

УДК 332.14

*П. А. Карпенко*

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,  
Санкт-Петербург, e-mail: karpenko\_pavel@mail.ru

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Ключевые слова:** регион, социально-экономическая система, Российская Федерация, концептуальная модель, регрессионный анализ.

Статья посвящена проблеме обоснования вербальной модели системы математическими методами. В качестве такой модели выбрана концептуальная модель управления развитием региональных социально-экономических систем, разработанная ранее автором. Использован регрессионный анализ. Благодаря такому анализу выявлены зависимости центроида модели от входных показателей и влияние центроида модели на результирующие показатели. Центроидом модели выступает совокупность квантификаторов состояния трудовых ресурсов, выраженных тональным разрывом информационной среды. В качестве входных показателей отобраны три показателя, характеризующие природные факторы, два показателя, отражающие производственные факторы, три показателя, описывающие состояние инфраструктуры региона и три показателя социальной направленности. Модель включает семь результирующих показателей: четыре из которых характеризуют количество тяжких преступлений, связанных с угрозой жизни и здоровью человека, два показателя показывают смертность населения в результате самоубийства и отравления алкоголем и один показатель отражает численность безработных в регионе. Итогом исследования явилась математически подтвержденная концептуальная модель управления развитием региональных социально-экономических систем. Моделирование проведено на примере одного из субъектов Российской Федерации – города федерального значения Санкт-Петербурга.

*P. A. Karpenko*

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg,  
e-mail: karpenko\_pavel@mail.ru

## MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE CONCEPTUAL MODEL OF MANAGING THE DEVELOPMENT OF REGIONAL SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Keywords:** region, socio-economic system, Russian Federation, conceptual model, regression analysis.

The article is devoted to the problem of substantiating the verbal model of the system by mathematical methods. As such a model, a conceptual model for managing the development of regional socio-economic systems, developed earlier by the author, was chosen. Regression analysis was used. Thanks to this analysis, the dependence of the centroid of the model on the input indicators and the influence of the centroid of the model on the resulting indicators are revealed. The centroid of the model is a set of quantifiers of the state of labor resources, expressed by a tonal gap in the information environment. Three indicators characterizing natural factors, two indicators reflecting production factors, three indicators describing the state of the region's infrastructure and three indicators of social orientation were selected as input indicators. The model includes seven resulting indicators: four of which characterize the number of serious crimes associated with a threat to human life and health, two indicators show the death rate of the population as a result of suicide and alcohol poisoning, and one indicator reflects the number of unemployed in the region. The research resulted in a mathematically confirmed conceptual model for managing the development of regional socio-economic systems. Modeling is carried out on the example of one of the constituent entities of the Russian Federation - the federal city of St. Petersburg.

### Введение

Проблемы развития региональных социально-экономических систем находятся под пристальным вниманием ученых [4, 12]. Есть работы, в которых глубоко анализируются социальные особенности таких систем (на-

пример, [7, 13]), а есть материалы, где внимание уделено их экономической специфике [10, 11]. В отдельных исследованиях отражены проблемы отраслевой [3, 6, 8] и налоговой [9] кластеризации регионов. Трудовая и образовательная региональная специфика

проанализирована в работах [1, 2, 14, 15]. Все эти и другие аспекты важны для управления развитием региональных социально-экономических систем, однако требуют обоснования достоверными подходами и способами.

**Целью** настоящего исследования является обоснование математическими методами авторской концептуальной модели управления развитием региональных социально-экономических систем, подробно описанной в публикации [5].

#### Материалы и методы исследования

Для концептуальной модели ранее были определены [5] показатели входного влияния и результирующие показатели (табл. 1, 2).

Центроидом концептуальной модели выступила совокупность квантификаторов состояния трудовых ресурсов, выраженных тональным разрывом информационной среды. Усредненная динамика первичных показателей тонального разрыва является формально-логически обоснованной, что косвенно подтверждает целесообразность математической формализации сформиро-

ванной концептуальной модели посредством регрессионного анализа.

