

# РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНО-УСТОЙЧИВЫХ МОДЕЛЕЙ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСАМИ<sup>1</sup>

**Червяков А.А.**

*Федеральное казначейство (Казначейство России), Москва, Россия*  
achervyakov@roskazna.ru

**Никульчев Е.В.**

*МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия*  
nikulchev@mirea.ru

*Аннотация. Рассмотрены вопросы построения структурно-устойчивых моделей для крупномасштабных систем управления финансами. Определены основные подходы и сформулированы основные критерии, имеющие практическое значение для применения в финансовой сфере. Приведены примеры применения.*

*Ключевые слова: структурная устойчивость, моделирование, управление финансами.*

## **Введение**

Цифровизация крупномасштабных систем включает обработку больших объемов данных и предъявляет высокие требования к качеству моделей, которые используются на разных этапах принятия решения и формирования аналитической информации [1]. Широкое распространение получили модели, которые по традиционной классификации системного анализа, называют внешними, то есть строятся модели, исходя не из природы процесса или явления, а в форме выбранной структуры преобразования, которое достаточно точно переводит входные параметры в выходные [2]. К таким моделям относятся и модели искусственного интеллекта, при этом, выбранная модель или класс моделей обучается на определенной выборке, и делается предположение о том, что модель будет с некоторой точностью выполнять свои функции и на другом (тестовом и далее реальном) наборе данных. Например, когда речь идет о моделировании процессов, и обучающей выборкой является временные ряды (входных параметров, а, часто и только выходных данных), вообще говоря, происходит идентификация динамической модели, которая в свою очередь, является некорректной обратной задачей динамики. Для параметрической идентификации, даже линейных моделей, требуется подавать на вход сигналы специального вида (дельта-функцию, ступенчатую функцию, для нелинейных систем – белый шум), что в социально-экономических системах невозможно. В этих условиях полученная структура построенной модели не может гарантировать точность, адекватность и достоверность на других наборах данных. Формально, модель, обученная на определенном наборе данных, является всего лишь внешней моделью для этого набора и не может в общем случае не являться прогнозирующей, ни масштабируемой. Таким образом, разработка аппарата оценки структурной устойчивости моделей крупномасштабных управляемых систем, является актуальной и имеющей важное прикладное значение задач.

В докладе рассматриваются модели, используемые в информационных системах управления финансами на примере Казначейства России. Цель работы – сформулировать основные принципы построения моделей, обладающих структурной устойчивостью, ориентированные на использование в крупномасштабных системах управления финансами.

## **1. Структурная устойчивость моделей**

Понятие структурной устойчивости используется в различных областях моделирования. В математической теории управления, параметрическая идентификация подразумевает, что выбирается адекватная система уравнений и необходимо вычислить значения соответствующих параметров. В качественной теории динамических систем модель может сохранять свою структуру при применении симметричных преобразований [3], то есть являться структурно-устойчивой. Робастные модели, также являются структурно-устойчивыми, описывая динамику системы без изменения формы модели с точностью до вариации коэффициентов [4]. Однако, широкое применение методов и инструментов моделирования на основе машинного обучения, как правило, не включает проверку на устойчивость соответствующих структур, опираясь только на тестовую выборку. Примером нарушения

---

<sup>1</sup> Работа выполнена Государственного задания на 2025 год паспорта № 6381-25 на тему: «Научно-методическое обеспечение работ по анализу деятельности управления общественными финансами Российской Федерации с применением искусственного интеллекта»

устойчивости является моделирование биржевых инструментов, где построенные модели временных рядов не способны к среднесрочному прогнозированию, не смотря на большие объемы обучающих выборок, то есть в реальности не обеспечивают требуемого качества оценок. Противоположным примером служат невынужденные колебания и скрытые аттракторы в системах [5]. Одна и та же система (математическая модель) при различных параметрах может иметь скрытые аттракторы в фазовой плоскости [6]. То есть структура уравнений, имеющая нелинейный элемент в форме кусочно-непрерывной обобщенной функции описывает, как классические устойчивые по Ляпунову состояния, так и предельные циклы.

Определим структурную устойчивость математической модели следующим образом.

