

## Измерение информационного общества

# СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКОГО ПРИГРАНИЧЬЯ

Статья рекомендована к публикации членом редакционного совета Б. Б. Славиным 03.05.2024.

### Кузавко Антон Сергеевич

Кандидат экономических наук, доцент  
Смоленский государственный университет, кафедра экономики, доцент  
Смоленск, Российская Федерация  
akuzavko@gmail.com

### Аннотация

Социально-экономическое развитие региона сложный, комплексный процесс, который зависит от значительного числа факторов. Несмотря на наблюдаемые разрывы многих глобальных цепочек создания стоимости, между Россией и Республикой Беларусь сохраняются достаточно активные производственно-хозяйственные отношения, которые оказывают непосредственное влияние на приграничные территории. В целях повышения результативности выполнения стратегических планов социально-экономического развития двух стран необходимо проводить оценку взаимодействия регионов российско-белорусского приграничья. Для решения данной задачи в статье предлагается интеллектуальная система комплексного анализа и прогнозирования динамики изменений показателей социально-экономического развития российско-белорусского приграничья, позволяющая выявлять потенциальные регионы синергетического роста и взаимовлияния отдельных факторов развития территорий друг на друга. В основе работы системы была положена процедура нейросетевого прогнозирования изменений значений ключевых факторов развития регионов с учетом особенностей отдельных групп факторов социально-экономического развития регионов с точки зрения характеристик необходимых для их выполнения ресурсов и типа информационно-аналитического представления в открытых источниках информации. Реализована возможность обработки прогнозных значений при помощи набора нечетких логических правил для повышения точности прогноза. Особенностью разработанной системы является возможность прогнозирования набора показателей на основе сезонных моделей, идентификация их критических значений, учет качественных параметров и их взаимовлияния.

### Ключевые слова

инструменты моделирования и прогнозирования основных показателей функционирования территорий; социально-экономическое развитие; оценка потенциала взаимодействия; прогнозирование динамики; сезонность; российско-белорусское приграничье

### Введение

В процессе изучения развития регионов и отдельных производственно-хозяйственных систем, локализованных на их территории, выделяется достаточно большое число факторов, оказывающих прямое и опосредованное влияние как на изменения отдельных частных показателей, так и на развитие территории в целом. Причем многие из данных показателей могут описывать изменения качественных характеристик, взаимодополнять или нивелировать влияние друг друга, что существенно затрудняет возможности их анализа и прогнозирования [1; 2]. Среди описанных факторов удаленность или близость территории к государственной границе не всегда в достаточной степени учитывается в известных практических инструментах [3; 4; 5].

---

© Кузавко А. С., 2024

Производство и хостинг журнала «Информационное общество» осуществляется Институтом развития информационного общества.

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «Атрибуция — Некоммерческое использование — На тех же условиях» Всемирная 4.0 (Creative Commons Attribution – NonCommercial - ShareAlike 4.0 International; CC BY-NC-SA 4.0). См. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.ru>  
[https://doi.org/10.52605/16059921\\_2024\\_06\\_137](https://doi.org/10.52605/16059921_2024_06_137)

Вместе с тем приграничное положение оказывало и продолжает играть существенную роль в результативности отдельных региональных производственно-экономических субъектов и территории их локализации в целом. Так, с одной стороны, оно предоставляет резидентам дополнительные возможности для реализации бизнес-идей в рамках международной торговли и кооперации, а с другой, – может значительно изменять бизнес-среду в сравнении с остальными регионами государства, усиливая конкуренцию и формируя дополнительные риски для предпринимателей [6]. Сильная дифференциация влияния интеграционных процессов на развитие приграничных регионов [7] определяет потребность в дополнительном изучении, оценке и учете воздействия данного фактора на региональные показатели и функционирование производственно-хозяйственных субъектов, расположенных на их территории.

Особое место среди таких регионов занимают российско-белорусское приграничье, как в связи с историческими, социокультурными особенностями становления государств, их геополитическим расположением между двух столичными регионами, так и сохранившимся, в том числе в настоящее время, достаточно интенсивным производственно-хозяйственным взаимодействием и тенденцией формирования Союзного государства. Исследование описанных аспектов приграничных российско-белорусских регионов, оценка их взаимовлияния и трансформации, в том числе в стратегическом аспекте, посредством использования практических инструментов моделирования и анализа больших объемов данных позволит формировать более точный прогноз их социально-экономического развития, идентифицировать влияние отдельных параметров друг на друга и на систему в целом и, тем самым, рационально распределять ограниченные бюджетные ресурсы в рамках программ мероприятий по их развитию.

Для решения данной задачи в статье предлагается интеллектуальная система комплексного анализа и прогнозирования динамики изменений показателей социально-экономического развития российско-белорусского приграничья, позволяющая выявлять потенциальные точки синергетического роста и взаимовлияния отдельных факторов развития территорий друг на друга. Особенностью разработанной системы является возможность прогнозирования набора показателей на основе сезонных моделей, идентификация их критических значений, учет качественных параметров и их взаимовлияния. Также в ней реализованы возможности анализа гипотез по отложенному влиянию отдельных частных показателей друг на друга и на развитие региона в целом с последующей оценкой его силы.

