного зонування. Виділено пріоритети об'єднання регіонів в більші економічні зони за критерієм близькості факторів людського потенціалу. Отримані конкретні раціональні варіанти виділення економічних зон в Республіці Білорусь та в Гомельській області.

**Ключові слова:** економічне зонування, кластерний аналіз, людський потенціал, населення.

**Постановка задачи.** Территориальная дифференциация изучаемых параметров, характеризующих количественную и качественную экономическую природу изучаемых объектов, явлений и т.д., может быть выявлена на основе более глубокого изучения комбинаций факторных признаков. При этом возникает необходимость выделения однородных региональных зон, для каждой из которых значения рассмотренных переменных похожи друг на друга и расположены близко на диаграмме рассеяния. Такой подход позволяет расширить содержание проводимого многомерного анализа. Наиболее существенные методологические черты кластерного анализа, полезные для регионального исследования, могут быть отражены по следующим двум направлениям: образование единой меры, охватывающей ряд характеризующих признаков, и чисто количественное решение вопроса о группировке объектов наблюдения [2, с. 61-66.].

Идея классификации по сочетанию ряда признаков давно привлекает внимание специалистов по региональной экономике. Например, в одной из наиболее популярных задач кластерного анализа – группировке районов – она давно признана. Еще в 1920 г., анализируя «Связь между элементами крестьянского хозяйства в 1917 и 1919 годах», Б.С. Ястремский рассматривал 34 характеристики уездов, влиявшие на эту связь. Можно привести и другие примеры группировки территориальных единиц по комплексу признаков, неизменно имевших место в задачах районирования. Но в кластерном анализе признаки объединяются с помощью некоторой «метрики» в один количественный показатель сходства (различия) группируемых объектов [6, с. 64, 65.], [4, с. 72-80], [5, с. 205, 206].

В кластерном региональном анализе группировочные признаки могут подвергаться объединению с помощью различных функций расстояния. В данном исследовании в качестве такой функции принята функция евклидова расстояния, которая является самой распространенной мерой для определения расстояния между двумя точками на плоскости. Такой подход отражает специфику алгоритма решения нашей региональной задачи и, следовательно, требует логического пояснения основных элементов алгоритма.

Задача кластерного анализа заключается в том, чтобы на основании данных, содержащихся в множестве  $X$ , разбить множество объектов  $I$  на  $m$  кластеров (однородных экономических зон)  $P_1, P_2, \dots, P_m$  так, чтобы каждый объект  $I_i$  принадлежал одному и только одному подмножеству разбиения и чтобы объекты, принадлежащие одному и тому же кластеру, были *сходными*, в то время как объекты, принадлежащие разным кластерам, были *разнородными (несходными)*.

Приведем постановку региональной задачи кластерного анализа. В качестве региона  $I$  рассмотрим  $n$  образующие его административно-территориальных образований, каждое из которых характеризуется следующими основными социально-экономическими показателями, исчисляемыми в системе Министерства статистики и анализа Республики Беларусь: среднемесячная заработная плата работников ( $C_1$ ), денежные доходы в расчете на душу населения ( $C_2$ ), объем платных услуг на человека ( $C_3$ ) и т. п. [3, с. 67-122].

Тогда  $X_1$  (вектор измерений) представляет собой набор указанных характеристик для первого административно-территориального района;  $X_2$  – для второго административно-территориального района и т. д. Задача заключается в том, чтобы разбить данные районы по уровню развития человеческого потенциала.