Критерии качества регрессии для целей исследования определены следующим образом.

1) Значимость моделей оценивается посредством F-критерия Фишера. Предельное значение данного критерия принято 0,1 или 10%. Такое допущение обосновывается, в частности, малыми объемами выборки, а также макроспецификой формируемых уравнений.

2) Качество модели определяется, в первую очередь, объемом объясненной дисперсии эндогенной переменной (на это указывает коэффициент детерминации (R<sup>2</sup>)). Специфика выборки и макроспецифика описываемой зависимости определяет достаточно низкий уровень потребности в объясненной дисперсии. Вследствие этого условно малая величина коэффициента детерминации принимается допустимой. Однако, именно данный критерий определяет выбор универсального для формируемой системы регрессионных уравнений показателя тонального разрыва.

Таблица 1

Совокупность показателей входного влияния [5]

№	Наименование показателя	Условное обозначение	Единицы измерения
Природные факторы			
1	Объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта	$N_1$	тонн
2	Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (охрана атмосферного воздуха)	$N_2$	тыс. руб.
3	Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (охрана и рациональное использование водных ресурсов)	$N_3$	тыс. руб.
Производственные факторы			
4	Уровень использования производственных мощностей	$P_1$	%
5	ВРП на душу населения	$P_2$	тыс. руб.
Инфраструктурные факторы			
6	Наличие автомобильного транспорта (автобусов)	$I_1$	единиц
7	Наличие автомобильного транспорта (легкового автотранспорта)	$I_2$	единиц
8	Протяженность автомобильных дорог общего пользования	$I_3$	км
Социальные факторы			
9	Число учащихся в общеобразовательных учреждениях, охваченных питанием	$S_1$	человек
10	Доля учреждений здравоохранения, использующих сеть Интернет, в общем числе учреждений здравоохранения	$S_2$	%
11	Реальная начисленная заработная плата в процентах к соответствующему периоду предыдущего года	$S_3$	%

Совокупность результирующих показателей [5]

№	Наименование показателя	Условное обозначение	Единицы измерения
1	Количество преступлений, зарегистрированных в отчетном периоде по ст.105 УК РФ (убийство)	$R_1$	единиц
2	Количество преступлений, зарегистрированных в отчетном периоде по ст.111 УК РФ (умышленное причинение вреда здоровью)	$R_2$	единиц
3	Количество преступлений, зарегистрированных в отчетном периоде по ст.131 УК РФ (изнасилование)	$R_3$	единиц
4	Количество преступлений, зарегистрированных в отчетном периоде по ст.213 УК РФ (хулиганство)	$R_4$	единиц
5	Число умерших по основным классам и отдельным причинам смерти в расчете на 100000 (самоубийство)	$R_5$	человек
6	Число умерших по основным классам и отдельным причинам смерти в расчете на 100000 (случаи отравления алкоголем)	$R_6$	человек
7	Общая численность безработных в соответствии с методологией МОТ	$R_7$	человек

3) Уровень значимости связи эндогенной переменной и экзогенных переменных, включенных в модель, определяется р-уровнем значимости каждой переменной. Описанная выше специфика выборки определяет для уравнений множественной регрессии потенциально достаточно высокий р-уровень значимости для исследуемых регрессоров. В связи с этим, в сравнении с F-критерием Фишера для данного показателя определен значительно более высокий порог – до 0,2 или 20%. Так как величина данного показателя варьируется в зависимости от количества регрессоров, включенных в модель, предполагается возможность оптимизации модели, в соответствии с данным критерием. В качестве метода оптимизации использован метод backward.