Пусть имеется обучающая выборка, состоящая из набора входных данных  $D$  и набора результатов  $R$ , пусть тогда на основе машинного обучения может быть построена модель  $M$ :

$$D \xrightarrow{M} R,$$

тогда при использовании модели на реальных (или преобразованных) данных  $\tilde{D}$

$$\tilde{D} \xrightarrow{M} R',$$

выполнено –

$$\|R' - \tilde{R}\| \rightarrow \min,$$

где  $\tilde{R}$  – реальный (преобразованный) набор результатов, то такая модель  $M$  является структурно-устойчивой.

Иными словами, в простейшем случае модель при ее использовании, должна давать достоверный результат, как и на обучающей выборке. В более общем случае, предметом изучения является возможность использования модели при некотором преобразовании входных данных. Например, при использовании построенной модели для прогнозирования, интуитивно понятно, что такая модель должна повторять динамику процесса не только для обучающих данных, но и для развития процесса, что конечно, не всегда удастся добиться, особенно при использовании автокорреляционного подхода. Таким образом, можно представить, что модель должна быть устойчива к сдвигу данных по времени. В качественной теории динамических систем эквивалентные структурно-устойчивые модели нечувствительны к поворотам фазовых траекторий.

Критерием адекватности моделей могут быть использованы стандартные метрики оценки (например, точность, полнота, F1-мера), но примененные к преобразованным данным.

Предлагается считать нечувствительность моделей к допустимым преобразованиям данных как критерий структурной устойчивости моделей условием их применения в практике управления крупномасштабных систем.

## 2. Область применения и результаты

Процессы анализа данных в системе управления в финансовых организациях включает несколько этапов (см. рис. 1).

