

Е.С. Чернова

---

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО  
РАЗВИТИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

---

**Аннотация.** Целью статьи является разработка математической модели оптимального распределения расходов бюджета для достижения устойчивого социально-экономического развития регионов, которая демонстрируется на примере Кемеровской области. Для решения поставленной задачи использовались методы теории оптимальных дискретных процессов и регрессионного анализа. В ходе исследования на основе статистических данных по Кемеровской области построены уравнения динамики показателей социально-экономического развития региона; определены ограничения на управляющие параметры, в роли которых выступали доли расходов областного бюджета по одиннадцати статьям; предложены критерии качества в экономической, социальной и экологической сфере. В процессе исследования сформулирована многокритериальная задача оптимального управления с дискретным временем, построена стратегия распределения долей бюджета Кемеровской области за период 2018–2022 гг. Проведено сравнение полученного модельного распределения расходов с фактическими данными Министерства финансов Кузбасса для определения статей бюджета, в которые рекомендуется внести корректировки.

*Ключевые слова:* математическая модель, оптимальное управление, регион, устойчивое развитие, бюджет.

E.S. Chernova

---

APPLICATION OF OPTIMAL CONTROL THEORY METHODS  
TO BUILD A STRATEGY FOR SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT  
OF THE KEMEROVO REGION

---

**Abstract.** The article is aimed to construct a mathematical model for the optimal distribution of budget expenditures to achieve sustainable socio-economic development of the regions, which is demonstrated on the example of the Kemerovo region. Methods of the theory of optimal discrete processes and regression analysis were used as methods for solving the task. In the course of the study, on the basis of statistical data for the Kemerovo region, equations were constructed for the dynamics of indicators for the socio-economic development of the region; the constraints on control parameters were determined, which were the shares of regional budget expenditures for eleven items; quality criteria were proposed in the economic, social and environmental spheres. Thus, a multiobjective optimal control problem with discrete time was formulated. As a result of its solution, a strategy for distributing shares of Kemerovo region budget expenditures for the period 2018–2022 was built. The obtained model distribution of expenses was compared with the actual data of the Ministry of Finance of Kuzbass in order to determine the items in which it is recommended to make adjustments.

*Keywords:* mathematical model, optimal control, region, sustainable development, budget.

**Чернова Екатерина Сергеевна**

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики, Кемеровский государственный университет, город Кемерово. Сфера научных интересов: математическое моделирование социо-эколого-экономических систем, теория оптимальных процессов, теория игр. Автор 40 опубликованных научных работ. ORCID: 0000-0003-4613-2773, SPIN-код: 2331-5898, AuthorID: 662880.

Электронный адрес: elvangie@mail.ru

*Введение*

В последнее десятилетие глобальные экологические проблемы становятся всё более актуальными и как объект исследования ученых разных специальностей, и как предмет интереса общества в целом. Несмотря на то что термин «устойчивое развитие» появился в 1980-х годах, концепция устойчивого развития, объединяющая экономическую, экологическую и социальную сферы развития человечества, не перестает быть актуальной и продолжает развиваться. Так, в 2015 году государствами – членами ООН была принята «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»<sup>1</sup>, включающая 17 целей, направленных на обеспечение приемлемого уровня благосостояния общества, сохранение природных ресурсов и экономическое развитие. В 2018 году был разработан перечень национальных показателей достижения целей устойчивого развития (далее – ЦУР)<sup>2</sup>. Таким образом, в настоящее время одной из актуальных задач становится поиск научно обоснованных путей обеспечения оптимальных значений показателей устойчивого развития как на государственном, так и на региональном уровне. Одним из способов решения этой задачи может стать построение математических моделей, описывающих динамику изменения рассматриваемых показателей.

*Исследования в области моделирования устойчивого развития, проведенные за последнее десятилетие*

В настоящее время актуальны математические модели, ориентированные на изучение проблем как отдельных городов и регионов в целом [1–4], так и конкретных объектов административно-территориального деления [5–13].