4) Прикладное качество описания дисперсии эндогенной переменной дисперсией экзогенных переменных определяется множеством потенциальных показателей. В рамках данного исследования в качестве критерия прикладного качества формируемых регрессионных уравнений выбрана специфика структурных выбросов и структурных разрывов. Данный выбор обусловлен макроспецификой сформированной концептуальной модели. Наличие формально-логически необоснованных структурных выбросов и структурных разрывов подразумевает необходимость признания модели статистически незначимой.

5) Наиболее значимым бинарным критерием качества модели регрессии выступает логическое обоснование направления воздействия экзогенной переменной на эндогенную. В том случае если описываемый характер связи (прямой или обратный) противоречит формальной логике – модель также признается статистически незначимой.

Регрессионный анализ проведен с использованием программных продуктов MS Excel и IBM SPSS. Датафрейм сформирован на основе данных Федеральной службы государственной статистики (кроме показателей, характеризующих центроид модели) по городу федерального значения Санкт-Петербург.

Следует отметить, что по результатам формирования системы регрессионных уравнений наибольшее качество достигалось при использовании в качестве центроида (эндогенной переменной) разрыва уровня позитивной тональности информационной среды, вследствие чего далее представлен анализ исключительно этой переменной.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В первую очередь рассмотрим воздействие *природных факторов* на разрыв уровня позитивной тональности информационной среды региональной социально-экономической системы. По результатам проведенного анализа получено следующее уравнение регрессии:

$$D_i^{pos} = -0,037 + 0,0004 \times N_{1i} + (1,3 - 0,6) \times N_{3i} \quad (1)$$

Приведенное уравнение определяет прямой характер воздействия показателей «объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта» и «инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (охрана и рациональное использование водных ресурсов)» на разрыв уровня позитивной тональности информационной среды региональной социально-экономической системы. В отношении первого фактора формально-логическая связь наблюдается, в то время как характер воздействия второго фактора является противоречивым. Данное воздействие можно обосновать потенциальным лагом в отдаче воздействия на специфику использования водных ресурсов. Следовательно, первичным с точки зрения управления выступает именно показатель «объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта».

Далее рассмотрим воздействие *производственных факторов* на разрыв уровня позитивной тональности информационной среды региональной социально-экономической системы. По результатам анализа получено следующее уравнение регрессии:

$$D_i^{pos} = 2,269 - 0,021 \times P_{2i} \quad (2)$$

Приведенное уравнение отражает обратное воздействие изменения показателя «ВРП на душу населения» на разрыв уровня позитивной тональности информационной среды региональной социально-экономической системы, что в свою очередь формально-логически обосновано. При этом коэффициент эластичности данного показателя составил -16,6%, что указывает на крайне сильное влияние производственной специфики на изменение разрыва уровня позитивной тональности. Таким образом, именно данный показатель выступает первичным с точки зрения управления развитием региональной социально-экономической системы.

Далее рассмотрим воздействие *инфраструктурных факторов* на разрыв уровня позитивной тональности информационной среды региональной социально-экономической системы. По результатам анализа получено следующее уравнение регрессии:

