

В. Е. Морозова^{1}, И. В. Проворная,^{1,2*}*

Применение метода главных компонент для исследования выполнения параметров государственных программ

¹Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,
Российская Федерация

*e-mail: v.morozova2@g.nsu.ru

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

*e-mail: i.provornaia@g.nsu.ru

Аннотация. В статье производится анализ показателей программы Иркутской области, направленной на снижение энергоёмкости ВРП и повышение энергетической эффективности. По проведённым расчетам, наиболее значимыми факторами оказались количество аварий в системах теплоснабжения, строительство и модернизация энергоинфраструктуры, потребление природного газа, госконтроль в сфере строительства, госрегулирование тарифов и ценообразования, капремонт многоквартирных домов. Были сформулированы рекомендации по дальнейшей работе с данными показателями, направленной на достижение плановых показателей энергоёмкости и энергоэффективности региона: стимулировать и расширять строительство и модернизацию энергетической инфраструктуры, потребление природного газа, госконтроль в сфере строительства, госрегулирование тарифов и ценообразования, внедрять энергоэффективные технологии при осуществлении капремонта многоквартирных домов, а также работать над снижением количества аварий в системах теплоснабжения.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергопотребление, энергоёмкость, метод главных компонент

V. E. Morozova^{1}, I. V. Provornaya^{1,2*}*

Application of the principal component analysis for the study of the implementation of the parameters of government programs

¹Novosibirsk State University, Novosibirsk, the Russian Federation

* e-mail: v.morozova2@g.nsu.ru

²Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, the Russian Federation

*e-mail: i.provornaia@g.nsu.ru

Abstract. The article analyzes the indicators of the Irkutsk Region program aimed at reducing the energy intensity of GRP and increasing energy efficiency. According to the calculations, the most significant factors were the number of accidents in heat supply systems, construction and modernization of energy infrastructure, natural gas consumption, state control in the construction sector, state regulation of tariffs and pricing, overhaul of apartment buildings. Recommendations were formulated for further work with these indicators aimed at achieving planned indicators of energy intensity and energy efficiency in the region: to stimulate and expand the construction and modernization of energy infrastructure, natural gas consumption, state control in the construction sector, state regulation of tariffs and pricing, to introduce energy-efficient technologies in the overhaul of apartment buildings, as well as work to reduce the number of accidents in heat supply systems.

Keywords: energy efficiency, energy consumption, energy intensity, principal component analysis

Введение

Актуальность темы исследования: одним из важнейших векторов социально-экономического развития России является повышение уровня энергоэффективности и энергосбережения, что способствует рациональному использованию энергетических ресурсов, повышению энергетической безопасности, снижению негативного воздействия на окружающую среду и повышению инновационного потенциала развития различных отраслей экономики страны. Для данной цели разрабатываются федеральные и региональные долгосрочные целевые программы энергосбережения, в которых определяются целевые показатели энергоэффективности и комплекс мер, направленных на их достижение [7].

Из-за отраслевой специализации и особенностей климата Иркутская область относится к регионам с высоким энергопотреблением. Предприятия топливно-энергетического комплекса формируют более 50% объема промышленной продукции в области, что приводит к значительному потреблению топливно-энергетических ресурсов. Поэтому повышение энергоэффективности становится одним из ключевых факторов для обеспечения устойчивого развития региона [5].

Цель исследования: выявить взаимосвязи целевых показателей с использованием метода главных компонент.

Методическая часть

Метод главных компонент представляет собой эконометрический механизм анализа данных, применяющийся для уменьшения размерности пространства и линейной аппроксимации изучаемых наблюдений.

Пространство Z представляется как линейная комбинация стандартизированных исходных переменных и коэффициентов, отражающих вклад X в Z . Преобразование имеет следующий вид:

$$z_j = \sum_{i=1}^n \delta_{ji} x_i, \quad i = \overline{1, k}$$

где z_j – главная компонента ($j = \overline{1, m}$); x_i – стандартизированная исходная переменная, δ_{ji} – весовой коэффициент, отражающий долю переменной x_i в главной компоненте z_j [2].