Математические исследования в области устойчивого развития направлены на разработку индикаторов [4] и интегральных характеристик [13], построение когнитивных моделей социо-эколого-экономического развития [7], анализ перспективности программ экономического развития регионов при помощи методов математической логики [2], применение корреляционно-регрессионного анализа, эконометрического моделирования, нейронных сетей для изучения устойчивости и прогнозирования развития регионов [9; 11].

Необходимо отметить, что практически не встречается исследований, направленных на поиск оптимальных показателей социально-экономического развития территорий.

<sup>1</sup> Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development // United Nations. URL: <https://sdgs.un.org/2030agenda> (дата обращения: 28.10.2024).

<sup>2</sup> Данные по показателям ЦУР // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/data> (дата обращения: 28.10.2024).

Применение методов теории оптимального управления для разработки стратегии...

Подходящим способом решения такой задачи является построение моделей оптимального управления развитием регионов, чему посвящена данная работа. Анализ проблемы устойчивого социально-экономического развития проводится на примере Кемеровской области – Кузбасса.

*Построение математической модели устойчивого социально-экономического развития Кемеровской области*

В качестве методов исследования в данной работе выступают методы регрессионного анализа, оптимального управления, нелинейного программирования и имитационного моделирования.

Процесс построения математической модели осуществляется поэтапно.

**1. Определение показателей, соответствующих целям устойчивого развития**

Для построения модели необходимы показатели, актуальные для региона (в данном случае – для Кемеровской области), для которых есть соответствующие статистические данные на сайте Федеральной службы государственной статистики. Для представленного исследования рассматривались данные за период 2006–2019 годов. ЦУР и соответствующие им показатели приведены в Таблице 1.

Таблица 1

**Цели и показатели устойчивого развития Кемеровской области**

Цель устойчивого развития	Показатель устойчивого развития	Обозначение показателя
Ликвидация нищеты	Доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума, % от общей численности населения	$x_1$
Ликвидация голода	Продукция сельского хозяйства	$x_2$
Хорошее здоровье	Умершие от всех болезней	$x_3$
Чистая вода и санитария	Сброс сточных, транзитных и других вод	$x_4$
Достойная работа и экономический рост	Валовой региональный продукт	$x_5$
Индустриализация, инновации и инфраструктура	Число предприятий и организаций	$x_6$
Ответственное потребление и производство	Забор воды из природных водных объектов для использования	$x_7$
Борьба с изменением климата	Земли особо охраняемых территорий	$x_8$
Мир, правосудие и эффективные институты	Зарегистрировано преступлений, всего	$x_9$

**2. Определение управляющих параметров модели**

В роли управляющих параметров выступают доли расходов бюджета Кемеровской области по отдельным статьям в общей сумме расходов. Для построения модели использовались статистические данные по расходам за 2006–2019 годы, представленные на сайте Министерства финансов Кузбасса. В Таблице 2 приведены рассматриваемые статьи расходов областного бюджета и введенные для соответствующих долей расходов обозначения.

**Управляющие параметры модели социально-экономического развития  
Кемеровской области**

Статья расходов областного бюджета	Обозначение для управляющего параметра
Общегосударственные вопросы	$u_1$
Национальная безопасность и правоохранительная деятельность	$u_2$
Национальная экономика	$u_3$
Жилищно-коммунальное хозяйство	$u_4$
Охрана окружающей среды	$u_5$
Образование	$u_6$
Культура и кинематография	$u_7$
Здравоохранение	$u_8$
Социальная политика	$u_9$
Физическая культура и спорт	$u_{10}$
Средства массовой информации	$u_{11}$

### 3. Определение граничных значений расходов бюджета

Максимальные и минимальные доли расходов бюджета по каждой статье были определены из статистических данных за период 2006–2019 гг.

### 4. Построение уравнений динамики показателей устойчивого развития

Уравнения динамики формируются для показателей, перечисленных в Таблице 1, в зависимости от управляющих параметров из Таблицы 2. Уравнения строятся как модели авторегрессии, где в качестве зависимой переменной выступают показатели по ЦУР в момент времени  $t$ , а в качестве факторов – те же показатели в момент времени  $(t - 1)$  и доли бюджетных отчислений по статьям расходов. Для этого использовался программный пакет Statistica, инструмент «множественная регрессия с пошаговым включением». Рассматривались как линейные, так и нелинейные уравнения, и на основе полученного коэффициента детерминации выбиралась наиболее приемлемая модель.