С учетом указанных функциональных задач, стоящих перед интеллектуальной системой, процесс анализа состояния, оценки и формирования прогнозных значений изменений развития регионов белорусско-российского приграничья был реализован следующим образом:

- выявление и структуризация основных групп региональных показателей, их последующее представление в формате csv;
- учет особенностей отдельных групп факторов социально-экономического развития регионов с точки зрения характеристик необходимых для их выполнения ресурсов и типа информационно-аналитического представления в открытых источниках информации;
- уточнение ключевых факторов социально-экономического развития приграничных регионов и построение целевых векторов;
- обучение нейросетевых моделей прогнозирования изменений значений ключевых факторов с учетом сезонной компоненты;
- обработка прогнозных значений при помощи набора нечетких логических правил для повышения точности прогноза;
- вывод текущих и прогнозных значений ключевых показателей социально-экономического развития регионов российско-белорусского приграничья для последующего анализа взаимовлияния, его оценки, сравнения и идентификации ключевых закономерностей.

Как можно видеть из описанных этапов, предложенный подход позволяет сформировать достаточно точный прогноз за счет предпрогнозной аналитической обработки данных и применения ряда специфичных моделей: сезонных, достаточно точных на малых выборках, со средневзвешенной оценкой всех показателей в интегральном факторе.

## **1 Анализ и оценка показателей социально-экономического регионального развития в аспекте их приграничного положения**

В историческом прошлом определение возможностей и направлений развития территорий как точек экономического роста обуславливалось прежде всего наличием и состоянием транспортных путей, ключевых ресурсов. Существенными внутренними факторами, определяющими потенциал роста региона, традиционно представлялись ресурсная обеспеченность, соответствующие выгоды экономико-географического положения, а также уровень развития институциональной среды. Благоприятное сочетание описанных внутренних и внешних факторов давало возможность территориям не только расти и развиваться, но и быть крупными геополитическими центрами, определяющими принятие решений за пределами своей непосредственной локализации. Сейчас количество таких факторов, число охватываемых ими характеристик, скорость и непредсказуемость направлений их изменений в совокупности с качественным форматом многих из них, их взаимовлиянием и острой потребностью минимизации времени на принятие решений по управлению заставляют искать новые подходы к оценке и прогнозированию.

Кроме того, усиление роли региона при принятии решений по развитию территории обусловило потребность в разработке на его уровне практических инструментов анализа, оценки и учета состояния отдельных факторов социально-экономического развития, потенциала изменений, возможностей роста и риска реализации угроз.

Большая протяженность границ Российской Федерации и формируемый ею значительный уникальный экономический, культурный и промышленный потенциал часто не находят отражение и остаются не раскрытым в программах развития приграничных территорий. В тоже время тенденции специализации отдельных регионов, тесные исторические и геополитические связи российско-белорусских территорий продолжают снижать барьерную функцию границ в данной сфере, что активно влияет на все производственно-хозяйственные и социально-экономические отношения приграничья. Развитие данных регионов в сложившихся условиях на основе воздействия на его ключевые факторы может стать в стратегической перспективе основой активизации межрегионального взаимодействия бизнес-субъектов этих территорий стран с целью расширения рынков сбыта, привлечения ряда инвестиций и совместного использования их ресурсов.

Можно отметить, что российско-белорусские приграничные территории равноудалены от административных центров данных стран, что оказывает существенное влияние на развитие как их самих, так и субъектов производственно-хозяйственной деятельности, расположенных на их территории. Представляется перспективной идентификация и последующая оценка положительных и отрицательных эффектов реализации данного аспекта на выделенных ключевых показателях развития регионов с учетом временного лага.

С учетом потенциала развития приграничных регионов России и Республики Беларусь, а также в целях сопоставимости, отслеживания динамики ключевых тенденций влияния приграничного положения, обеспечения возможности обучения элементов системы целесообразным представляется акцент на следующих группах социально-экономических показателей из федеральных баз статистического наблюдения двух стран: производственные возможности и результаты (валовой региональный продукт, стоимость и степень износа основных фондов, динамика промышленного производства и т.д.), потребительский профиль, его структура и качественный состав, (среднегодовая численность населения, потребительские расходы, соотношения по полу и возрасту, уровню образования, туризм и т.д.), трудовые ресурсы (среднедушевые денежные доходы, номинальная среднемесячная заработная плата работников, трудовая миграция и т.д.), научно-технологический потенциал (число заявок на регистрацию изобретений, количество патентов и т.д.), транспортно-логистические возможности (грузооборот, наличие складских помещений, их площадь и т.д.), возможности информационно-коммуникационного обеспечения (использование организациями, физическими лицами компьютерных сетей, Интернета, информационная грамотность и т.д.). Данный перечень показателей может задаваться пользователем системы исходя из конкретной задачи оценки и прогнозирования развития региона или гипотезы о его влиянии на них.

В контексте указанного можно сказать, что показатели, представленные в таблице 1, характеризуют явную зависимость географического расположения регионов – как можно заметить, лидирующие позиции столичных городов превышают показатели областей в 2-3 раза.