Результаты расчетов

Энергоемкость экономики региона рассчитывается как отношение потребления топливно-энергетических ресурсов к ВРП. Энергоемкость является одним из важных факторов, которые определяют состояние развития промышленности, поскольку иллюстрирует структуру экономики, технологические и финансовые ресурсы, темпы экономического роста, инвестиционную активность, состояние основных производственных фондов, а также ценообразование на рынке энергоресурсов. Помимо этого, анализируя показатель энергоёмкости в динамике,

можно отследить направление и скорость развития различных отраслей экономики. Поэтому энергоёмкость представляет собой актуальный предмет научных исследований [10].

Для проведения анализа в качестве исходных данных из *государственной программы Иркутской области «Развитие жилищно-коммунального хозяйства и повышение энергоэффективности Иркутской области»* [1] были отобраны количественные целевые показатели и планируемые расходы на мероприятия, связанные с повышением энергоэффективности Иркутской области.

Матрица исходных данных была нормирована и центрирована для дальнейших расчетов, так как исходные данные были представлены в разных единицах измерения. Вычисления главных компонент производилось с помощью программы R, предназначенной для анализа и визуализации многомерных данных.

Расчетные значения главных компонент представлены на рисунке 1. Они не интерпретируются прямо [12] и используются далее для расчета коэффициентов корреляции между главными компонентами и показателем энергоёмкости ВРП ИО.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
[1,]	-2.8819	3.4064	1.4239	-0.9664	0.1770	0.3082	0
[2,]	-1.9964	0.9220	-0.3025	1.3115	-1.2317	-0.6040	0
[3,]	-2.5399	-0.4417	-1.9237	0.0151	1.2181	-0.4283	0
[4,]	-1.1966	-2.6416	-0.8353	-0.6538	-0.7163	1.0205	0
[5,]	0.3985	-3.2507	2.1156	-0.1508	0.2749	-0.6041	0
[6,]	3.1044	0.7877	0.3914	1.5554	0.6189	0.7555	0
[7,]	5.1120	1.2177	-0.8694	-1.1110	-0.3409	-0.4478	0

Рис. 1. Результаты расчета главных компонент

Основные статистические характеристики ГК можно представить в виде сводных показателей.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Standard deviation	3.0578	2.3201	1.4084	1.06127	0.82866	0.68565	2.019e-16
Proportion of Variance	0.4921	0.2833	0.1044	0.05928	0.03614	0.02474	0.000e+00
Cumulative Proportion	0.4921	0.7754	0.8798	0.93912	0.97526	1.00000	1.000e+00

Рис. 2. Основные характеристики главных компонент

На рисунке 3 показаны вклады каждой компоненты в общую дисперсию исходного набора данных. С его помощью подтверждается, что при наличии 7 главных компонент наиболее значимые вклады вносят первые две главные компоненты.

Согласно критериям определения оптимального количества главных компонент, которые стоит рассматривать для анализа, в данном случае будет достаточно первых двух главных компонент [4].