Решением задачи кластерного анализа является разбиение, удовлетворяющее некоторому критерию оптимальности. Этот критерий может представлять собой некоторый функционал, выражающий уровни желательности различных разбиений и группировок. Этот функционал можно назвать *целевой функцией*. Например, в качестве целевой функции может быть взята внутригрупповая сумма квадратов отклонений. В качестве примера рассмотрим восемь объектов ( $n = 8$ ), обладающих одной характеристикой (т. е.  $c = 1$ ); результаты измерения пусть представляют собой множество  $X = \{3, 4, 7, 4, 3, 3, 4, 4\}$ . Сумма квадратов отклонений вычисляется по формуле

$$\sum_{i=1}^8 x_i^2 - \frac{1}{8} \left( \sum_{i=1}^8 x_i \right)^2 = 140 - 128 = 12.$$

Если множество  $X$  разбить на три группы:  $G_1 = \{3, 3, 3\}$ ,  $G_2 = \{4, 4, 4, 4\}$  и  $G_3 = \{7\}$ , то все внутригрупповые суммы квадратов отклонений должны быть равны нулю:

$$W_1 + W_2 + W_3 = 0 + 0 + 0,$$

где  $W_1, W_2, W_3$  – внутригрупповые суммы квадратов отклонений в соответствующих изучаемых статистических группах  $G_1, G_2, G_3$ .

Оптимальное значение для этого примера равно нулю при условии, что ведется разбиение на три группы. В общем случае следует рассматривать значение целевой функции в сочетании с желаемым числом групп.

Последовательный процесс кластеризации начинается с рассмотрения  $n$  районов, затем два наиболее сходных района объединяются в один кластер и число кластеров становится равным  $n - 1$ . Процесс повторяется до тех пор, пока все  $n$  районов не попадут в один кластер, содержащий все районы.

Для представления результатов решения задачи регионального кластерного анализа будем использовать наиболее известный метод представления матрицы расстояний (разнородности) или сходства, основанный на идее графического изображения результатов последовательной кластеризации, которое обычно называют «дендрограммой».

Дендрограмму следует показывать как графическое изображение результатов процесса последовательной кластеризации, который осуществляется в терминах матрицы расстояний или сходства. В дальнейшем процесс такой кластеризации будем рассматривать как процедуру с матрицей расстояний или сходства. Таким образом, с помощью дендрограммы можно графически или геометрически изображать результат кластеризации при условии, что эта процедура оперирует только с элементами матрицы расстояний или сходства.

*Контрольный пример.* Рассмотрим случай, когда в регионе имеется шесть районов ( $n = 6$ ), каждый из которых характеризуется одним и тем же признаком ( $c = 1$ ). Полученный результат кластеризации показывает, что районы 1 и 3 наиболее схожи по выделенному фактору и поэтому объединяются в один кластер на уровне близости, равном 0,9. Районы 4 и 5 объединяются при уровне близости, равном 0,8. На этом шаге имеются 4 кластера: (1, 3), (6), (5, 4), (2). На третьем и четвертом шаге процесса экономического зонирования образуются кластеры (1, 3, 6) и (5, 4, 2), соответствующие уровню близости, равному 0,7 и 0,6. Окончательно все объекты группируются в один кластер при уровне 0,5. Данная дендрограмма районирования представлена на рис 1.