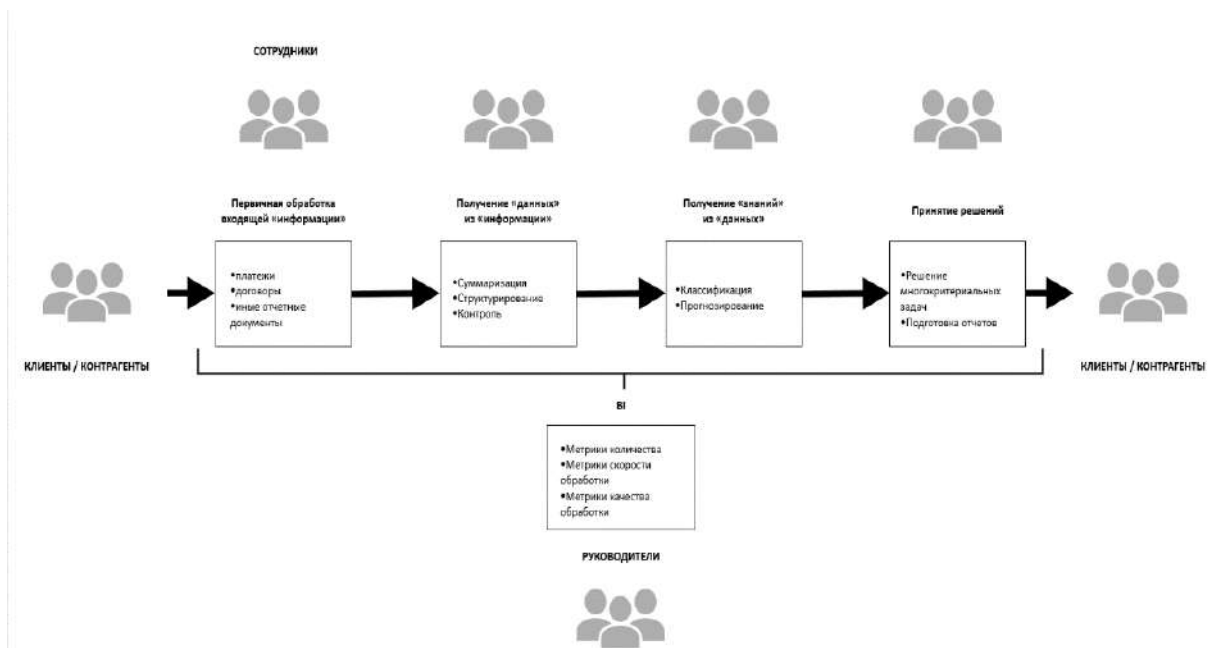


Рис. 1. Процесс управления в финансовой организации

Вначале происходит сбор и предобработка входящего потока информации, включающая, в частности, распознавание документов и очистку данных от шумов и ошибок, далее извлекаются структурированные «данные» путем структурирования и применения различных методов контроля качества. На следующем этапе необходимо «данные» преобразовать в «знания», выявить закономерности и тренды с использованием моделей, построенных на основе машинного обучения. Завершающим этапом является информационная поддержка принятия решений, включающая решение многокритериальных задач и подготовку аналитических материалов.

Модели ИИ, внедренные и внедряемые в настоящее время в Федеральном казначействе, представлены на всех этапах ключевых сквозных бизнес-процессов обработки платежей, управления ликвидностью, аналитики и поддержки принятия решений при управлении Национальными проектами (см. рис. 2).

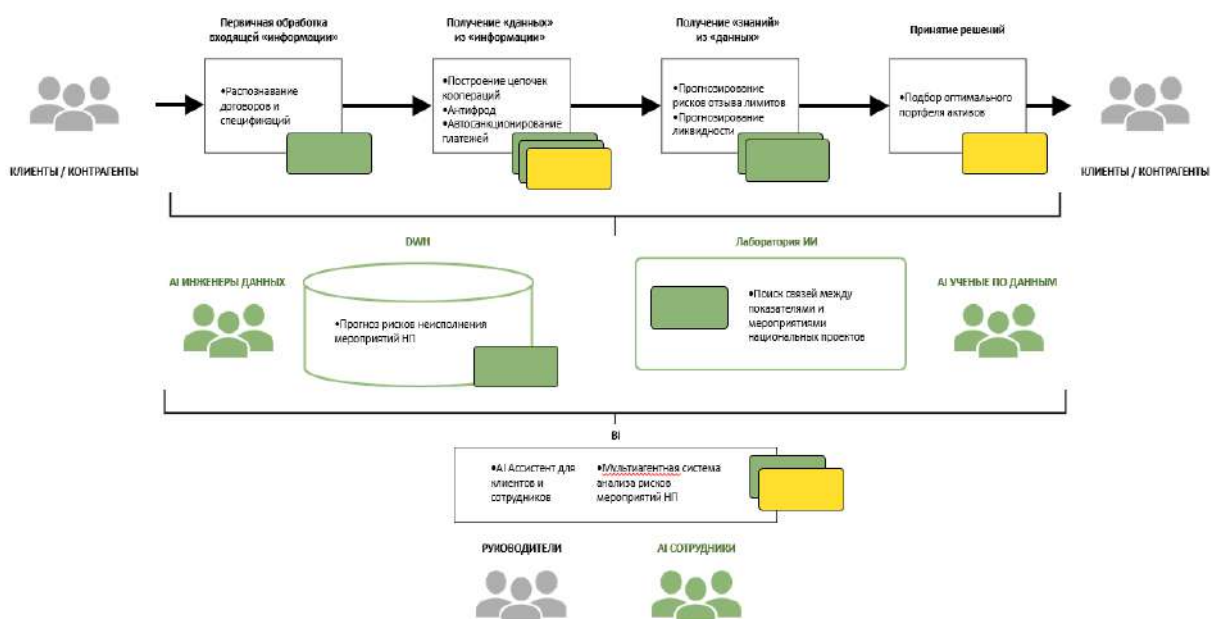


Рис. 2. ИИ инструменты Федерального казначейства

Информационная система работает как с числовыми данными, так и с естественно-языковыми. Обеспечение корректности решений возложено на многоуровневую мультиагентную систему. Анализ

инвариантности модели производится за счет контроля входных данных и оценка их симметричности обучаемой выборке. Для числовых данных строятся преобразования, позволяющие выявить сходные (с точностью до преобразований) участки в обучающей выборке. Для естественно-языковых данных, используется как соответствие обучающему корпусу текстов, так и инвариантность к переформулированию входных данных.

