

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СДВИГОВ В ИНВЕСТИЦИЯХ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ  
ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦЕПИ МАРКОВА

Научная статья

Мурашева А.А.<sup>1</sup>, Лавров Д.А.<sup>2</sup>, Беспалов Н.А.<sup>3,\*</sup>, Столяров В.М.<sup>4</sup>, Чуксин И.В.<sup>5</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-8221-8008;<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-7638-6830;<sup>3</sup> ORCID : 0009-0007-2971-6183;<sup>4</sup> ORCID : 0000-0002-8404-4590;<sup>5</sup> ORCID : 0000-0001-9788-2692;<sup>1,3,4,5</sup> Государственный университет по землеустройству, Москва, Российская Федерация<sup>2</sup> Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (bespalow2219[at]mail.ru)

## Аннотация

В статье представлены результаты анализа структурной динамики инвестиций в основной капитал Пензенской области по видам основных фондов за период 2005–2023 гг. В качестве метода исследования применена модель дискретной цепи Маркова. На основе официальных данных Росстата с использованием Excel и Python идентифицированы два доминирующих состояния региональной экономики: инвестиции в недвижимость (здания, сооружения, улучшение земель) и инвестиции в технологическое обновление (машины, оборудование, транспортные средства). Построенная матрица переходных вероятностей выявила высокую устойчивость инвестиций в недвижимость (вероятность сохранения состояния  $P=0,73$ ) по сравнению с технологическим обновлением ( $P=0,57$ ). Расчет стационарного распределения  $[0,39; 0,61]$  свидетельствует о закреплении структурного перекаса в пользу недвижимого имущества в долгосрочной перспективе. Отдельно выделена проблема критически низкой доли инвестиций в объекты интеллектуальной собственности ( $0,2–0,5\%$ ). На основе результатов анализа сформулирован комплекс практических рекомендаций для органов регионального управления, направленных на диверсификацию инвестиционной структуры и преодоление выявленных дисбалансов.

**Ключевые слова:** инвестиции, основной капитал, цепи Маркова, матрица переходных вероятностей, недвижимость, затраты на улучшение земель, политика региона, стационарное распределение.

FORECASTING STRUCTURAL SHIFTS IN FIXED CAPITAL INVESTMENT IN PENZA OBLAST USING  
MARKOV CHAINS

Research article

Murasheva A.A.<sup>1</sup>, Lavrov D.A.<sup>2</sup>, Bespalov N.A.<sup>3,\*</sup>, Stolyarov V.M.<sup>4</sup>, Chuksin I.V.<sup>5</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-8221-8008;<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-7638-6830;<sup>3</sup> ORCID : 0009-0007-2971-6183;<sup>4</sup> ORCID : 0000-0002-8404-4590;<sup>5</sup> ORCID : 0000-0001-9788-2692;<sup>1,3,4,5</sup> State University of Land Use Planning, Moscow, Russian Federation<sup>2</sup> Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (bespalow2219[at]mail.ru)

## Abstract

The article presents the results of an analysis of the structural dynamics of investments in fixed capital in Penza Oblast by types of fixed assets for 2005–2023. A discrete Markov chain model was used as the research method. Based on official Rosstat data and using Excel and Python, two dominant states of the regional economy were identified: investments in real estate (buildings, structures, land improvement) and investments in technological renewal (machinery, equipment, vehicles). The constructed transition probability matrix identified high stability of investment in real estate (probability of maintaining the state  $P=0.73$ ) compared to technological renewal ( $P=0.57$ ). The calculation of the stationary distribution  $[0.39; 0.61]$  indicates a structural bias in favour of real estate in the long term. The problem of a critically low share of investment in intellectual property ( $0.2–0.5\%$ ) is singled out separately. Based on the results of the analysis, a set of practical recommendations has been formulated for regional authorities aimed at diversifying the investment structure and overcoming the identified imbalances.

**Keywords:** investments, fixed capital, Markov chains, transition probability matrix, real estate, land improvement costs, regional policy, stationary distribution.

## Введение

Под инвестициями в основной капитал (ИОК) понимается комплекс финансовых вложений, целью которых является обновление и приращение материально-технической базы экономики. Эти средства направляются на:

- Возведение новых объектов, а также их реконструкцию, модернизацию и расширение, что в конечном итоге увеличивает их первоначальную стоимость.

- Приобретение оборудования, машин, транспортных средств и любого инвентаря, используемого в производственных и хозяйственных процессах.

- Формирование стада продуктивного и племенного скота, а также проведение работ по улучшению земель и выращиванию многолетних культур.

Важно отметить, что в состав ИОК входят и средства, привлекаемые организациями-застройщиками от граждан и юридических лиц для долевого строительства. При этом исторически из этого объема исключались затраты на приобретение активов с вторичного рынка и объектов незавершенного строительства [7].

Кардинальное переосмысление термина произошло после 2016 года, что было закреплено в Приказе Росстата No 746 [1]. Ключевым нововведением стала привязка к бухгалтерскому учету: теперь ИОК — это все затраты, которые отражаются в учете как вложения во внеоборотные активы.

Начиная с 2013 года, состав инвестиций последовательно расширялся за счет включения нематериальных активов, что отражает переход к экономике знаний:

- Объекты интеллектуальной собственности: программное обеспечение, базы данных, изобретения, патенты, селекционные достижения, научные произведения.

- Затраты на НИОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы).

- Культивируемые биологические ресурсы.