Представленный ВРП продукта отражает конечные результаты деятельности отдельных регионов, что в перспективе дает возможность рассматривать его с точки зрения воспроизводства товаров и услуг, а вследствие – зависимость в социально-экономическом развитии на основе инвестиций в основной / человеческий капитал, а также результатов НИОКР. Составляющие данного показателя также позволяют выявить сравнительную эффективность развития в различных регионах за счет прямой зависимости от показателей, отраженных в таблице 1 – указанное обуславливает эффективность использования таких показателей при оценке Российско-Белорусского пограничья.

Таблица 1. Показатели Российско-Белорусского пограничья за 2022 год

| Локация \ Показатель                                  | Минск    | Москва   | Витебская область | Смоленская область |
|---|----------|----------|-------------------|--------------------|
| Численность населения на конец года                   | 1995,5   | 12635,5  | 1091,9            | 909,8              |
| Среднегодовая численность населения                   | 1044,7   | 8576,0   | 466,2             | 411,6              |
| Средний доход на душу населения (РФ руб.)             | 43432,91 | 88831,0  | 24729,64          | 30731,0            |
| Среднемесячная номинальная заработная плата (РФ руб.) | 63702,17 | 112768,0 | 38649,02          | 36529,0            |
| Валовый региональный продукт (РФ млрд руб.)           | 1686,54  | 19857,0  | 476,47            | 358,0              |
| Инвестиции в основной капитал (РФ млрд руб.)          | 161,81   | 4839,9   | 71,7              | 70,3               |

Вследствие указанного, прогнозирование указанных показателей целесообразно производить на основе статистических моделей, направленных на получение данных при прерывистом наборе данных с поддержкой пиковых значений и множественной сезонностью. Такой подход позволяет оптимизировать результат работы системы при работе с представленными экономическими показателями.

## 2 Подготовка, структуризация данных и разработка модуля прогнозирования изменений показателей

В общем виде структуру предлагаемой интеллектуальной системы оценки потенциалов социально-экономического развития регионов российско-белорусского приграничья можно представить в виде схемы на рис. 1.

Входной набор показателей, выбранный пользователем исходя из конкретной задачи или гипотезы в интерфейсе программы, подгружается автоматических из федеральных баз статистического наблюдения двух стран. Также реализована возможность добавления данных об изменении единичных показателей или группы в ручном режиме.

Для учета особенностей отдельных групп факторов социально-экономического развития регионов с точки зрения характеристик необходимых для их выполнения ресурсов и типа информационно-аналитического представления в открытых источниках информации проводится двухэтапная процедура многокритериального анализа. Затем полученный набор разбивается на тестовую и обучающую выборки, осуществляется их параллельное прогнозирование с использованием нескольких моделей в зависимости от типа показателя, сравнение с тестовой выборкой и определение оптимального типа модели. В результате обработки прогнозных значений показателей формируются и выводятся для пользователя рекомендации по каждому из прогнозов факторов в нескольких сценариях. Предполагается, что каждый показатель имеет ограничения по максимальному (max) / минимальному (min) уровню и три прогнозных сценария изменений (реалистичный, пессимистичный, оптимистичный (average, poor, good)).

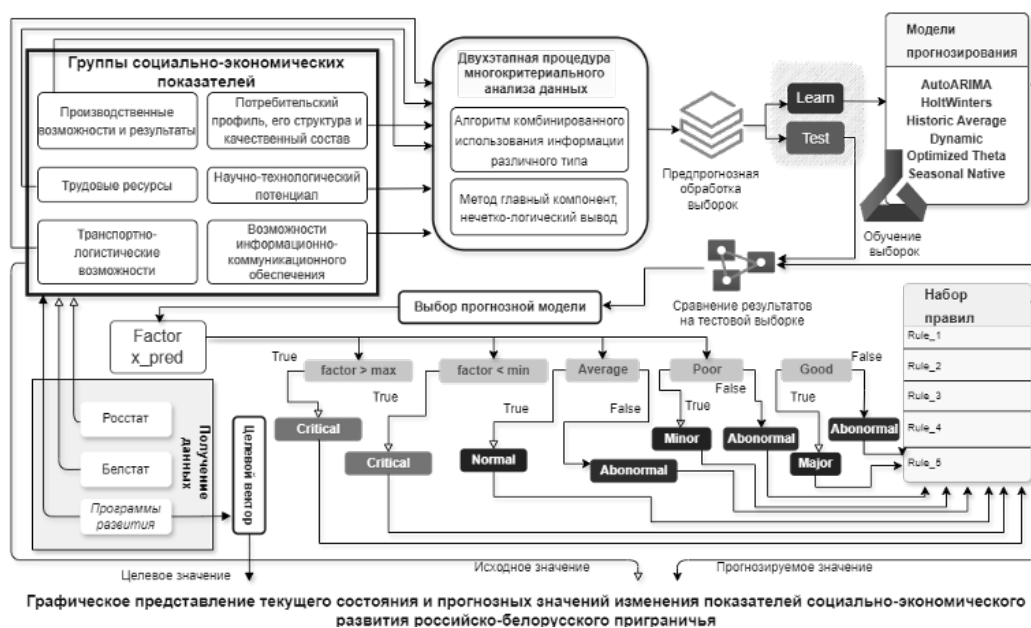


Рис. 1. Структура взаимодействия основных программных модулей системы

Первичным является модуль получения набора данных, описывающих текущие значения показателей социально-экономического развития регионов. Для реализации данного процесса была использована библиотека pandas [8]. Исходный набор значений представляется в формате csv как видно на рис. 2, сформированный на показателях ресурсов Росстат и Белстат за годовой период из отчетов, доступных на официальных сайтах [9; 10].

```
import pandas as pd

data = '_dataset.csv'
df = pd.read_csv(data, delimiter=',', index_col=False, skiprows=0, nrows=10)
df
```