В Казначействе России разработаны и используются следующие структурно-устойчивые модели.

1. *Модель распознавания договоров и спецификаций, а также модель построения цепочек кооперации.*

Используются в качестве базовых моделей этапов «первичная обработка входящей «информации»» и «получение «данных» из «информации»», реализованы на основе технологии OCR (Optical Character Recognition) и NER (Named Entity Recognition) соответственно.

Применяются для нескольких процессов, таких как: обеспечение автоматизированного выявления рисков завышения цен государственных контрактов, а также контрактов, заключенных в целях исполнения указанных государственных контрактов.

Вывод о структурной устойчивости модели основан на идентичности результатов на обучающих и реальных данных, то есть при изменении входных данных, результат модели соответствует требованиям. В данном случае преобразованием, к которому инвариантна модель, является изменение текстовой информации, находящаяся под контролем соответствующего агента мультиагентной системы.

Разрабатываемая система анализа контрактов на базе этих двух моделей, в ближайшей перспективе позволит на базе первичных документов учета проводить анализ на предмет выявления фактов рисков завышения цен, вдвое сокращая сроки анализа контрактов.

2. *Антифрод-система.*

Предназначена для выявления аномалий в транзакционных процессах финансовых организаций. Антифрод-система анализирует транзакции, действия пользователей и другую информацию в режиме реального времени, используя правила, фильтры и технологии машинного обучения для выявления подозрительных признаков. В Федеральном казначействе служит для осуществляющих функции по противодействию легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путём, финансированию терроризма и финансированию распространения оружия массового уничтожения.

3. *Модель автосанкционирования платежей.*

В установленных случаях операции на лицевых счетах, открытых участникам казначейского сопровождения, осуществляются Казначейством только после проведения проверки на предмет соответствия фактически поставленных товаров (выполненных работ, оказанных услуг) данным раздельного учета:

- справки о стоимости выполненных работ и затрат;
- проектной и рабочей документации;
- положительному заключению государственной экспертизы;
- исполнительной документации на выполненный объем работ;
- иным документам, подтверждающим фактическое выполнение работ, в том числе с фото- и видеоматериалам.

Большая часть документации поступает в сканированном виде. Казначейкам приходится анализировать массивы разноформатной документации. Требуется большое количество человеческих ресурсов.

В настоящее время разрабатывается система анализа документации, предоставляемой при расширенном казначейском сопровождении включающая в себя анализ соответствия работ, анализ нормативов прибыли, анализ фактически выполненных работ. Помимо LLM модели, также будут использованы инструменты OCR и NER (см. 2.1.).

Структурная устойчивость модели обеспечивается двухуровневой мультиагентной системой, контролирующей выполнения принципов структурной устойчивости: обработка данных, нормализация, переформулировка, устойчивая векторизацию и оценку вариативности входных данных.

4. *Модель прогнозирования рисков отрыва.*

В конце года образуются «невостребованные остатки средств» на счетах ГРБС, РБС или ПБС. Происходит это вследствие ограниченных возможностей по внедрению методов раннего выявления «невостребованных остатков средств» на счете ГРБС, РБС или ПБС, который не будет использован до конца текущего года, и приводит к наличию на счетах временно свободных средств, к которым не применяются инструменты управления ликвидностью.

Для повышения эффективности использования бюджетных средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, а также муниципальных образований необходим прогноз «невостребованных остатков» на каждый момент времени года. Эта уже модель извлекающая «знания» из «данных».

#### 5. Модель прогнозирования ликвидности.

Одной из важных задач ФК является таргетирование остатка денежных средств на Едином Казначейском Счете (ЕКС) и управление остатками [2]. Здесь под таргетированием остатка денежных средств на ЕКС понимается совокупность мероприятий по управлению размером ежедневного сальдо. Все свободные остатки инвестируются в различные финансовые инструменты.

Таким образом, для поддержки процессов управления на федеральном уровне необходимо решение актуальной задачи разработки информационно-аналитического обеспечения (ИАО), основанного на моделях процессов, позволяющих осуществлять прогнозирование группы рядов в форме достоверных интервальных оценок. Эта так же модель извлекающая «знания» из «данных».