Данная трансформация концепции ИОК является не просто статистическим уточнением, а прямым отражением глобальных экономических трендов. Если традиционно инвестиции ассоциировались с «кирпичами и металлом» — зданиями, станками, техникой, — то сегодня их ядром становятся «неосязаемые активы»: программные комплексы, технологии и исследования. Такой подход позволяет более адекватно оценивать вклад высокотехнологичных и креативных отраслей в развитие региона, стимулируя вложения именно в инновации, а не только в физическую инфраструктуру. Это создает более благоприятный инвестиционный климат для компаний из сферы IT, телекоммуникаций и науки.

Для систематизации данных Приказ Росстата No 746 [1] предусматривает разработку статистики ИОК по нескольким аналитическим разрезам: по видам экономической деятельности, источникам финансирования, институциональным секторам и другим параметрам.

Наиболее детализированная классификация ведется по видам основных фондов в соответствии с Общероссийским классификатором ОКОФ (ОК 013-2014) [2]. В ее структуре отдельно выделяются инвестиции в:

- Жилые и нежилые здания и помещения.

- Инженерные сооружения и системы.

- Затраты, направленные на улучшение качества и продуктивности земель.

- Транспортные средства всех видов.

- Информационное, компьютерное и телекоммуникационное оборудование (ИКТ), что подчеркивает его ключевую роль в современном производстве.

- Прочие машины, оборудование и инвентарь.

- Объекты интеллектуальной собственности (выделены в отдельную позицию).

- Прочие виды капиталовложений.

Инвестиции в здания и сооружения и расходы на улучшение земель играют важнейшую роль для развития региона и региональной экономики. Любой регион с устаревшей или недостаточной инфраструктурой теряет инвестиционную привлекательность. Вложенные средства в эту сферу напрямую влияют на качество жизни и бизнес-среду.

В основе методологии данного исследования лежит теория Марковских случайных процессов названная в честь великого русского математика А.А. Маркова (1856-1922), который разработал ее в начале XX века [19].

Цепи Маркова находят широкое применение в различных сферах науки и практики благодаря своей способности моделировать динамические системы с вероятностными переходами. Теория Марковских случайных процессов нашла применение в региональной экономике. С ее помощью выполняют анализ отраслевой динамики, прогнозируют инвестиционные потоки, выполняют оценку мобильности регионов, моделируют рынок труда, планирование бюджета, прогнозирование развития кластеров.

В данной работе предлагается исследовать способ прогнозирования доминирующих видов основных фондов при инвестиционных потоках в основной капитал с помощью расчётов цепи Маркова для выбранной последовательности и применить его на территорию Пензенской области.

### Материалы и методы исследования

В ходе проведения исследования был использован комплексный методический подход, сочетающий современные инструменты анализа данных. Эмпирической основой исследования выступили официальные данные Росстата о структуре инвестиций в основной капитал, соответствующие требованиям достоверности и репрезентативности.

Обработка первичных статистических данных осуществлялась в среде Excel, что позволило эффективно структурировать и визуализировать динамику инвестиционных потоков. Для построения цепей Маркова, расчета матрицы переходных вероятностей и стационарных распределений был задействован язык программирования Python с использованием специализированных библиотек, что обеспечило высокую точность вычислений и возможность визуализации основных результатов исследования.

Применение в данном исследовании цепи Маркова подразумевает наличие множества состояний  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ . Процесс последовательно переходит от одного состояния в другое. Шаг — каждый переход процесса из состояния в состояние. Вероятность перехода цепи в состояние  $s_i$  в состояние  $s_j$  за следующий шаг принимает значение  $p_{ij}$ . При этом состояния, в которых находилась цепь перед текущим, не влияет на вероятность следующего перехода  $p_{ij}$ . Процесс не обязательно должен менять состояние при выполнении перехода. Вероятность остаться в том же самом состоянии  $p_{ii}$  [16].

В прогнозировании доминирующих видов основных фондов при инвестировании в основной капитал использовались следующие основные формулы цепей Маркова [15].

Матрица переходных вероятностей:

$$P = (p_{ij}), \quad (1)$$

где  $p_{ij}$  — вероятность перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$  за один шаг.

Система уравнений для стационарного распределения:

$$\begin{cases} \pi_1 = P_{11}\pi_1 + P_{21}\pi_2 + \dots + P_{n1}\pi_n \\ \pi_2 = P_{12}\pi_1 + P_{22}\pi_2 + \dots + P_{n2}\pi_n \\ \vdots \\ \pi_n = P_{1n}\pi_1 + P_{2n}\pi_2 + \dots + P_{nn}\pi_n \end{cases} \quad (2)$$

При условии нормировки:

$$\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_n = 1 \quad (3)$$

В таблицах 1, 2 содержатся сведения о структуре инвестиций в основной капитал по видам основных фондов с 2005 по 2023 года, полученные из сборников «Регионы России. Социально-экономические показатели» за соответствующие года [4], [8], [11], [14].