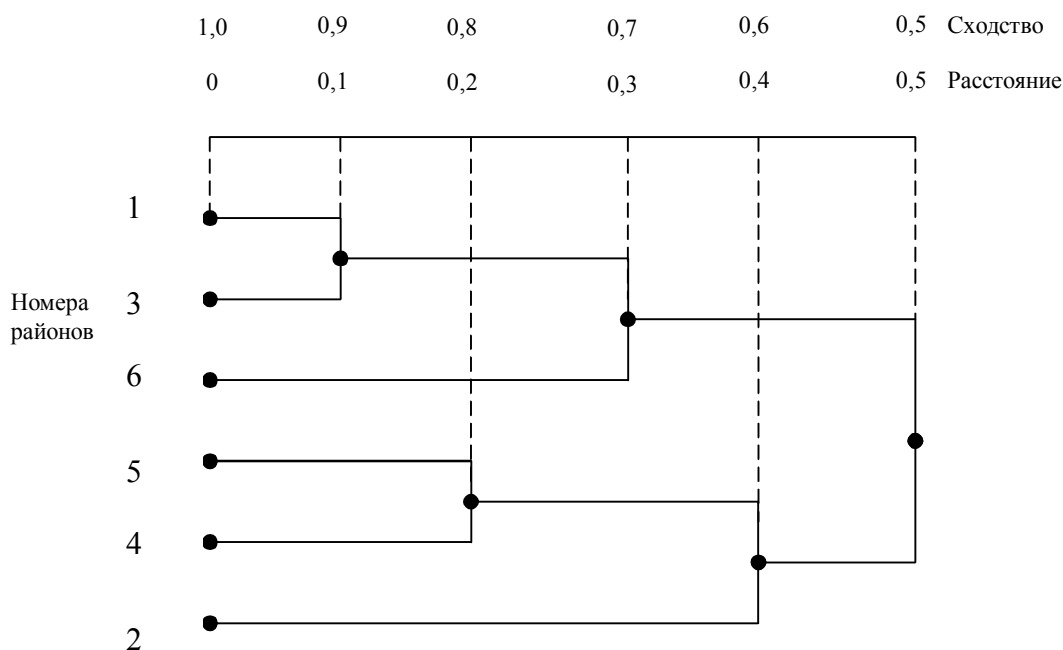


Рисунок 1. Дендрограмма районирования в изучаемом регионе

Обратим внимание на следующие особенности формирования кластеров:

- процедуры кластеризации совершаются ступенчато, это означает, что две наиболее похожие экономические зоны  $I_1$  и  $I_2$  объединяются и рассматриваются как один кластер (экономическая зона);

- понятия «сходство» и «расстояние» являются противоположными, поэтому вычисленная сумма их значений равна единице (по аналогии с коэффициентом ассоциации);

- при изменении евклидова расстояния будет изменяться и структура выделяемых экономических зон.

*Результаты регионального кластерного анализа.* Численное решение выделенных задач регионального кластерного анализа по Беларуси и Гомельской области выполнялось на компьютере с использованием пакета SPSS Version 10 (анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей) [1, с. 385-409].

Структура полученных результатов по каждой экономической зоне характеризуется следующей текстовой информацией:

- графическая информация, отражающая динамику объединения экономических районов по мере увеличения диапазона изменения изучаемого параметра (евклидово расстояние);

- количественная информация, представленная в четырех таблицах:

- условия прекращения решения задачи;

- матрица близости социально-экономических параметров по исследуемым регионам;

- последовательность выделения кластеров (районов);

- возможные варианты объединения кластеров (районов) по близости экономических показателей.

*Графическая информация* по результатам решения каждой из исследуемых задач по региональному анализу представлена графом взаимосвязей изучаемых районов по близости социально-экономических показателей (дендрограмма минимального дерева). При этом получаемый граф развернут по оси абсцисс, показывающей направление снижения сходства технико-экономических показателей по изучаемым районам. На оси ординат показываются номера изучаемых регионов (областей или административно-экономических районов). Обратим внимание на то, что в решаемых задачах расположение номеров районов по оси абсцисс не является постоянным, что связано с особенностями алгоритма реализации задачи кластерного анализа. Представляет практический интерес и тот факт, что расположение номеров изучаемых регионов на оси ординат также соответствует направлению снижения схожести социально-экономических показателей, что может быть использовано при построении вариантов прогноза по экономическому зонированию.

*Экономическое зонирование в Беларуси по выделенным локальным социально-экономическим задачам* выполнено с использованием пакета SPSS Version 10 регионального кластерного анализа [1, с. 385-409.]. Для регионального исследования по ранжированию областей Беларуси использованы следующие критерии схожести социально-экономических показателей: рентабельность активов предприятий и организаций по областям Беларуси; численность населения, занятого в экономике; распределение численности населения по областям Беларуси; экономически активное население (в том числе занятое население, безработное; уровень экономической активности населения (в процентах к численности населения в трудоспособном возрасте); уровень безработицы (в процентах к численности экономически активного населения)); распределение численности работников по уровню образования; соотношение начисленной номинальной среднемесячной заработной платы работников и минимального потребительского бюджета по областям Беларуси; реальные денежные доходы населения Беларуси; уровень безработицы; структура затрат на производство продукции, работ, услуг предприятий и организаций по областям Беларуси; структура чистой прибыли предприятий и организаций по областям Беларуси; структура

формирования прибыли предприятий и организаций по областям Беларуси; ожидаемая продолжительность жизни при рождении по областям Беларуси.