#### 6. Модель прогноза рисков неисполнения мероприятий Национальных проектов.

Модель собрана с учетом кросс-системных данных, собранных в DWH. Более 20% контрольных точек НП выполняются с опозданием. Соответственно были разработаны предупредительные индикаторы риска просрочки контрольных точек [7].

Непосредственная связка выявленного риска и предлагаемой для назначения пользователю меры реагирования в автоматическом режиме базируется на причинах формирования риска, выявленных негативных фактах, вероятности наступления негативного последствия и признаках ее эффективности на основе ретроспективных данных.

Таким образом, система инцидент-менеджмента реагирует на потенциальные риски до их реализации. Как следствие, обеспечена ритмичность и прогнозируемость расходования бюджетных средств. 100% контрольных точек анализируются с помощью искусственного интеллекта для прогнозирования рисков их неисполнения. С момента внедрения, количества инцидентов несвоевременного закрытия контрольных точек проектов сократилось на 40%.

#### 7. Модель поиска связи показателей и мероприятий Национальных проектов.

Мероприятия Национальных проектов – ключевой структурный элемент, достижения результатов которых ведут к достижению показателей Национальных целей развития (НЦР).

Однако запланированные значения параметров проектов снижаются к концу проекта, не всегда полно определены связи мероприятий и показатели Национальных целей и т.д., что в совокупности не гарантирует достижение значений НЦР.

Требовалось выявить влияние изменений в проектах на показатели национальных целей развития России, а также определить эффективность изменений параметров проектов, влияющих на показатели национальных целей развития России.

На текущий момент 100% параметров национальных проектов и государственных программ (мероприятий и показателей) анализируются с помощью искусственного интеллекта для поиска дополнительных связей с показателями национальных целей

Разработанная, на базе LLM с применением RAG, ИИ модель перебирает 1000 связей за минуту, то есть тратит на полный логический анализ экспертного уровня всех взаимосвязей показателей и мероприятий около 33 часов.

Модели проверены на реальных данных, обеспечение структурной устойчивости осуществлено за счет использование мультиагентной системы, контролирующей входные данные.

### 3. Заключение

В докладе рассмотрены вопросы построения структурно-устойчивых моделей для крупномасштабных систем управления финансами на примере Казначейства России. Предложены основные подходы и сформулированы основные принципы построения моделей, обладающих структурной устойчивостью, ориентированные на использование в крупномасштабных системах управления финансами.

### Литература

1. Червяков А.А., Албычев А.С. Развитие информационных систем управления финансами в Федеральном казначействе // Вестник современных цифровых технологий. – 2025. – № 23.
2. Nikulchev E., Chervyakov A. Prediction Intervals: A Geometric View // Symmetry. – 2023. – Vol. 15, № 4. – P. 781.
3. Каток А.Б., Хасселблат Б. Введение в современную теорию динамических систем. – М.: Факториал, 1999. – 768 с.

4. *Червяков А.А.* Методика построения интервальных робастных прогнозов в информационно-аналитической системе поддержки принятия решений Федерального казначейства // Вестник современных цифровых технологий. – 2023. – № 17. – С. 36–41.
5. *Буркин И.М., Кузнецов Н.В., Мокаев Т.Н.* Сосуществующие хаотические и периодические аттракторы в контрпримере к гипотезе // В матер. XVI Международ. научн. конф. «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления» (конференция Пятницкого). – М.: ИПУ РАН, 2022. – С. 109–112.
6. *Кузнецов Н.В.* Теория скрытых колебаний // С сб. XIII Всероссийс. совещ. по проблемам управления ВСПУ-2019. – М.: ИПУ РАН, 2019. – С. 103–107.
7. *Албычев А.С., Червяков А.А., Никульчев Е.В., Ильин Д.Ю., Газанова Н.Ш.* Разработка интеллектуальных инструментов управления организационными системами для контроля сроков выполнения Национальных и Федеральных проектов // Теория активных систем – 55 лет (ТАС-55): труды юб. науч.-практ. конф., 18 ноября 2024 / Под общ. ред. Д.А. Новикова, В.Н. Буркова. – М.: ИПУ РАН, 2024. – С.11–15.