| Unnamed: 0 | Date                | Retail trade turnover | The volume of paid services | Gross regional product | Population density | Urbanization level | Migration movement | Population age |
|------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| 0          | 18-07-2020<br>12:18 | 0.421                 | 0.51242                     | 0.62525                | 0.3321             | 0.841412           | 0.314657           | 0.7421         |
| 1          | 19-07-2020<br>12:21 | 0.421                 | 0.51242                     | 0.66124                | 0.3321             | 0.841412           | 0.314657           | 0.7421         |
| 2          | 20-07-2020<br>12:22 | 0.421                 | 0.51242                     | 0.66124                | 0.3321             | 0.841412           | 0.314657           | 0.7421         |
| 3          | 21-07-2020<br>12:22 | 0.422                 | 0.51242                     | 0.66124                | 0.3321             | 0.841412           | 0.314658           | 0.7421         |
| 4          | 22-07-2020<br>12:26 | 0.422                 | 0.51242                     | 0.66124                | 0.3321             | 0.841412           | 0.314658           | 0.7421         |
| 5          | 23-07-2020<br>12:26 | 0.423                 | 0.51242                     | 0.66124                | 0.3321             | 0.841414           | 0.314658           | 0.7421         |
| 6          | 24-07-2020<br>12:27 | 0.423                 | 0.51242                     | 0.66124                | 0.3321             | 0.841414           | 0.314658           | 0.7421         |
| 7          | 25-07-2020<br>12:27 | 0.431                 | 0.51242                     | 0.66124                | 0.3321             | 0.841414           | 0.314658           | 0.7421         |

Рис. 2. Пример загруженных данных в формате csv

Для предпрогнозной подготовки полученных множеств данных предполагается использование дополнительных функций библиотеки pandas: `drop_duplicates` (удаление дубликатов) и `reset_index` (сброс индекса). Такой набор функций позволяет адаптировать входную выборку для библиотеки statsforecast [11].

С учетом разнородности анализируемых показателей и высокой степени неопределенности изменений современных условий внешней и внутренней среды регионов российско-белорусского

приграничья предполагается проведение двухэтапной процедуры многокритериального анализа. В рамках первого этапа анализа были применены алгоритмы комбинированного использования статистической, текстовой, графической и экспертной информации. Можно выделить следующие соответствия типов информации и предложенных групп показателей (таблица 2).

Таблица 2. Соответствия типов информации по выделяемым группам

| Группы показателей \ Тип информации                          | Текстовая | Статистическая | Графическая | Экспертная |
|--|-----------|----------------|-------------|------------|
| Производственные возможности и результаты                    |           | +              |             | +          |
| Потребительский профиль, его структура и качественный состав |           | +              |             | +          |
| Трудовые ресурсы   | +         | +              |             | +          |
| Научно-технологический потенциал                             | +         | +              |             | +          |
| Транспортно-логистические возможности                        |           | +              | +           |            |
| Возможности информационно-коммуникационного обеспечения      | +         | +              | +           |            |

На втором этапе используется метод главных компонент (principal component analysis, PCA) для выделения групп факторов как обеспечивающий наибольшую информативность при минимальных искажениях информации, а также процедуры нечетко-логические вывода для различных типов данных по каждому из них. Кроме того, для повышения точности прогноза и учета специфики групп социально-экономических показателей в состав разработанной интеллектуальной системы были интегрированы несколько типов моделей прогнозирования. Включение в работу системы описанных дополнительных аналитических этапов позволяет учитывать влияние сезонных колебаний отдельных показателей и тем самым идентифицировать наиболее общие тенденции, закономерности изменений и взаимовлияний факторов.

Для прогнозирования значений показателей социально-экономического развития территорий в интеллектуальной системе были использованы следующие виды моделей (листинг 1): Auto ARIMA, Historic Average, Dynamic Optimized Theta, Seasonal Naive и Holt Winters. Модель Auto ARIMA была включена, так как позволяет получать данные на основе авторегрессионной интегрированной скользящей средней, реализующей подбор оптимальных значений параметров на основе входящего временного ряда. Historic Average дает возможность вычисления среднего значения из входной выборки для получения одношагового прогноза. Dynamic Optimized Theta является моделью комбинации экспоненциального сглаживания и линейного тренда для прогноза будущих значений. Ее особенностью является динамическое сглаживание, которое позволяет подобрать оптимальные параметры модели на основе генетического алгоритма. Seasonal Naive – учитывает сезонные изменения на основе данных за идентичный период. Модель Holt Winters была использована для показателей, имеющих по своей сути или виду новизны оценивания маленький объем значений обучающей выборки, так как она в таких случаях позволяет сохранять достаточную точность прогноза. В данном случае реализуется тройное экспоненциальное сглаживание, учитывающее изменение параметров оценки тренда, уровня временного ряда, сезонности. Описанный подход позволяет автоматизировать процесс подбора оптимальной модели и выбирать наилучшую по критериям точности и скорости обработки показателей – для каждого множества входных данных с учетом истории изменений.

