

Разработка прототипа программной платформы для моделирования и прогнозирования показателя функционирования сложных систем

Р. А. Жуков¹, Н. О. Козлова², С. А. Морозюк³, Н. А. Зимин⁴

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Тульский филиал)

¹pluszh@mail.ru, ²95kno@mail.ru, ³100dot26sl230166@edu.fa.ru, ⁴100dot26sl230034@edu.fa.ru

Аннотация. Решается задача построения прототипа программной платформы (системы) для моделирования и прогнозирования показателей сложных систем. Архитектура системы включает загрузку данных, моделирование и прогнозирование факторов, расчет показателей и визуализацию результатов. Реализация платформы осуществлена на Python. Программная платформа может выступать в качестве системы поддержки принятия решений для региональных органов управления.

Ключевые слова: программная платформа; моделирование; прогнозирование

I. ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях управление сложными системами, в частности регионами, без использования инструментальных средств оценки и анализа данных, методов моделирования и прогнозирования снижает свою эффективность. В этом аспекте создание программных платформ, способных решать прикладные задачи и обладающих относительно небольшой стоимостью, представляется актуальным.

Исследователи применяют ряд инструментальных средств для моделирования и прогнозирования функционирования сложных систем, которые имеют разный набор инструментов и средств обработки и анализа данных, отличающихся сложностью алгоритмов и используемых моделей для разработки, начиная от офисного программного обеспечения (например, Excel) и заканчивая системами интеллектуального анализа данных [1], основанных на байесовских интеллектуальных технологиях [2–4], и платформами моделирования на суперкомпьютерах со встроенными моделями [5]. Используются ряд программных сред с возможностью разработки на них собственных моделей, например MathCAD, MathLab, Longinom, SPSS, GPSS, AnyLogic, последняя из которых была использована для моделирования демографических процессов [6]. Разрабатываются прикладные средства моделирования с использованием различных языков программирования, таких как Delphi, C++, Python и другие.

Кроме того разрабатывается ряд специализированных программных платформ, в том числе для моделирования и прогнозирования сложных систем, например «ПРОФЭР», основанная на моделях в виде

производственных функций [7]; программный комплекс «Регион» (моделирование социо-эколого-экономических систем) [8]; программные комплексы ЦЭМИ РАН (эконометрическое и агент-ориентированное моделирование) [9]; система моделирования и оптимизации, основанная на эконометрическом моделировании [10]; интеллектуальные системы принятия решений [11]; системы, основанные на машинном обучении [12] и другие.

Для региональных органов управления информационные системы используются в основном для организации межведомственного взаимодействия и оценки текущего состояния сложных систем, в том числе на базе ситуационных центров. Практически отсутствуют программные комплексы, предназначенные для оценки достижимости плановых (в рамках соответствующих программ) показателей, которые являются индикаторами эффективности субъектов управления.

Целью исследования является разработка прототипа программного комплекса моделирования и прогнозирования целевых показателей функционирования сложных систем для возможной, при необходимости, корректировки разработанных мероприятий в случае изменения прогнозных значений на основе новых данных.

II. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методология исследования базируется на теории проектирования информационных систем [13, 14], методах моделирования и прогнозирования [15] и методике расчета показателей в соответствии с приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой) [16].

Методика включает в себя расчет интегрального показателя, включающего 15 частных показателей, вычисление которых основано на поиске значений одного интегрального и 15 частных показателей для 8 подсистем. Причем для расчета таких индикаторов (компонентов) используются 29 одноименных факторов для базового и прогнозного периодов, последние предполагают их вычисление на основе прогнозных моделей с оценкой плановых значений.

В рамках исследования первый этап предполагает сбор информации об объектах моделирования.

Исследование выполнено за счет гранта Правительства Тульской области (договор ДС/170 от 28.12.2024 г.)

Второй этап заключается в разработке архитектуры программного комплекса.

Третий этап включает программирование модулей системы, в том числе моделей прогнозирования.

Четвертый этап содержит общее и модульное тестирование на имеющихся данных.

III. ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве информационной базы были использованы открытые данные Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации для Тульской области [17], ее территориального органа [18], а также данные, предоставленные Министерством экономического развития Тульской области за 2019–2024 гг.