Таблица 1 - Структура инвестиций в основной капитал по видам основных фондов до 2017 года

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.1>

	Жилища, %	Все здания (кроме жилых) и сооружения, %	Машины, оборудование, транспортные средства, %	Прочие, %
2005	21,7	29,3	43	6
2006	20	33,6	37	9,4
2007	22,1	39,5	36,3	2,2
2008	23,5	36,9	35,3	4,3
2009	16,7	30,7	49,1	3,5
2010	30,9	38,2	28,1	2,9
2011	23,2	38,5	36,2	2,1
2012	25,5	33,4	33	8,1
2013	21,4	39,3	36,1	3,2
2014	26,40	37,00	32,30	4,40
2015	20,8	52,7	23,3	3,2
2016	29,1	32,1	33,7	5,2

Примечание: в процентах от общего объема инвестиций

Таблица 2 - Структура инвестиций в основной капитал по видам основных фондов после 2017 года

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.2>

	Жилые здания и помещения, %	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель, %	Машины, оборудование, транспортные средства, %	Объекты интеллектуальной собственности, %	Прочие, %
2017	21,7	40,7	33,5	0,4	3,7
2018	28,8	34,6	33,6	0,3	2,6
2019	28,8	34,6	33,6	0,3	2,6
2020	20,5	32,7	42,3	0,5	4
2021	20,4	32,2	42,8	0,4	4,2
2022	18,9	36,2	40,6	0,3	4

	Жилые здания и помещения, %	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель, %	Машины, оборудование, транспортные средства, %	Объекты интеллектуальной собственности, %	Прочие, %
2023	12,3	39,6	43,9	0,2	3,9

*Примечание: в процентах от общего объема инвестиций*

Данные за каждый год представляют собой процент от общего объема инвестиций. Согласно открытым данным сайта Росстат [3], структура основных фондов до 2017 года включает в себя жилища; все здания (кроме жилых) и сооружения; машины, оборудование, транспортные средства; прочие. Структура видов основных фондов при расчете, начиная с 2017 года, претерпела определенные изменения и приняла такой вид: жилые здания и помещения; здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель; машины, оборудование, транспортные средства; объекты интеллектуальной собственности; прочие.

Было принято решение выбрать именно процентные доли, в целях устранения влияния макроэкономической динамики. При расчетах в исследовании система должна реагировать на структурные сдвиги, а не на общий рост или падение экономики. Также исследование в процентах позволяет сразу перейти к исследованию структуры и абстрагироваться от общих размеров экономики.

### Основные результаты

Важно отметить, при анализе перераспределения структуры инвестиций в основной капитал по видам основных фондов в каждый рассматриваемый период времени  $t$ , экономика региона находится на 100% в одном из состояний своей структуры.

Также если мы анализируем, как перераспределяются доли валовой добавленной стоимости в каждый год, необходимо отметить, что в каждый момент времени  $t$  экономика региона на 100% находится в одном из состояний своей структуры. Поэтому сначала была поставлена задача привести показатели за разные года к одной таблице. Результат слияния представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Приведенная структура инвестиций в основной капитал по видам основных фондов с 2005 по 2023 гг

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.3>

	Жилища (Жилые здания и помещения)	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	Машины, оборудование, транспортные средства	Прочие
2005	21,7	29,3	43	6
2006	20	33,6	37	9,4
2007	22,1	39,5	36,3	2,2
2008	23,5	36,9	35,3	4,3
2009	16,7	30,7	49,1	3,5
2010	30,9	38,2	28,1	2,9
2011	23,2	38,5	36,2	2,1
2012	25,5	33,4	33	8,1
2013	21,4	39,3	36,1	3,2
2014	26,40	37,00	32,30	4,40
2015	20,8	52,7	23,3	3,2
2016	29,1	32,1	33,7	5,2
2017	21,7	40,7	33,5	4,1
2018	28,8	34,6	33,6	2,9
2019	28,8	34,6	33,6	2,9
2020	20,5	32,7	42,3	4,5
2021	20,4	32,2	42,8	4,6
2022	18,9	36,2	40,6	4,3
2023	12,3	39,6	43,9	4,1

Вложения в жилые здания и помещения представляют собой финансирование строительства жилых объектов или их частей, предназначенных целиком или преимущественно для проживания людей.

Капиталовложения в здания (как жилого, так и нежилого фонда) и сооружения охватывают издержки, связанные с возведением объектов, которые формируются из стоимости выполненных строительно-монтажных работ и сопутствующих капитальных затрат. В состав этих расходов также входят затраты на обустройство внутренних инженерных систем, необходимых для функционирования данных объектов.

Финансирование мероприятий по улучшению земельных ресурсов включает издержки на мелиорацию; проведение культуртехнических работ на территориях, не нуждающихся в осушении; террасирование склонов; капитальные вложения, направленные на коренное улучшение состояния земель; расчистку территорий, рекультивацию почв, изменение рельефа (планировку местности), а также расходы, связанные с противопаводковыми мероприятиями и оформлением прав собственности на землю.

Капитальные вложения в машины, оборудование и транспортные средства состоят из затрат на приобретение машин, оборудования (включая информационные, компьютерные и телекоммуникационные системы (ИКТ)), транспортных средств, производственного и хозяйственного инвентаря, а также издержек на монтаж оборудования на месте его будущей эксплуатации [12].

На рисунках 1–3 с помощью библиотек pandas, matplotlib и numpy для языка программирования python выполнен анализ первичных, необработанных данных.

На рисунке 1 построена динамика инвестиций в основной капитал по видам основных фондов, за исключением объектов интеллектуальной собственности (которые начинают выделяться только с 2017 года) и прочих основных фондов ввиду большой разницы в масштабах данных.