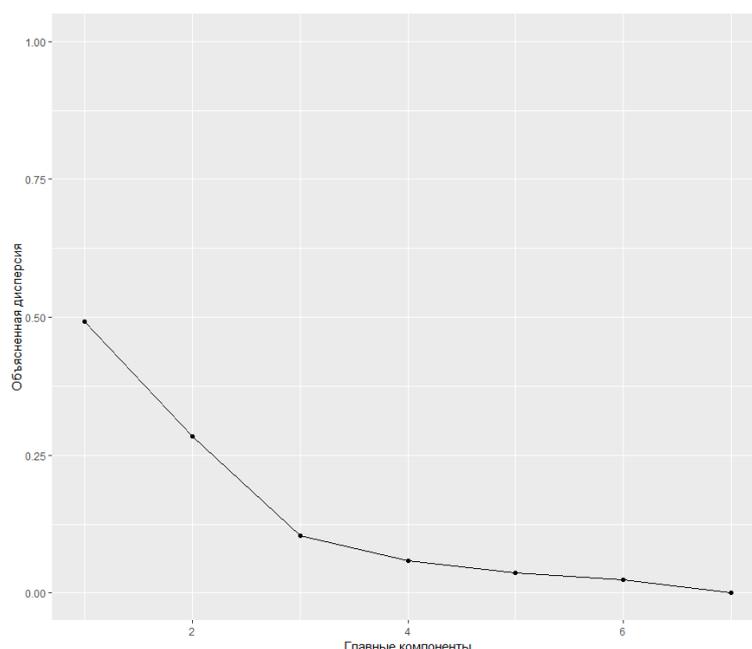


Рис. 3. Объясняемая главными компонентами дисперсия исходных данных

Коэффициент корреляции между первой главной компонентой и динамикой энергоёмкости ВРП ИО довольно высокий (-0.8), что свидетельствует об их высокой взаимосвязанности. Корреляция для второй главной компоненты равна (0.57), третьей главной компоненты – (0.0077). Первая главная компонента включает в себя максимальный набор показателей, связанных с мероприятиями по снижению энергоёмкости ВРП [12].

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
x1	0.2903	-0.0121	-0.1397	-0.3434	0.0119	-0.2909	0.0707
x2	0.2350	0.0340	-0.2182	-0.4761	-0.3325	-0.3313	0.1709
x3	-0.0011	-0.2731	-0.5089	0.0887	0.3314	-0.0270	0.0339
x4	0.2508	0.1547	-0.3228	-0.0179	0.2662	-0.2412	-0.3557
x5	-0.3063	0.1382	0.0565	0.0077	-0.1353	-0.0452	0.4993
x6	-0.2848	0.0689	-0.2691	-0.0845	-0.2544	0.2056	-0.4983
x7	0.2873	0.1421	-0.0805	0.2989	-0.0918	0.0253	0.1426
x8	0.1790	0.2113	0.1517	-0.5164	-0.0589	0.4875	-0.0063
x9	-0.2882	0.1508	-0.1788	-0.0128	-0.2316	-0.0265	-0.2361
x10	-0.2282	-0.2952	0.1064	-0.1391	0.0108	-0.0010	-0.1883
x11	0.1407	-0.3805	0.0573	-0.0925	0.0944	0.1684	0.0032
x12	0.0693	-0.4078	0.1324	-0.1323	0.0710	0.0677	-0.0975
x13	-0.2914	0.0169	0.2689	-0.0860	0.2403	-0.1674	-0.1035
x14	-0.2010	0.2233	0.0298	-0.3667	0.5342	0.0996	0.1713
x15	-0.2058	-0.1108	-0.4789	-0.1407	0.1542	0.3075	0.1926
x16	0.3093	-0.0153	0.1930	-0.0555	-0.0210	0.2368	-0.2900
x17	-0.0176	0.3959	0.1497	-0.0184	0.3302	-0.2672	-0.2251
x18	0.2904	0.0969	-0.0100	0.2594	0.2483	0.3014	0.0835
x19	-0.0205	-0.4021	0.1956	-0.0775	0.0892	-0.2822	-0.0218

Рис. 4. Матрица весов

С помощью матрицы весов, изображенной на рисунке 4, можно оценить, как начальные переменные входят в рассчитанные главные компоненты. При рас-

смотрении первого столбца можно сказать, что наиболее значимыми факторами являются количество аварий в системах теплоснабжения, строительство и модернизация энергетической инфраструктуры (электросетевого хозяйства и теплоснабжения), потребление природного газа. Объединяя эти факторы, можно сказать, что первая главная компонента включает факторы, связанные с инфраструктурной составляющей региональной энергетики и потреблением природного газа.

Во вторую главную компоненту наибольший вклад вносят госконтроль в сфере строительства, госрегулирование тарифов и ценообразования и капремонт многоквартирных домов. То есть, вторая ГК включает в себя строительство (как один из самых энергоёмких секторов экономики) и ценовое регулирование.