Листинг 1. Прогнозирование данных с использованием статистических модели

```
# Создание класса
sf = StatsForecast(
    df=__data_predict_prepaired,
    models=models,
```

```
freq="D",
n_jobs=-1,
fallback_model=SeasonalNative(season_length=1),
)
```

```
forecasts_df = sf.forecast(h=96, level=[80])
```

В процессе первичного прогнозирования осуществляется последовательная загрузка с учетом сезонности для моделей Auto ARIMA, Seasonal Native, Dynamic Optimized Theta [12; 13]. В указанном примере также отражена частота изменений загружаемых данных, в данном случае – периодичности входного массива. Набор данных в примере представляется ежегодно, поэтому частота составила 365.25 (1) [14]. Также в листинге показана возможность выбора периода прогнозирования через функцию `forecast` с определенным параметром количества шагов (в месяцах), и способ задания порога вероятностного прогнозирования (`level`), определяющего процент нахождения прогнозируемого значения в указанных пределах.

В рамках реализованного в интеллектуальной системе процесса кросс-валидации на основе расчета среднеквадратичной ошибки [15; 16] определяется качество прогноза по заданной модели. Первичными задаваемыми параметрами для функции являются: входной набор данных (`df`), прогнозируемые шаги (`h`), размерность шага между каждой итерацией обучения (`step_size`), а также количество параллельных процессов для обработки (`n_windows`). Следующим этапом является выбор прогноза из загруженных моделей на основе импорта библиотеки `StatsForecast`. Для реализации данного процесса была использована выделенная функция `selective_model`, позволяющая отобрать по заданным критериям и идентифицировать в библиотеке `pandas` оптимальный вариант модели [17].

Таким образом, в разработанной интеллектуальной системе реализовано прогнозирование изменений значений каждого фактора через определенный заданный промежуток времени и их удобное графическое визуальное представление.

Вывод пользователю комментариев по каждому из прогнозных значений изменений факторов в нескольких сценариях реализован посредством сравнения выходных данных прогнозируемых выборок с целевыми значениями при помощи библиотеки `python-skfuzzy`. Для последующей обработки, в связи с тем, что данные представлены в различных шкалах предложено использовать систему нечетких продукционных правил (рис. 3). Процесс реализации описанного сравнения учитывает ограничения для каждого показателя.

```

1 r_1 = ctrl.Rule(population_size_pred['good'] | av_annual_population_pred['good'] | av_per_capita_income_pred['good'] | consumer_spending_pred['good'] |
  nominal_av_month_salary_pred['good'] | gross_regional_product_pred['good'], stats['critical'])
2 r_2 = ctrl.Rule(population_size_pred['poor'] | av_annual_population_pred['poor'] | av_per_capita_income_pred['poor'] | consumer_spending_pred['poor'] |
  nominal_av_month_salary_pred['poor'] | gross_regional_product_pred['poor'], stats['critical'])
3 r_3 = ctrl.Rule(population_size['average'] and population_size_pred['average'], stats['normal'] | av_annual_population['average'] and
  av_annual_population_pred['average'], stats['normal'] | av_per_capita_income['average'] and av_per_capita_income_pred['average'], stats['normal'] |
  consumer_spending['average'] and consumer_spending_pred['average'], stats['normal'] | nominal_av_month_salary['average'] and
  nominal_av_month_salary_pred['average'], stats['normal'] | gross_regional_product['average'] and gross_regional_product_pred['average'], stats['normal']
  | stats['abnormal'])
4 r_4 = ctrl.Rule(population_size['poor'] and population_size_pred['poor'], stats['minor'] | av_annual_population['poor'] and av_annual_population_pred[
  'poor'], stats['minor'] | av_per_capita_income['poor'] and av_per_capita_income_pred['poor'], stats['minor'] | consumer_spending['poor'] and
  consumer_spending_pred['poor'], stats['minor'] | nominal_av_month_salary['poor'] and nominal_av_month_salary_pred['poor'], stats['minor'] |
  gross_regional_product['poor'] and gross_regional_product_pred['poor'], stats['minor'] | stats['abnormal'])
5 r_5 = ctrl.Rule(population_size['good'] and population_size_pred['good'], stats['major'] | av_annual_population['good'] and av_annual_population_pred[
  'good'], stats['major'] | av_per_capita_income['good'] and av_per_capita_income_pred['good'], stats['major'] | consumer_spending['good'] and
  consumer_spending_pred['good'], stats['major'] | nominal_av_month_salary['good'] and nominal_av_month_salary_pred['good'], stats['major'] |
  gross_regional_product['good'] and gross_regional_product_pred['good'], stats['major'] | stats['abnormal'])

```

Рис. 3. Набор правил для системы поддержки принятия решений

Представленный набор описывает 2 правила для определения границ критических значений, и 3 комбинированных правила для определения состояний как отклонений от целевых ориентиров «значительное», «незначительное», «в пределах погрешности». В остальных случаях для каждого

набора выводится сообщение о состоянии «аномальный» – с целью уведомления пользователя о некорректной обработке значений.