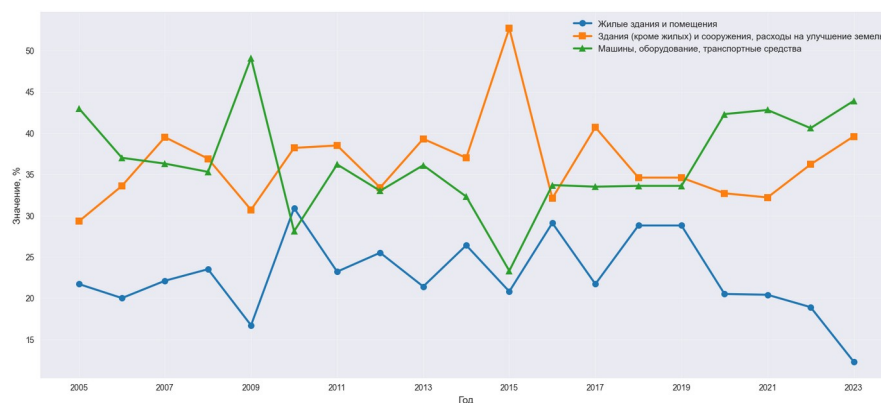


Рисунок 1 - Динамика инвестиций в основной капитал по видам основных фондов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.4>

На рисунке 2 выполнен анализ изменений в доли инвестиций в объекты интеллектуальной собственности.

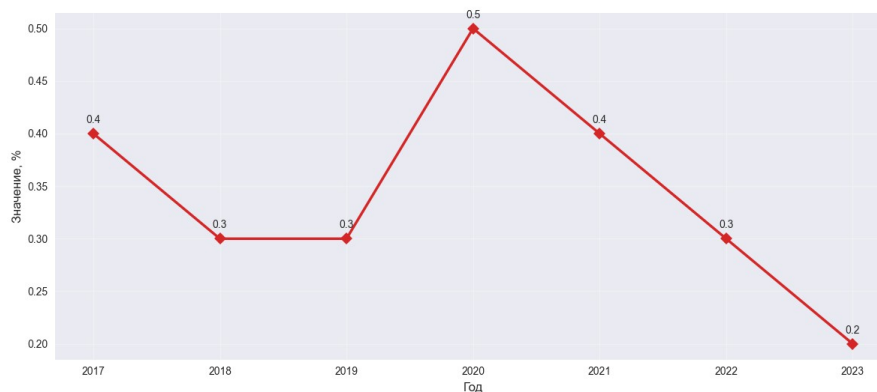


Рисунок 2 - Динамика инвестиций в объекты интеллектуальной собственности

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.5>

Парадоксально, но, несмотря на признанный потенциал инвестиций в интеллектуальную собственность как драйвера технологического развития, к 2023 году их доля в общем объеме капиталовложений достигла исторического минимума. Данная категория, традиционно включающая финансирование научных изысканий, геологоразведочные работы и создание IT-продуктов, не смогла сохранить свои позиции, что свидетельствует о структурных проблемах в стимулировании инноваций. Так как в любой сфере деятельности необходимо постоянное развитие, а прогресс зависит от разработки инновационных решений, инвестиции в объекты интеллектуальной собственности в общей доле

имеют большое значение. Снижение доли инвестиций в объекты интеллектуальной собственности с 0,5 до 0,2 к 2023 году в свою очередь снижает шансы региона на разработку инновационных решений.

На рисунке 3 выполнен результат анализа структуры инвестиций основных фондов в первый рассматриваемый год и в последний (в 2005 и 2023 году).

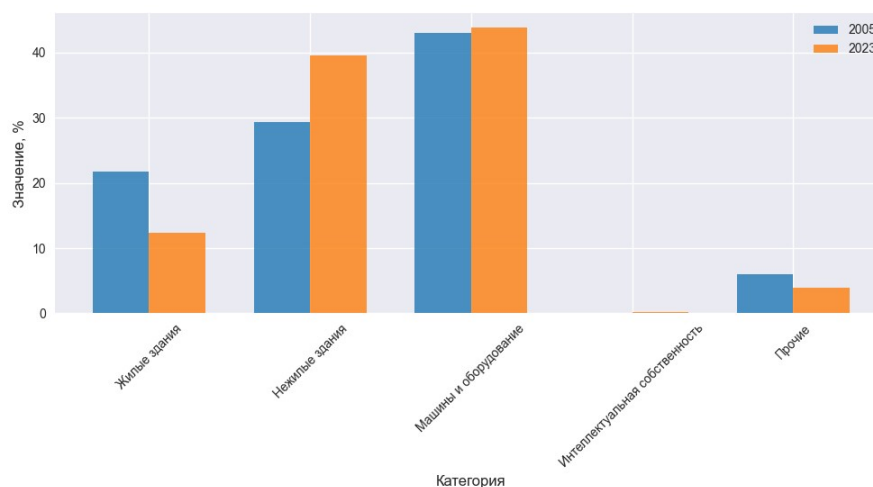


Рисунок 3 - Сравнение структуры инвестиций в основной капитал по видам основных фондов в 2005 и 2025 гг  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.6>

Нетрудно сделать выводы после анализа первичных данных:

1. Инвестиции в машины и оборудования были самыми высокими в 2009 и 2023 годах;
2. Инвестиции в интеллектуальную собственность стали выделяться в отдельную категорию только в 2017 году и незначительны по сравнению с другими видами основных фондов.
3. Наблюдается изменчивая динамика по всем категориям.

В связи с тем, что на первый взгляд наблюдается изменчивость лидирующего вида основного фонда в структуре инвестиций от года к году достаточно сильно, предлагается апробировать математическую модель, описывающую последовательность событий, в которой вероятность каждого следующего события будет зависеть только от текущего состояния, т.е. построить цепь Маркова на основе исследуемых данных.