На основании рассмотрения полученных данных определяем номера позиций решаемых задач как ранги и соответствующие приоритеты группировки регионов по схожести социально-экономических показателей. Например, в 2001 г. получилось выделение следующих приоритетов: первый – Гомельская область, второй – Брестская область, третий – Витебская область и т. д. В 2006 г. первый номер приоритета имела Витебская область, второй – Гродненская область, третий – Гомельская область, четвертый – Брестская область и т. д. По прогнозу на 2013 г. – первый номер приоритета ожидается у Гомельской области, второй – у Витебской области и т. д.

*Количественная информация*, характеризующая по каждой задаче динамику снижения схожести социально-экономических показателей по исследуемым регионам с использованием кластерного анализа, определена нами на основе использования прикладного статистического пакета «Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей», разработанного региональным отделением фирмы SPSS из Мюнхена, находящимся в городах Марбург и Хайдельберг. [1, с. 385-409.].

*Экономическое зонирование в Гомельской области по выделенным локальным социально-экономическим задачам* также выполнено с использованием SPSS Version 10 [1, с. 385-409.] регионального кластерного анализа. При сравнении за 2001, 2006 и 2013 (прогноз) гг. использованы следующие основные элементы по критерию схожести социально-экономических показателей: рентабельность реализованной продукции, товаров, работ, услуг по Гомельской области, в том числе затраты на производство и реализацию, млн р.; прибыль (убыток) от реализации, млн р.; уровень рентабельности, %; распределение населения Гомельской области на начало года, в том числе: территория, км<sup>2</sup>; все население, тыс. чел. (в том числе городское, тыс. чел.; городское, %; сельское, тыс. чел.); плотность населения, чел/км<sup>2</sup>; уровни радиоактивного загрязнения регионов Гомельской области (плотность загрязнения Ки/км<sup>2</sup> по населенным пунктам (НП); среднесписочная численность рабочих и служащих, тыс. чел.; среднесписочная численность колхозников; среднемесячная заработная плата работников, тыс. р.; прибыль (убыток) от реализации товаров, работ, услуг на 1-го работника, тыс. р.; коэффициенты смертности; ввод в действие жилых домов; обеспеченность медицинским персоналом на 1000 чел. населения; региональный уровень образования населения Гомельской области, в том числе городского и сельского населения (на 1000 чел.), ввод в действие жилых домов общей площади, м<sup>2</sup>/чел.; общая жилая площадь, м<sup>2</sup>/жителя (в том числе в городских поселениях, в сельской местности и всего); платные услуги населению; объем платных услуг, тыс. р./чел.; заработная плата, тыс. р./месяц; задолженность жителя, тыс. р./чел. (в том числе дебиторская, кредиторская и сальдо).

По аналогии с предыдущей задачей экономического зонирования в Беларуси определяем группировки регионов Гомельской области. Например, Брагинский район в 2001 г. имел первый номер приоритета, Наровлянский – второй номер, Петриковский район – третий номер и т. д. В 2006 г. первый номер приоритета имел Лоевский район, второй – Брагинский район, третий номер – Кормянский район и т. д. По прогнозу на 2013 г. – первый номер приоритета ожидается у Чечерского района, второй – у Жлобинского района и т. д.