### 3 Функциональное тестирование разработанной системы

Было проведено тестирование корректности работы ключевых алгоритмов разработанной системы, которое показало, что для прогнозирования изменений значений показателей социально-экономического развития регионов выбирается оптимальная модель, учитывающая их особенности. Разработанный веб-интерфейс взаимодействия с пользователем в полной мере реализует визуальное представление дифференциации территорий в зависимости от выбранного параметра и временных рамок прогноза для их последующего анализа и оценки влияния. Пользователю предлагается возможность задания как основных параметров / моделей, используемых при прогнозировании, так и загрузки ретроспективных данных об изменениях показателей вручную в формате csv файла. Автоматизированный режим выбора модели позволяет выбрать оптимальную модель на основе совпадений с обучаемым набором данных. Результат работы интеллектуальной системы позволяет выводить как текущие, так и прогнозируемые региональные социально-экономические показатели с периодичностью от одного года до пяти лет (рис. 4).

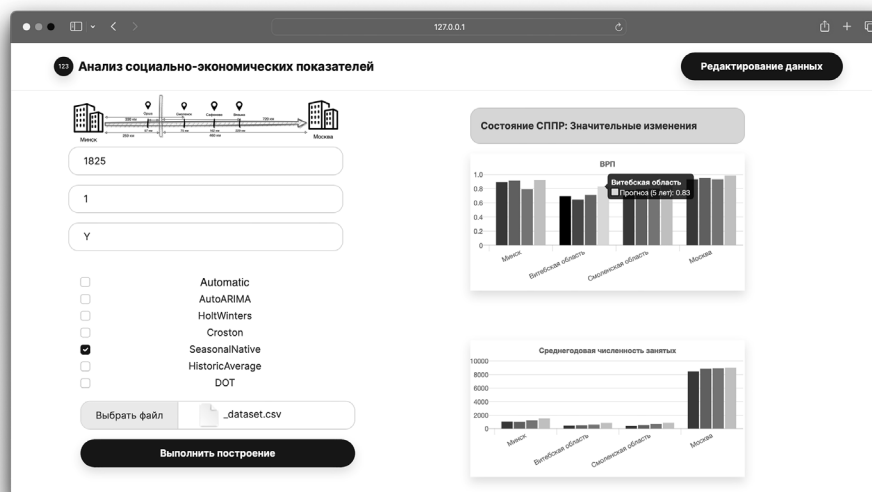


Рис. 4. Веб-панель вывода прогноза

Неоднозначной составляющей является проведенное экстремальное тестирование моделей, которое позволило в удобном формате вывести прогнозирование отдельных показателей. Рисунок 5 демонстрирует прогнозирование валового регионального продукта (ВРП) с использованием двух моделей, одна из которых показала наиболее точный результат, что свидетельствует о корректной работоспособности программного модуля.



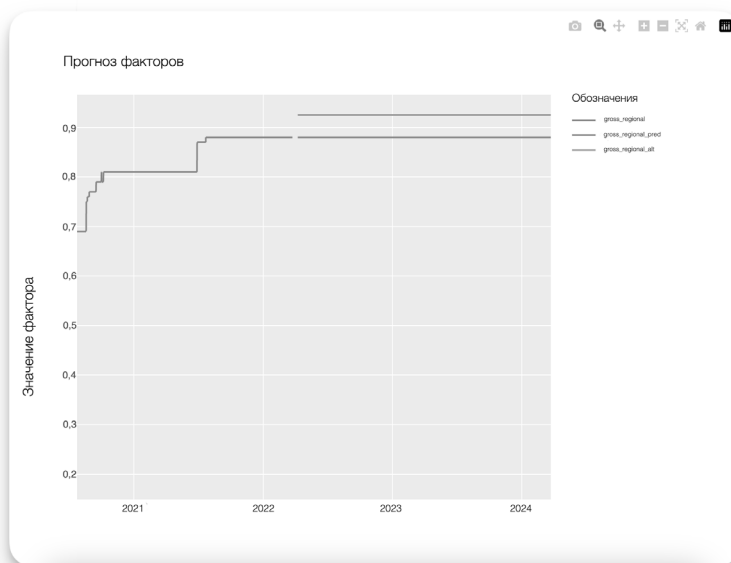


Рис. 5. Тестирование процесса прогнозирования показателей

## Заключение

Рассматривая существующие инструменты исследования российско-белорусского взаимодействия, можно отметить, что влияние приграничного положения на показатели развития территории пока не нашли достаточно полного отображения. Это в том числе связано с тем, что социально-экономическое развитие региона сложный и комплексный процесс, который зависит от значительного числа факторов, представленных в различных форматах. Для интерпретации дифференциации регионов стран приграничья, оценки влияния групп факторов на их развитие в связи с комплексностью и сложностью объекта исследования требуется разработка практических информационно-аналитических инструментов, один из которых описан в данной статье.

Полученная в результате работы разработанной интеллектуальной системы информация может быть полезной для анализа и оценки влияния отдельных факторов развития территорий на эффективность взаимодействия содружественных стран, функционирования производственно-хозяйственных субъектов на их территории. Идентификация факторов и их последующее сопоставление с учетом удаленности положения территорий от границы и прогнозных изменений позволят наглядно представить, сравнить и оценить степень дифференциации внутриотраслевого перераспределения ресурсов отдельных организаций, предприятий и регионов российско-белорусского приграничья для выявления как внутренних, так и внешних эффектов, потенциалов роста и текущих ограничений.