На основании выделенных основных фондов обозначим соответствующие состояния экономики, когда в каждый момент времени  $t$  лидирует один из них:

Н (недвижимость) — в рассматриваемый период времени  $t$  наибольшую долю в структуре инвестиций в основной капитал занимают инвестиции в здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель.

М (машины) — в рассматриваемый период времени  $t$  наибольшую долю в структуре инвестиций в основной капитал занимают инвестиции в машины, оборудование, транспортные средства.

Из таблицы 4 и рисунка 1 становится очевидно, составлять прогноз на основе цепей Маркова имеет смысл только для Н и М.

Таблица 4 - Определение доминирующих видов основных фондов в структуре инвестиций в основной капитал

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.7>

Период времени $t$ , год	Основной фонд	Доля инвестиций от общего объема, %	Лидирующее состояние экономики
2005	Машины, оборудование, транспортные средства	29,3	М
2006	Машины, оборудование, транспортные средства	37	М
2007	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	39,5	Н
2008	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	36,9	Н
2009	Машины, оборудование, транспортные средства	49,1	М
2010	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на	38,2	Н

Период времени t, год	Основной фонд	Доля инвестиций от общего объема, %	Лидирующее состояние экономики
	улучшение земель		
2011	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	38,5	Н
2012	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	33,4	Н
2013	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	39,3	Н
2014	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	37	Н
2015	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	52,7	Н
2016	Машины, оборудование, транспортные средства	33,7	М
2017	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	40,7	Н
2018	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	34,6	Н
2019	Здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель	34,6	Н
2020	Машины, оборудование, транспортные средства	42,3	М
2021	Машины, оборудование, транспортные средства	42,8	М
2022	Машины, оборудование, транспортные средства	40,6	М
2023	Машины, оборудование, транспортные средства	43,9	М

На каждом дискретном промежутке времени  $t$  лидирующую долю в общей структуре занимают либо инвестиции в недвижимость (кроме жилой) и улучшение земель, либо в машины оборудование и транспортные средства. Прогнозировать лидерство остальных не представляется возможным, поскольку в любой последующий момент времени может произойти редкое случайное событие, которое может кардинально изменить систему инвестиций и сами доли соответственно.

Теперь, обозначив рассматриваемые состояния в экономике, определим таблицу состояний для каждого момента времени  $t$ .

Визуализация цепочки выполнена на рисунке 4.

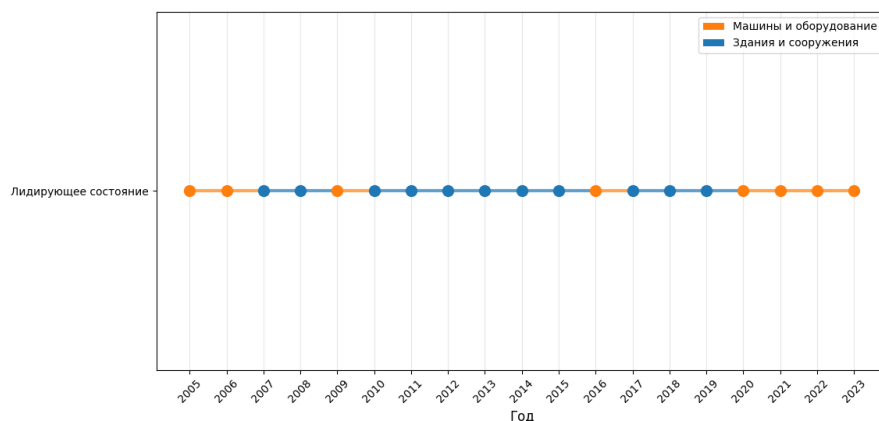


Рисунок 4 - Динамика смены доминирующих видов основных фондов в структуре инвестиций в основной капитал  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.8>

Система состоит из распределения наблюдений доминирующих видов основных фондов в структуре инвестиций в основной капитал по двум категориям, и изменение состояния системы в моменты времени  $t = 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023$  связано с переходом наблюдаемых показателей из одного состояния в другое. Например, состояние системы в 2005 году описывается:  $S^{2005} = (M, H)$ , а состояние системы в 2007 году:  $S^{2007} = (H, M)$ .

На основании выявленной последовательности состояний строим матрицу переходных вероятностей в таблице 5. Результат построения отображения выполнен на рисунке 5.

Таблица 5 - Матрица переходных вероятностей

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.9>

	М	Н
М	0,57	0,43
Н	0,27	0,73



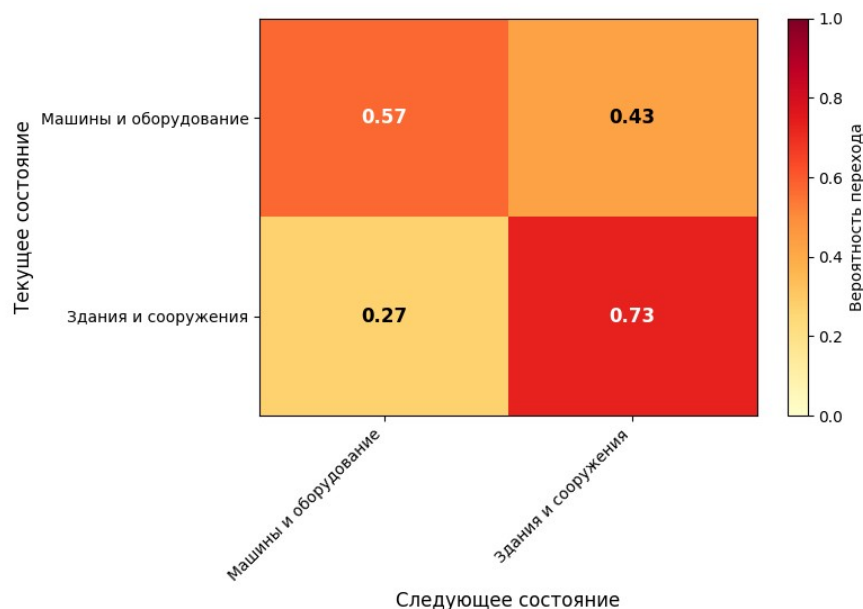


Рисунок 5 - Расшифровка отображения матрицы переходных вероятностей  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.10>