В качестве инструментального средства используется среда разработки PyCharm [19] для Python [20].

Для разработки архитектуры используется нотация С4 [21].

Программная платформа должна включать блоки: загрузка данных; настройка параметров работы с системой; моделирование и прогнозирование; расчет

показателей; визуализация результатов. Каждый из последних трех модулей предусматривает сохранение результатов.

Процессная модель должна включать в себя следующие элементы: загрузка данных; обработка данных (предусматривает оценку и анализ отсутствующих данных – очистка); построение моделей плана (в случае отсутствия таковых (при наличии эти модели идентифицируется как базовый план)) и прогнозирования на заданный период при необходимости корректировки при получении новых данных; расчет фактических и прогнозных значений показателя; вывод результатов (табличный, в виде графиков, в том числе: базовый план, фактическое значение, скорректированный план, отклонение на периоды – период известных фактических данных и период прогноза с учетом требуемого шага (месяц, квартал, год) при необходимости с накоплением) с возможностью сохранения данных в заданный формат.

Фрагмент архитектуры программной платформы (уровень 3 – компоненты контейнеров для блока моделирования и прогнозирования) представлен на рис. 1. Внутри контейнера представлены атрибуты и функции, которые должны быть реализованы в программном комплексе.

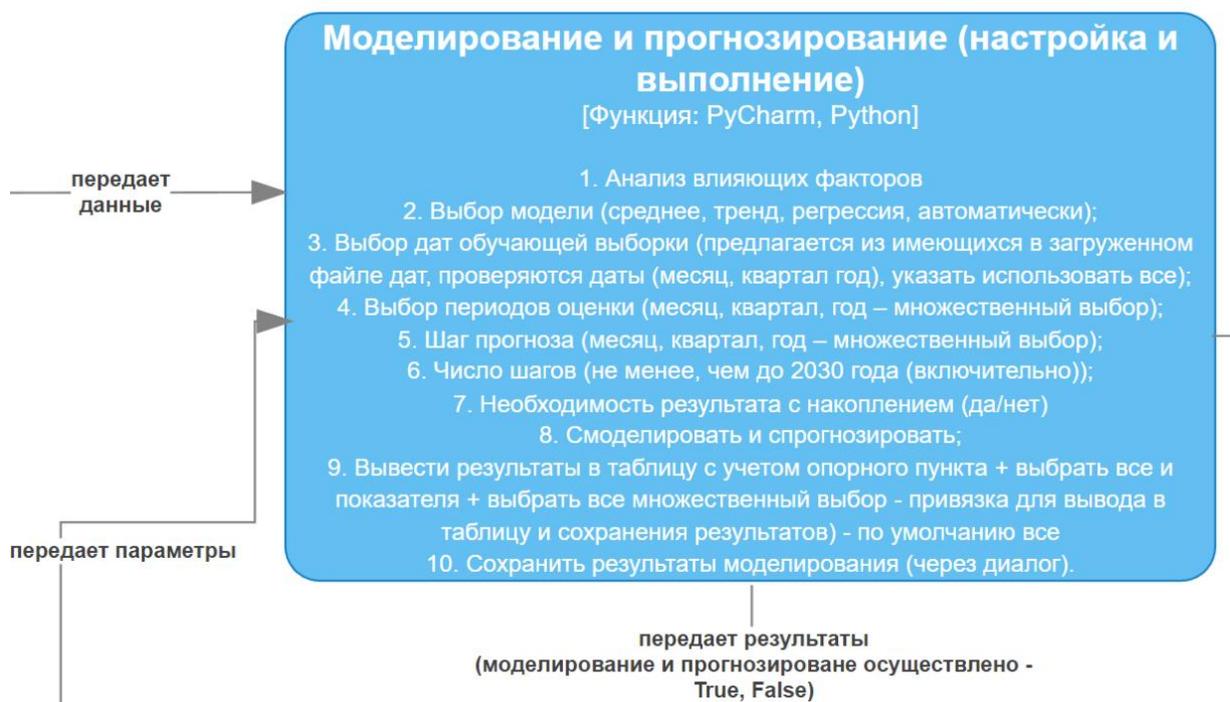


Рис. 1. Фрагмент архитектуры программного комплекса (уровень компоненты, модуль моделирования и прогнозирования).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен прототип программной платформы для моделирования и прогнозирования показателя функционирования сложных систем. Прототип дает возможность оценивать достижимость плановых показателей в случае изменения фактической реализации мероприятий в подсистемах.