Важной особенностью системы является использование нескольких прогнозных моделей и пользовательского выбора с возможностью задания параметров конечным пользователем. Проведенное функциональное тестирование разработанной системы, в частности – модулей прогнозирования и веб-интерфейса позволили подтвердить корректность обработки входного набора данных. Для удобства взаимодействия с предлагаемой системой были использованы дополнительные библиотеки графического представления данных, что дает возможность работы с ней неподготовленному пользователю и тем самым позволяет минимизировать затраты на внедрение и обучение персонала.

## Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект No. 23-78-10163).

## Литература

1. Кириллова Е.А., Дли М.И., Масютин С.А., Халин В.Г. Учет степени влияния управляющих воздействий на показатели инновационного развития регионов // Научное обозрение: теория и практика. 2022. Т. 12. № 4 (92). С. 528-537.
2. Заенчковский А.Э., Кириллова Е.А., Уварова Н.А. Общая структура информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по управлению кластером // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 2 (104). С. 120-122.
3. Красных С.С. Оценка уровня цифровизации регионов России с позиции межрегионального взаимодействия // Журнал ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО. 2023. № 3. С. 120-128.
4. Котов А.В. Инвестиционный рост через межрегиональные взаимодействия // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2022. № 2 (572). С. 8-26.
5. Аверина Л. М., Никулина Н. Л., Наумов И. В. Теоретико-методологические подходы к исследованию межрегиональных взаимодействий в обеспечении экономической безопасности // Вестник университета. 2022. № 6. С. 90-97.
6. Кузавко А.С., Кириллова Е.А. Методика оценки инвестиционной привлекательности бизнес-среды регионов приграничья в условиях межгосударственной интеграции на основе ресурсного подхода // Научное обозрение: теория и практика. 2020. Т. 10. № 9 (77). С. 2158-2170.
7. Кузавко А.С. Приграничные регионы в условиях интеграции: теоретические оценки и практические результаты // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2023. № 2. С. 108-130.
8. Shanbhag S. and Chimalakonda S. An Exploratory Study on Energy Consumption of Dataframe Processing Libraries // 2023 IEEE/ACM 20th International Conference on Mining Software Repositories (MSR). 2023. P. 284-295. DOI: 10.1109/MSR59073.2023.00048.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели // ROSSTAT.GOV.RU: Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 01.04.2024).
10. Регионы Республики Беларусь // BELSTAT.GOV.BY: Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/) (дата обращения: 01.04.2024).
11. Rosch M. Learning Pandas 2.0: A Comprehensive Guide to Data Manipulation and Analysis for Data Scientists and Machine Learning Professionals. Victoria: GitforGits, 2023. – 175 p.
12. Дли М.И., Синявский Ю.В., Рысина Е.И., Василькова М.А. Метод классификации перемешивающих устройств с использованием глубоких нейронных сетей с расширенным рецептивным полем // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 5. С. 51-61. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-51-61.
13. Пучков А.Ю., Дли М.И., Тиндова М.Г. Метод решения обратной задачи кинематики на основе обучения с подкреплением при управлении роботами-манипуляторами // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 6. С. 120-133. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-6-120-133.
14. Zhu W., Wu Y., Sun Z., Shen W., Guo G., Lin J. A method of convolutional neural network based on frequency segmentation for monitoring the state of wind turbine blades // Theoretical and Applied Mechanics Letters. 2023. Vol. 13 (6). P. 100479. DOI: 10.1016/j.taml.2023.100479.
15. Todorov B., Muntasir AHM B. Machine learning driven seismic performance limit state identification for performance-based seismic design of bridge piers // Engineering Structures. 2022. Vol. 255. P. 113919. DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.113919.
16. Cichon B., Ritz C., Fabiansen C., Brix V.C., Filteau S., Friis H., Kæstel P. Assessment of Regression Models for Adjustment of Iron Status Biomarkers for Inflammation in Children with Moderate Acute Malnutrition in Burkina Faso // The Journal of Nutrition. 2017. Vol. 147 (1). P. 125-132. DOI: 10.3945/jn.116.240028.
17. Landup D. Data Visualization in Python with Pandas and Matplotlib. Chicago: Independently published, 2021. – 447 p.

# SYSTEM OF INTELLECTUAL ASSESSMENT OF SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT POTENTIALS OF RUSSIAN-BELARUSIAN BORDER AREA REGIONS

**Kuzavko, Anton Sergeevich**

*Candidate of economic sciences, associate professor  
Smolensk State University, department of economics, associate professor  
Smolensk, Russian Federation  
akuzavko@gmail.com*