Переход М → Н реализовывался 3 раза; переход М → М реализовывался 4 раза; переход Н → М реализовывался 3 раза; переход Н → Н реализовывался 8 раза;

Данная матрица переходных вероятностей дает понимание о том, что в Пензенской области за рассматриваемый период времени инвестиции в здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель более устойчивы — 73%, вероятность сохранения лидирующей позиции в общей структуре.

Инвестиции в машины, оборудование, транспортные средства можно назвать умеренно устойчивыми — вероятность того, что лидирующая позиция сохранится — равна 57%. Отображение построенной цепи Маркова представлено на рисунке 6.

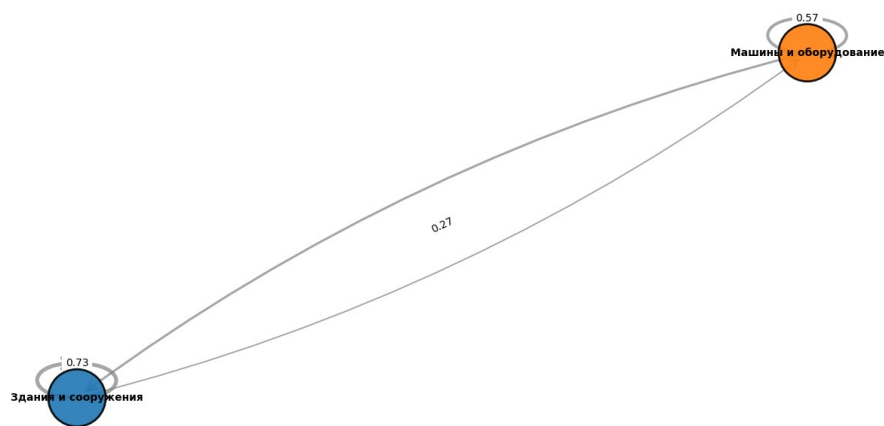


Рисунок 6 - Марковская цепь доминирующих видов основных фондов в структуре инвестиций в основной капитал  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.11>

Согласно таблице 5 стационарное распределение принимает вид:

$$\begin{cases} \pi_M = 0,57\pi_M + 0,27\pi_H \\ \pi_H = 0,43\pi_M + 0,37\pi_H \\ \pi_M + \pi_H = 1 \end{cases} \quad (4)$$

Нетрудно определить, что результат решения системы уравнений  $\pi \approx [0,39; 0,61]$  (Рисунок 7),  $\pi_M$  и  $\pi_H$  в нашем случае означают долю времени, которую система проводит в соответствующем состоянии в долгосрочной перспективе.

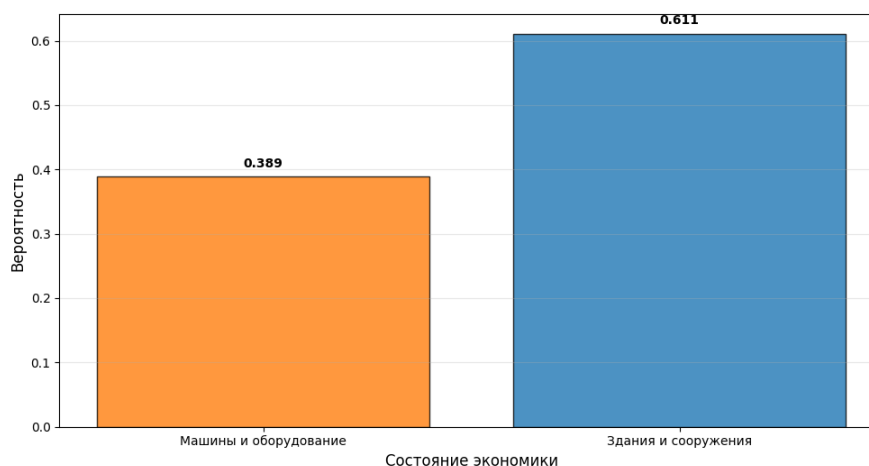


Рисунок 7 - Стационарное распределение цепи Маркова  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.89.12>

Это значит, что при сохранении текущих тенденций системы - 61% времени  $t$  в структуре инвестиций в основной капитал будут доминировать инвестиции в здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель, с вероятностью в 39% — инвестиции в машины, оборудование, транспортные средства.

### Обсуждение

Проведенное исследование позволило выявить несколько ключевых закономерностей в структуре инвестиционных потоков Пензенской области. Далее представлены основные результаты исследования структуры инвестиций в основной капитал по видам основных фондов в Пензенской области.

Устойчивая асимметрия инвестиционных предпочтений в регионе, выявленная матрица переходных вероятностей  $P(H-H) = 0,73$  против  $P(M-M) = 0,57$  свидетельствует о системном преобладании консервативной инвестиционной модели. Модель ориентирована на недвижимость и инфраструктуру. Данную модель инвестиций можно назвать «пассивной», поскольку такая форма участия не предполагает активного участия в управлении.