$$D_i^{pos} = 0,589 - 0,00013 \times I_{3i} \quad (3)$$

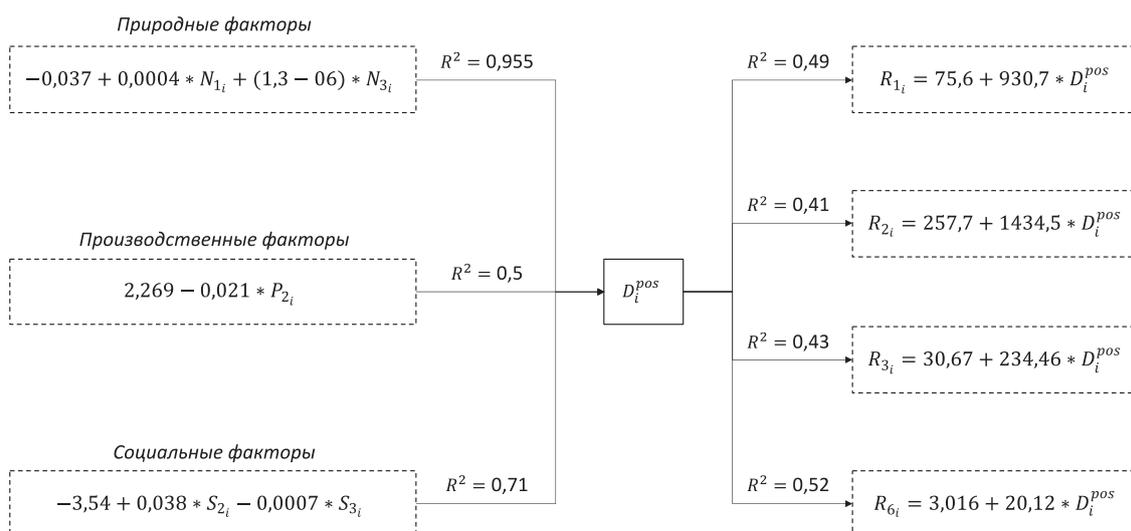
R-уровень значимости остаточного регрессора соответствует установленному критерию. Значимость F-критерия Фишера составляет 0,14, что указывает на недостаточную значимость полученного уравнения регрессии. Данный факт определяет необходимость исключения данной модели из сформированного ранее концептуального уравнения. Однако, коэффициент детерминации данного уравнения составляет всего 0,32, что указывает на относительно вторичный характер показателя  $I_3$  «протяженность автомобильных дорог общего пользования». Более того, характер связи является обратным, что не является логически трактуемым. Таким образом, можно установить, что инфраструктурные факторы не оказывают значимого влияния на разрыв уровня позитивной тональности информационной среды региональной социально-экономической системы. Данный факт может быть обусловлен крайней дифференциацией инфраструктурных условий регионов.

В завершении необходимо рассмотреть воздействие *социальных факторов* на разрыв уровня позитивной тональности информационной среды региональной социально-экономической системы. По результатам анализа получено следующее уравнение регрессии:

$$D_i^{pos} = -3,54 + 0,038 \times S_{2i} - 0,0007 \times S_{3i} \quad (4)$$

Приведенное уравнение регрессии отражает обратное воздействие изменения показателя «реальная начисленная заработной платы в процентах к соответствующему периоду предыдущего года» ( $S_2$ ) на разрыв уровня позитивной тональности информационной среды региональной социально-экономической системы, что в свою очередь формально-логически обосновано. Однако, воздействие изменения показателя «доля учреждений здравоохранения, использующих сеть Интернет, в общем числе учреждений здравоохранения» является прямым, что определяет необходимость его исключения из дальнейшего анализа. Следовательно, определяющим в данном случае является показатель  $S_3$ .

Таким образом, по результатам регрессионного анализа могут быть полностью исключены инфраструктурные факторы, а также часть природных, производственных и социальных.



Математически подтвержденная концептуальная модель управления развитием региональных социально-экономических систем

По аналогии с регрессионным анализом входных показателей концептуальной модели, проведен анализ результирующих ее показателей и влияния на такие показатели центроида модели (разрыва уровня позитивной тональности информационной среды региональной социально-экономической системы). Получены результаты, которые позволили сделать следующие выводы. Управление информационной средой региональной социально-экономической системы:

1) целесообразно, когда речь идет о показателе  $R_6$  «число умерших по основным классам и отдельным причинам смерти в расчете на 100000 (случаи отравления алкоголем)»;

2) целесообразно исключительно в комплексе с иными, более эффективными инструментами в отношении показателей:  $R_1$  «количество преступлений, зарегистрированных в отчетном периоде по ст. 105 УК РФ (убийство)»;  $R_2$  «количество преступлений, зарегистрированных в отчетном периоде по ст. 111 УК РФ (умышленное причинение вреда здоровью)»;  $R_3$  «количество преступлений, зарегистрированных в отчетном периоде по ст. 131 УК РФ (изнасилование)»;

3) нецелесообразно в контексте показателей  $R_4$  «количество преступлений, зарегистрированных в отчетном периоде по ст. 213 УК РФ (хулиганство)»;  $R_5$  «число умерших по основным классам

и отдельным причинам смерти в расчете на 100000 (самоубийство)»;  $R_7$  «общая численность безработных в соответствии с методологией МОТ».