## Abstract

*Socio-economic development of the region is a complex process that depends on a significant number of factors. Despite the observed rupture of many global value chains, Russia and the Republic of Belarus still have quite active industrial and economic relations, which have a direct impact on the border areas. In order to improve the performance of strategic plans of socio-economic development of the two countries, it is necessary to assess the interaction between the regions of the Russian-Belarusian borderland. To solve this problem, the article proposes an intellectual system of complex analysis and forecasting of the dynamics of changes in the indicators of socio-economic development of the Russian-Belarusian borderland, which allows to identify potential regions of synergetic growth and mutual influence of individual factors of territorial development on each other. The system is based on the procedure of neural network forecasting of changes in the values of key factors of regional development, taking into account the peculiarities of individual groups of factors of socio-economic development of regions in terms of the characteristics of the resources required for their implementation and the type of information and analytical representation in open sources of information. The possibility of forecast values processing with the help of a set of fuzzy logic rules to improve the accuracy of the forecast is realized. The peculiarity of the developed system is the possibility of forecasting a set of indicators based on seasonal models, identification of their critical values, consideration of qualitative parameters and their mutual influence.*

## Keywords

*tools for modeling and forecasting the main indicators of the functioning of territories; socio-economic development; assessment of interaction potential; data and dynamics forecasting; seasonality; Russian-Belarusian border area*

## References

1. Kirillova E.A., Dli M.I., Masyutin S.A., Halin V.G. Uchet stepeni vliyaniya upravlyayushchih vozdeystviy na pokazateli innovacionnogo razvitiya regionov // Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika. 2022. T. 12. № 4 (92). S. 528-537.
2. Zaenchkovskij A.E., Kirillova E.A., Uvarova N.A. Obshchaya struktura informacionno-analiticheskoy sistemy podderzhki prinyatiya reshenij po upravleniyu klasterom // Nauka i biznes: puti razvitiya. 2020. № 2 (104). S. 120-122.
3. Krasnyh S.S. Ocenka urovnya cifrovizacii regionov rossii s pozicii mezhregional'nogo vzaimodejstviya // Zhurnal INFORMACIONNOE OBSHchESTVO. 2023. № 3. S. 120-128.
4. Kotov A.V. Investicionnyj rost cherez mezhregional'nye vzaimodejstviya // Vserossijskij ekonomicheskij zhurnal EKO. 2022. № 2 (572). S. 8-26.
5. Averina L. M., Nikulina N. L., Naumov I. V. Teoretiko-metodologicheskie podhody k issledovaniyu mezhregional'nyh vzaimodejstvij v obespechenii ekonomicheskoy bezopasnosti // Vestnik universiteta. 2022. № 6. S. 90-97.
6. Kuzavko A.S., Kirillova E.A. Metodika ocenki investicionnoj privlekatel'nosti biznes-sredy regionov prigranich'ya v usloviyah mezhgosudarstvennoj integracii na osnove resursnogo podhoda // Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika. 2020. T. 10. № 9 (77). S. 2158-2170.
7. Kuzavko A.S. Prigranichnye regiony v usloviyah integracii: teoreticheskie ocenki i prakticheskie rezul'taty // Vestnik Instituta ekonomiki Rossijskoj akademii nauk. 2023. № 2. S. 108-130.
8. Shanbhag S. and Chimalakonda S. An Exploratory Study on Energy Consumption of Dataframe Processing Libraries // 2023 IEEE/ACM 20th International Conference on Mining Software Repositories (MSR). 2023. P. 284-295. DOI: 10.1109/MSR59073.2023.00048

9. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli // ROSSTAT.GOV.RU: Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (accessed: 01.04.2024).
10. Regiony Respubliki Belarus' // BELSTAT.GOV.BY: Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus'. URL: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/) (accessed: 01.04.2024).
11. Rosch M. Learning Pandas 2.0: A Comprehensive Guide to Data Manipulation and Analysis for Data Scientists and Machine Learning Professionals. Victoria: GitforGits, 2023. 175 p.
12. Dli M.I., Sinyavskij Yu.V., Rysina E.I., Vasil'kova M.A. Metod klassifikacii peremeshivayushchih ustrojstv s ispol'zovaniem glubokih neyronnyh setej s rasshirenym receptivnym polem // Prikladnaya informatika. 2022. T. 17. № 5. S. 51–61. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-51-61
13. Puchkov A.Yu., Dli M.I., Tindova M.G. Metod resheniya obratnoj zadachi kinematiki na osnove obucheniya s podkrepleniem pri upravlenii robotami-manipulyatorami // Prikladnaya informatika. 2023. T. 18. № 6. S. 120–133. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-6-120-133
14. Zhu W., Wu Y., Sun Z., Shen W., Guo G., Lin J. A method of convolutional neural network based on frequency segmentation for monitoring the state of wind turbine blades // Theoretical and Applied Mechanics Letters. 2023. Vol. 13 (6). P. 100479. DOI: 10.1016/j.taml.2023.100479
15. Todorov B., Muntasir AHM B. Machine learning driven seismic performance limit state identification for performance-based seismic design of bridge piers // Engineering Structures. 2022. Vol. 255. P. 113919. DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.113919
16. Cichon B., Ritz C., Fabiansen C., Brix V.C., Filteau S., Friis H., Kæstel P. Assessment of Regression Models for Adjustment of Iron Status Biomarkers for Inflammation in Children with Moderate Acute Malnutrition in Burkina Faso // The Journal of Nutrition. 2017. Vol. 147 (1). P. 125-132. DOI: 10.3945/jn.116.240028
17. Landup D. Data Visualization in Python with Pandas and Matplotlib. Chicago: Independently published, 2021. 447 p.