Наблюдается цикличность технологических инвестиций. Наблюдаемая периодичность переходов  $H-M$  (2009, 2016, 2020 гг.) совпадает с посткризисными периодами. Вложения в машины и оборудование выступают скорее как ответ на исчерпание потенциала предыдущего цикла, нежели как проективная стратегия развития.

Наблюдается современный структурный сдвиг на технологическое обновление. С 2020 года присутствует устойчивый тренд на лидерство инвестиции в машины, оборудование, транспортные средства. Текущий четырехлетний период доминирования инвестиций в машины и оборудование свидетельствует о начале нового витка в экономике региона. Для подтверждения данной гипотезы следует провести дополнительно исследование анализа отраслевой структуры инвестиций.

Как было отмечено ранее, наблюдается критический уровень инвестиций в интеллектуальный капитал региона. Доля объектов интеллектуальной собственности варьируется в диапазоне 0,2-0,5% и не может соответствовать требованиям современных вызовов для региональной экономики.

### Заключение

Проведенное исследование авторами подтвердило эффективность применения аппарата цепей Маркова для анализа и прогнозирования структурной динамики инвестиций в основной капитал на региональном уровне, даже в условиях ограниченных временных рядов. На примере Пензенской области удалось выявить и количественно оценить ключевые тенденции. Основные результаты работы можно представить следующим образом:

1. Инвестиционная система региона характеризуется устойчивой поляризацией между двумя состояниями: доминирующими инвестициями в недвижимость (здания, сооружения, улучшение земель) и циклическими вложениями в технологическое обновление (машины, оборудование, транспортные средства).

2. С помощью матрицы переходных вероятностей получена более высокая устойчивость инвестиций в недвижимость ( $P=0,73$ ) по сравнению с технологическим обновлением ( $P=0,57$ ).

3. Расчет стационарного распределения ( $\pi \approx [0,39; 0,61]$ ) показал на закрепление структурного перекоса в пользу недвижимости в долгосрочной перспективе, а это говорит о необходимости целенаправленной коррекции региональной инвестиционной политики.

Дальнейшие исследования связаны с углубленным анализом факторов, которые определяют переходы между выявленными состояниями, а также с изучением отраслевой структуры инвестиций для верификации гипотезы об их связи с экономическими циклами.

Практическая значимость работы направлена на разработку инструментария для прогнозно-аналитического сопровождения инвестиционной политики региона. Это предложение позволяет количественно оценивать последствия управленческих решений и выявлять точки роста.

Рассмотренные предложения могут быть предложены для:

- внедрения системы регулярного мониторинга структуры инвестиций с квартальной отчетностью для оперативного выявления дисбалансов;

- разработки и реализации целевых программ, стимулирующих инвестиции в технологическое обновление и объекты интеллектуальной собственности, у которых критически низкая доля (0,2–0,5%) является системным ограничением для перехода к инновационной экономике;

- развития программ опережающей подготовки кадров для высокотехнологичных отраслей, создающих спрос на интеллектуальные активы.

Реализация этих мер будет способствовать диверсификации инвестиционной структуры и преодолению выявленной асимметрии, что является залогом долгосрочной конкурентоспособности и устойчивого развития региона.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Об утверждении Статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за деятельностью в сфере образования, науки, инноваций и информационного общества: приказ Федеральной службы государственной статистики от 25 ноября 2016 г. № 746 // Официальный интернет-портал правовой информации garant.ru. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71466644/> (дата обращения: 10.09.2025).
2. Общероссийский классификатор основных фондов ОК 013-2014 (СНС 2008): принят и введен в действие Приказом Росстандарта от 12.12.2014 № 2018-ст (ред. от 14.07.2025). — URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_184368/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_184368/) (дата обращения: 10.09.2025).
3. Росстат. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 10.09.2024).
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009: стат. сб / Росстат. — Москва, 2009. — 990 с.
5. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012: стат. сб / Росстат. — Москва, 2012. — 990 с.
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2013: стат. сб / Росстат. — Москва, 2013. — 990 с.
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017: стат. сб / Росстат. — Москва, 2017. — 1402 с.
8. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: стат. сб / Росстат. — Москва, 2018. — 1162 с.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: стат. сб / Росстат. — Москва, 2019. — 1204 с.
10. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: стат. сб / Росстат. — Москва, 2020. — 1242 с.
11. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: стат. сб / Росстат. — Москва, 2021. — 1112 с.
12. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: стат. сб / Росстат. — Москва, 2022. — 1122 с.
13. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023: стат. сб / Росстат. — Москва, 2023. — 1126 с.
14. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: стат. сб / Росстат. — Москва, 2024. — 1081 с.
15. Соколов Г.А. Теория вероятностей. Управляемые цепи Маркова в экономике / Г.А. Соколов, Н.А. Чистякова. — Москва: Физматлит, 2005. — 248 с.
16. Гаспарян А.Ф. Моделирование прогнозных значений вероятностей состояний систем с использованием цепей Маркова. / А.Ф. Гаспарян // Форум молодых ученых. — 2018. — № 12 (28). — С. 78–83.
17. Кирий В.Г. Анализ различных социально-экономических амбивалентных систем на основе теории цепей Маркова. / В.Г. Кирий // Известия Иркутской государственной экономической академии. — 2010. — № 4 (72). — С. 142–147.
18. Рогачева М.А. Особенности использования цепей Маркова в прогнозировании дебиторской задолженности. / М.А. Рогачева // Журнал правовых и экономических исследований. — 2013. — № 1. — С. 113–117.
19. Титов Н.Г. Построение теоретической модели прогнозирования уровня воды в реке горного типа с применением цепей Маркова. / Н.Г. Титов, М.В. Кузякина, К.А. Лебедев // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2015. — № 114 (10). — С. 1–11.
20. Чудинова О.С. Особенности применения цепей Маркова для выработки торговой стратегии на фондовом рынке. / О.С. Чудинова, О.Д. Назина // Индустриальная экономика. — 2025. — № 4. — С. 129–133. — DOI: 10.47576/2949-1886.2025.4.4.019
21. Шмидт А.В. Марковские модели экономических систем. / А.В. Шмидт, В.А. Чурюкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». — 2015. — № 3. — С. 100–105. — DOI: 10.14529/em090314
22. Kostoska O. On the Structure of the World Economy: An Absorbing Markov Chain Approach. / O. Kostoska, V. Stojkoski, L. Kocarev // Entropy. — 2020. — № 22. — DOI: 10.3390/e22040482