Результаты исследования могут применены региональными органами управления в практической деятельности при разработке программ развития, корректировке ведомственных планов, прогнозе ожидаемых результатов и расчете целевых показателей эффективности управления. Разработанный прототип может выступать в качестве инструмента поддержки принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Жуков Р.А., Прокопчина С.В. Программный комплекс «Инфоаналитик 2.0». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024617544 от 03.04.2024. <https://fips.ru/EGD/0b443bd3-982b-41db-a413-b1b035d9c596>
- [2] Прокопчина С.В., Щербаков Г.А., Ефимов Ю.В. Моделирование социально-экономических систем в условиях неопределенности: учебное пособие. М.: Научная библиотека, 2019. 508 с.
- [3] Прокопчина С.В. Мягкие вычисления и измерения. Методы, информационные технологии и средства интеллектуальной обработки информации в задачах цифровизации: монография / под ред. д.т.н., проф. С.В. Прокопчиной. М.: Научная библиотека, 2019. 616 с.
- [4] Прокопчина С.В. Основы теории шкалирования в экономике: учебное пособие. М.: Научная библиотека, 2021. 298 с.
- [5] Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Сушко Г.Б. Моделирование социальных процессов на суперкомпьютерах: новые технологии // Вестник Российской академии наук. 2018. Т. 88. № 6. С. 508-518.
- [6] Макаров В.Л. Укрупненная агент-ориентированная имитационная модель миграционных потоков стран Европейского Союза / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Г.Л. Беклярян [и др.] // Экономика и математические методы. 2019. Т. 55. № 1. С. 3-15.
- [7] Клейнер Г.Б., Сирота Б.Н. Программное обеспечение построения и использования производственных функций в экономико-статистических расчетах на СМ ЭВМ // Приборы и системы управления. 1988. № 10. С. 8-9.
- [8] Столбов А.Б. Программное обеспечение комплексных исследований социо-эколого-экономических систем на основе моделей «Регион»: аналитический обзор // Программные системы: теория и приложения. 2017. Т. 8. № 4 (35). С. 47-83.
- [9] Лаборатория агентного моделирования. Публикации. URL: <http://abm.center/publications/>
- [10] Zhukov R.A. An approach to assessing the functioning of hierarchical socio-economic systems and decision-making based on the EFRA software package // Business Informatics. 2020. Vol. 14. No. 3. Pp.82-95.
- [11] Клачек П.М., Бабкин А.В., Либерман И.В. Функциональная гибридная интеллектуальная система принятия решений для трудноформализуемых производственно-экономических задач в цифровой экономике // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2019. Т.12. № 1. С. 21-32.
- [12] Казаков О.Д., Михеенко О.В. Трансфертное обучение и доменная адаптация на основе моделирования социально-экономических систем // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 2. С. 7-20.
- [13] Проектирование информационных систем: учебник и практикум для вузов / Д.В. Чистов, П.П. Мельников, А.В. Золотарюк, Н.Б. Ничепорук. Москва: Юрайт, 2025. 273 с.
- [14] Сухомлинов А.И. Анализ и проектирование информационных систем: учебное пособие. Владивосток: Издательство Дальневосточного федерального университета, 2021. 360 с.
- [15] Кизбикенов К.О. Прогнозирование и временные ряды. Барнаул: АлтГПУ, 2017. 115 с.
- [16] Приказ Минстроя России от 02.12.2024 № 811/пр «Об утверждении мето-дики расчета показателя «Улучшение качества среды для жизни в опорных населённых пунктах» федерального проекта «Развитие инфраструктуры в опорных населенных пунктах» национального проекта «Инфраструктура для жизни». URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/412944>.
- [17] Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. Официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>.
- [18] Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Тульской области. URL: <https://71.rosstat.gov.ru/>
- [19] PyCharm IDE для профессиональной разработки на Python. URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/>
- [20] Лутц М. Изучаем Python. СПб.: ООО «Диалектика», 2019. 832 с.
- [21] Нотация C4. URL: <https://c4model.com>.