Проведенный регрессионный анализ позволяет сформировать математически подтвержденную концептуальную модель управления развитием региональных социально-экономических систем (рисунок).

### Заключение

Результаты исследования показали, что определяющую роль в управлении информационной средой региона играют такие факторы, как объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, ВРП на душу населения и реальная начисленная заработная плата в процентах к соответствующему периоду предыдущего года. Данная специфика определяет первичность экономических факторов в формировании тонального разрыва в рамках информационной среды региона. Следовательно, первичным медиатором развития региональной социально-экономической системы выступает именно экономика.

Таким образом, прямое воздействие на повышение благосостояния населения позволит значительно снизить негативные результирующие показатели, связанные со смертностью, конверсия чего может быть эффективно управляема за счет непрерывного мониторинга тонального разрыва в информационной среде.

*Библиографический список*

1. Вылкова Е.С., Викторова Н.Г., Наумов В.Н., Покровская Н.В. Кластерный анализ регионов РФ для выявления территорий-драйверов устойчивого развития: налоговая компонента // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2021. № 53. С. 138-157.
2. Конов Р.В. Формирование модели управления занятостью трудовых ресурсов региона // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2007. № 1. С. 33-38.
3. Кудрявцева Т.Ю., Схведиани А.Е. Анализ взаимосвязи между кластерной специализацией и валовым региональным продуктом // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 5.
4. Мельничук М.В. Дифференциация социально-экономического развития регионов России // Экономические науки. 2008. № 43. С. 310-317.
5. Парушина Н.В. Анализ текущего состояния сферы высшего образования на национальном и региональном уровне // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2017. № 5. С. 201-209.
6. Растворцева С.Н. Экономическая активность регионов России // Экономические и социальные перемены факты, тенденции, прогноз. 2018. Т. 11. № 1.
7. Родионов Д.Г., Карпенко П.А., Конников Е.А. Концептуальная модель управления развитием региональных социально-экономических систем // Экономические науки. 2021. № 197. С. 163-170.
8. Родионов Д.Г., Кудрявцева Т.Ю., Схведиани А.Е. Программа для эконометрического анализа и моделирования региональной отраслевой специализации. 2019.
9. Родионов Д.Г., Кичигин О.Э., Селентьева Т.Н. Особенности оценки конкурентоспособности инновационного регионального кластера: институциональный подход // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2019. Т. 12. № 1. С. 43-58.
10. Спешилова Н.В., Ларина Т.Н. Статистическое исследование социальной дифференциации регионов России на основе моделей конвергенции // Региональная экономика: теория и практика. 2010. № 44. С. 18-23.
11. Толмачев М.Н. Дифференциация регионов по уровню экономического развития // Вестник Института дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством). Экономические науки. 2011. № 1 (17). С. 28-35.
12. Фрумкин Д. Методологические подходы к изучению социально-экономической дифференциации регионов // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2008. № 3. С. 206-211.
13. Харламов А.В., Харламова Т.Л. Трансформация российской хозяйственной системы: теоретические и практические аспекты // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2019. Т. 9. №. 4. С. 8-16.
14. Харламов А.В., Фокин М.А. Анализ государственного регулирования хозяйственной системы России // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: Экономические, гуманитарные и общественные науки. 2020. №. 4. С. 14-17.
15. Харламова Т.Л. Инновационная система образования и развитие человеческого капитала // Российский экономический интернет-журнал. 2019. №. 1. С. 74-74.