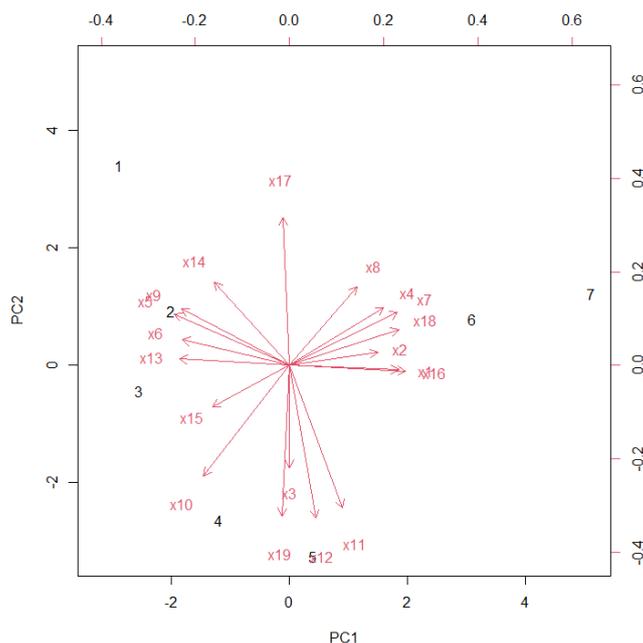


Рис. 5. Проекция данных на оси первой и второй главных компонент

На рисунке 5 красным цветом изображены исходные наблюдения в векторном виде в осях первой и второй главных компонент, с помощью чего подтверждаются описанные ранее вклады первоначальных наблюдений в эти компоненты.

Таким образом, для достижения плановых показателей снижения энергоёмкости ВРП Иркутской области, рекомендуется обратить большее внимание на показатели, вносящие наибольший вклад в первые две главные компоненты, а именно, необходимо стимулировать и расширять строительство и модернизацию энергетической инфраструктуры, потребление природного газа, госконтроль в сфере строительства, госрегулирование тарифов и ценообразования, внедрять энергоэффективные технологии при осуществлении капремонта многоквартирных домов, а также работать над снижением количества аварий в системах теплоснабжения.

Благодарности

Исследование выполнено за счет проекта ИНГГ СО РАН № FWZZ-2022-0013 по программе ФНИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О внесении изменений в государственную программу Иркутской области «Развитие жилищно-коммунального хозяйства и повышение энергоэффективности Иркутской области» на 2019 - 2024 годы [Электронный ресурс]: постановление правительства Иркутской области от 18.12.2020 года № 1098-пп // Официальный интернет-портал правовой информации.
2. Айвазян С. А. и др. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. Финансы и статистика. – 1989.
3. Валитов Ш. М. и др. Системный анализ индикаторов долгосрочной целевой программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Республике Татарстан // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2013. №. 4. С. 160-168.
4. Поляк Б.Т. и др. Метод главных компонент: робастные версии // Автомат. и телемех., 2017, № 3, С. 130–148.
5. Санеев Б. Г. и др. Энергоэффективность Иркутской области-потенциал роста //iPolytech Journal. – 2018. – Т. 22. – №. 6 (137). – С. 152-168.
6. Санеев Б. Г. и др. Экологическая оценка применения инноваций в энергетике региона (на примере Иркутской области) //Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2020. – Т. 22. – №. 1. – С. 95-107.
7. Соколов М. М. Энергоемкость экономики России и основные факторы, воздействующие на ее уровень и динамику //Экономика промышленности/Russian Journal of Industrial Economics. – 2023. – Т. 16. – №. 1. – С. 34-50.
8. Тимонина В. И. Энергосбережение и энергоэффективность как показатели достижения энергобезопасности в стране //Теоретическая экономика. – 2022. – №. 1 (85). – С. 111-119.
9. Токарев Ю. А., Горбунова О. А. Сущность и основные детерминанты региональной энергоэффективности экономики в России // Экономика и предпринимательство. – 2023. – №. 4 (153) – С. 602-606.
10. Швецов А. В., Швецова Н. К. Энергоемкость и энергоэффективность отечественной экономики в контексте социально-экономического развития регионов //Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2023. – Т. 9. – №. 4. – С. 451-461.
11. Физическая и социально-экономическая география Иркутской области: Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) [электронный ресурс]. URL: <https://geoirkobl.irkutsk.ru/161TAK.html> (дата обращения: 19.04.2024).
12. RPubS: Метод главных компонент [электронный ресурс]. URL: <https://rpubs.com/Al-laT/pca-contd> (дата обращения: 11.04.2024).

© В. Е. Морозова, И. В. Проворная, 2024