В результате были получены уравнения динамики показателей следующего вида:

$$x_1(t) = 0,249x_1(t-1) - 0,830\ln(u_2(t)) - 0,280\ln(u_4(t)), \quad (1)$$

$$x_2(t) = 0,957x_2(t-1) + 0,080\ln(u_7(t)), \quad (2)$$

$$x_3(t) = 0,661x_3(t-1) + 0,343\ln(u_1(t)), \quad (3)$$

$$x_4(t) = 0,545x_4(t-1) + 0,362\ln(u_3(t)) + 0,260\ln(u_8(t)), \quad (4)$$

$$x_5(t) = 0,903x_5(t-1) - 0,210u_5(t) + 0,427u_9(t) - 0,360u_{10}(t) + 0,477u_{11}(t), \quad (5)$$

$$x_6(t) = 0,886x_6(t-1) + 0,390u_1(t), \quad (6)$$

Применение методов теории оптимального управления для разработки стратегии...

$$x_7(t) = 0,711x_7(t-1) + 0,312u_1(t), \quad (7)$$

$$x_8(t) = 0,199x_8(t-1) - 1,300u_1(t) + 2,200u_2(t) - 0,219u_5(t) - 0,430u_7(t), \quad (8)$$

$$x_9(t) = 0,841x_9(t-1) + 1,030u_3(t) + 0,371u_4(t) + 1,370u_6(t) - 2,300u_9(t) - 1,100u_{11}(t). \quad (9)$$

**5. Постановка задачи устойчивого развития региона в форме задачи оптимального управления**

Соотношения (1)–(9) будут выступать в качестве уравнений динамики фазовых переменных  $x_1, \dots, x_9$ . В качестве горизонта планирования рассматривается период  $T$  лет.

**5.1. Определение начального состояния региона**

Начальное состояние системы описывается значениями  $x^0$  фазовых переменных в тот момент времени, когда предполагается переход региона на путь устойчивого развития:

$$x(0) = x^0. \quad (10)$$

**5.2. Построение ограничений на управление**

Для построения ограничений на управление воспользуемся данными, полученными на третьем этапе исследования. Ограничения примут следующий вид:

$$\begin{aligned} 0,0128 \leq u_1(t) \leq 0,1444, \quad 0,0010 \leq u_2(t) \leq 0,1173, \quad 0,0971 \leq u_3(t) \leq 0,3578, \\ 0,0128 \leq u_4(t) \leq 0,0690, \quad 0,0100 \leq u_5(t) \leq 0,0122, \quad 0,1122 \leq u_6(t) \leq 0,3286, \\ 0,0013 \leq u_7(t) \leq 0,0348, \quad 0,0754 \leq u_8(t) \leq 0,2741, \quad 0,0504 \leq u_9(t) \leq 0,4926, \\ 0,0010 \leq u_{10}(t) \leq 0,0261, \quad 0,0010 \leq u_{11}(t) \leq 0,137. \end{aligned} \quad (11)$$

**5.3. Построение критерия оптимальности**

Для построения критерия оптимальности рассмотрим показатели в каждой из сфер триединой концепции устойчивого развития – экономической, социальной, экологической. Определим соответствующие цели устойчивого развития: «ликвидация нищеты», «хорошее здоровье и благополучие», «чистая вода и санитария». Таким образом, исходя из Таблицы 1 требуется минимизация показателей доли населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума ( $x_1$ ), численности умерших от всех болезней ( $x_3$ ) и сброса сточных, транзитных и других вод ( $x_4$ ). Окончательно критерий оптимальности представим в виде свертки рассматриваемых критериев, считая их равнозначными:

$$J(x^0, T) = \sum_{t=0}^T \frac{1}{3} (x_1(t) + x_3(t) + x_4(t)) \rightarrow \min_{u \in U}, \quad (12)$$

где  $U$  – множество допустимых управлений, определяемое соотношениями (11).