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Ob utverzhdenii Statisticheskogo instrumentariya dlya organizacii federal'nogo statisticheskogo nablyudeniya za deyatel'nost'yu v sfere obrazovaniya, nauki, innovacij i informacionnogo obshchestva [On approval of Statistical Tools for the organization of federal statistical monitoring of activities in the field of education, science, innovation and the Information Society]: Order of the Federal State Statistics Service dated November 25, 2016 No. 746 // Official Internet Portal of Legal Information garant.ru. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71466644/> / (accessed: 10.09.2025). [in Russian]

2. Obshcherossiiskij klassifikator osnovnyh fontov OK 013-2014 (SNS 2008) [The All-Russian classifier of basic fonts OK 013-2014 (2008 SNA)]: adopted and put into effect by Rosstandart Order No. 2018-st dated 12.12.2014 (as amended on 07/14/2025). — URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_184368/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_184368/) (accessed: 10.09.2025). [in Russian]
3. Rosstat. The official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat). — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (accessed: 10.09.2025). [in Russian]
4. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2009: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2009. — 990 p. [in Russian]
5. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2012: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2012. — 990 p. [in Russian]
6. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2013: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2013. — 990 p. [in Russian]
7. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2017: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2017. — 1402 p. [in Russian]
8. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2018: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2018. — 1162 p. [in Russian]
9. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2019: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2019. — 1204 p. [in Russian]
10. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2020: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2020. — 1242 p. [in Russian]
11. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2021: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2021. — 1112 p. [in Russian]
12. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2022: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2022. — 1122 p. [in Russian]
13. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2023: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2023. — 1126 p. [in Russian]
14. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. 2024: statistical collection / Rosstat. — Moscow, 2024. — 1081 p. [in Russian]
15. Sokolov G.A. Teoriya veroyatnostej. Upravlyaemye cepi Markova v e'konomike [Probability theory. Managed Markov Chains in Economics] / G.A. Sokolov, N.A. Chistyakova. — Moscow: Fizmatlit, 2005. — 248 p. [in Russian]
16. Gasparian A.F. Modelirovanie prognozny'x znachenij veroyatnostej sostoyanij sistem s ispol'zovaniem cepej Markova [Modeling of the forecast values of probabilities of state systems using Markov chains]. / A.F. Gasparian // Forum of Young Scientists. — 2018. — № 12 (28). — P. 78–83. [in Russian]
17. Kirij V.G. Analiz razlichny'x social'no-e'konomicheskix ambivalentny'x sistem na osnove teorii cepej Markova [Analysis of different social and economic ambivalent systems on the basis of the theory of Markov chains]. / V.G. Kirij // Proceedings of the Irkutsk State Academy of Economics. — 2010. — № 4 (72). — P. 142–147. [in Russian]
18. Rogacheva M.A. Osobennosti ispol'zovaniya cepej Markova v prognozirovanii debitorskoj zadolzhennosti [Features of using Markov chains in accounts receivable forecasting]. / M.A. Rogacheva // Journal of Legal and Economic Studies. — 2013. — № 1. — P. 113–117. [in Russian]
19. Titov N.G. Postroenie teoreticheskoy modeli prognozirovaniya urovnya vody' v reke gornogo tipa s primeneniem cepej Markova [Constructing a theoretical model predicting the level of water in a mountain river is using Markov's chains]. / N.G. Titov, M.V. Kuzyakina, K.A. Lebedev // Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. — 2015. — № 114 (10). — P. 1–11. [in Russian]
20. Chudinova O.S. Osobennosti primeneniya cepej Markova dlya vy'rabotki torgovoj strategii na fondovom ry'nke [Features of application of Markov chains for developing a trading strategy in the stock market]. / O.S. Chudinova, O.D. Nazina // Industrial economy. — 2025. — № 4. — P. 129–133. — DOI: 10.47576/2949-1886.2025.4.4.019 [in Russian]
21. Shmidt A.V. Markovskie modeli e'konomicheskix sistem [Markov's models of economic systems]. / A.V. Shmidt, V.A. Churyukin // Bulletin of the South Ural State University. Ser. 'Economics and Management'. — 2015. — № 3. — P. 100–105. — DOI: 10.14529/em090314 [in Russian]
22. Kostoska O. On the Structure of the World Economy: An Absorbing Markov Chain Approach. / O. Kostoska, V. Stojkoski, L. Kocarev // Entropy. — 2020. — № 22. — DOI: 10.3390/e22040482