*Интегральное экономическое зонирование в Беларуси.* В задаче «Интегральные результаты кластерного анализа факторов развития человеческого потенциала по Беларуси» (17 задач) рассматриваются возможные варианты объединения регионов Беларуси в более крупные территориальные образования для повышения обоснованности принимаемых региональных управленческих решений [3, с. 159].

Решаемая проблема по интегральному экономическому зонированию объединяет все исследуемые факторные признаки по рассмотренным выше локальным задачам. Сформулированная задача также решена на компьютере с использованием пакета SPSS Version 10 (анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей) [1, с. 385-409.]. Рассмотрение промежуточных результатов вычислений в данном случае можно опустить и сосредоточить все внимание на табл. 1. (Cluster Membership) кластерного анализа.

*Таблица 1*

*Варианты интегрального зонирования в Беларуси по факторам развития человеческого потенциала (Cluster Membership)*

Наименование Области	Интегральные экономические зоны								
	Годы								
	2001	2006	2013 (прогноз)	2001	2006	2013 (прогноз)	2001	2006	2013 (прогноз)
	4 зоны			3 зоны			2 зоны		
Брестская	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Витебская	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Гомельская	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Гродненская	3	3	3	2	2	2	2	1	1
г. Минск	4	4	4	3	3	3	1	2	2
Минская	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Могилевская	3	3	3	2	2	2	2	1	1

Результаты вычислений, приведенные в табл., показывают, что по прогнозу в 2013 г. ожидаются следующие приоритеты объединения областей на интегрированные экономические зоны:

- при выделении двух интегрированных зон следует объединить в первой экономической зоне Брестскую, Витебскую, Гомельскую, Гродненскую, Минскую и Могилевскую области; во второй экономической зоне – г. Минск;

- при выделении трех интегрированных зон следует объединить в первой зоне Брестскую, Витебскую, Гомельскую и Минскую области; во второй – Гродненскую и Могилевскую области; в третьей зоне – г. Минск;

- при выделении четырех интегрированных зон следует объединить в первой зоне Брестскую, Гомельскую и Минскую области; во второй – Витебскую область; в третьей – Гродненскую и Могилевскую области, в четвертой зоне – г. Минск.

Результаты исследования представляют практический интерес при совершенствовании управления выделенными регионами Беларуси и Гомельской области. Представляется возможным выделить два основных направления использования данных результатов: повышение эффективности социально-экономического управления регионами и совершенствование существующего административно-территориального деления на республиканском и областном уровнях управления.

Показана возможность использования экономического кластерного анализа для решения задач по экономическому зонированию. В качестве изучаемых регионов могут

быть приняты Беларусь в целом или более мелкие территориальные образования (области, административно-территориальные районы и т. д.). Выделены приоритеты объединения регионов в более крупные экономические зоны по критерию близости учитываемых факторов человеческого потенциала. Получены конкретные рациональные варианты выделения как в Беларуси в целом, так и в Гомельской области двух, трех и четырех экономических зон.

### **Литература**

1. Бююль А., Цефель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем. – СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2001. – С. 385-409.
2. Герасенко В.П., Герасенко П.В. Кластерное зонирование по факторам развития человеческого потенциала // Вопросы статистики. – 2006. – № 9. – С. 61-66.
3. Герасенко В.П. Методология зонирования и мониторинга социально-экономического развития региона: Монография. Депонирована в фонде ГУ «БелИСА» 18.01.2008 г. № Д20082. – С. 67-122.
4. Дюран Б., О’Делл П. Кластерный анализ / Пер. с англ. Е. З. Демиденко; Под ред. А. Я. Боярского. – М.: Статистика, 1977. – С. 72-80.
5. Портер, Майкл, Э. Конкуренция.: Пер. с англ.: Учеб. пособие. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – С. 205, 206.
6. Ястремский Б. С. Связь между элементами крестьянского хозяйства в 1917 и 1919 годах // Вестник статистики. – 1920. – № 9–12. – С. 64, 65.

*Стаття надійшла до редакції 15.04.2013*