Построенная модель (1)–(12) представляет собой задачу оптимального управления с дискретным временем, где (1)–(9) – уравнения динамики, (10) – состояние системы в начальный момент времени, (11) – ограничения на управляющие параметры, (12) – функционал, характеризующий качество достижения цели управления.

**6. Сведение задачи оптимального управления к статической задаче оптимизации**

Далее динамическая задача (1)–(12) методом исключения фазовых переменных сводится к статической оптимизационной задаче с ограничениями, которую можно решать известными методами нелинейного программирования. При этом количество переменных  $11T$ . Целевая функция получается путем непосредственной подстановки выражений

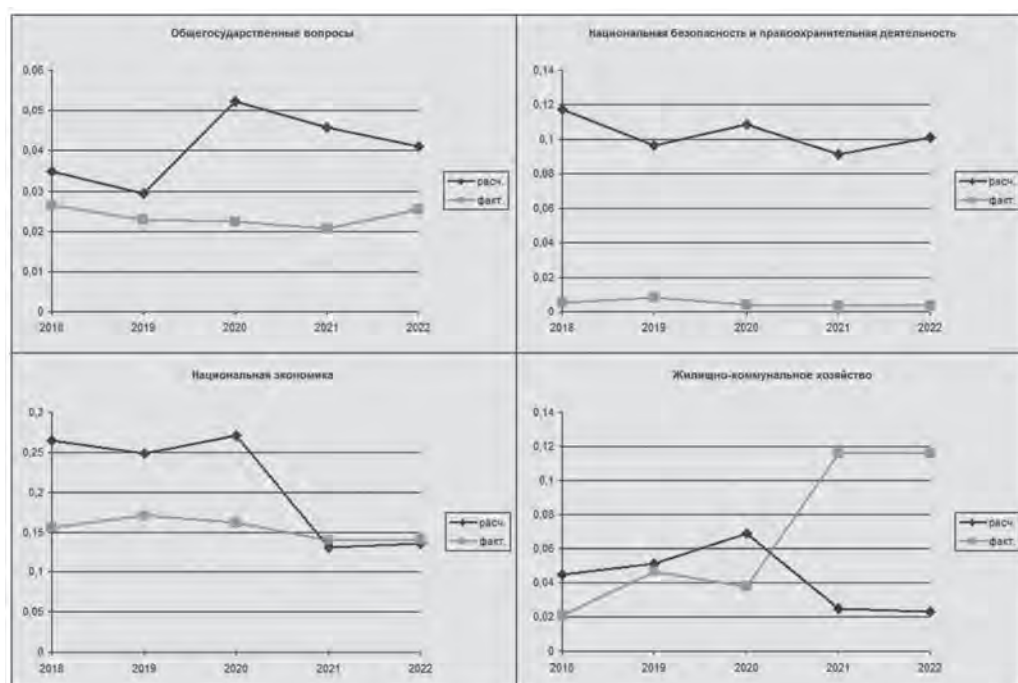
(1), (3), (4) через  $x^0$  и управляющие параметры (в каждый из рассматриваемых моментов времени) в соотношение (12).

#### *Расчет оптимального распределения расходов бюджета*

Для определения оптимального распределения расходов бюджета решается задача оптимизации, построенная на предыдущем этапе исследования.

Расчеты были осуществлены при помощи пакета «Поиск решения» Microsoft Excel. С использованием эволюционного поиска решения была получена оптимальная стратегия финансирования в 2018–2022 гг. Расчетная и фактическая стратегии развития региона представлены на Рисунках 1–3.

Доли расходов бюджета по первым четырем статьям представлены на Рисунке 1.



**Рисунок 1.** Фактические и расчетные значения долей  $u_1, \dots, u_4$  расходов бюджета Кемеровской области

*Источник:* здесь и далее рисунки выполнены автором

Доли расходов бюджета по статьям «Охрана окружающей среды», «Образование», «Культура и кинематография», «Здравоохранение» представлены на Рисунке 2.

Доли расходов бюджета по статьям «Социальная политика», «Физическая культура и спорт», «Средства массовой информации» представлены на Рисунке 3.



Применение методов теории оптимального управления для разработки стратегии...

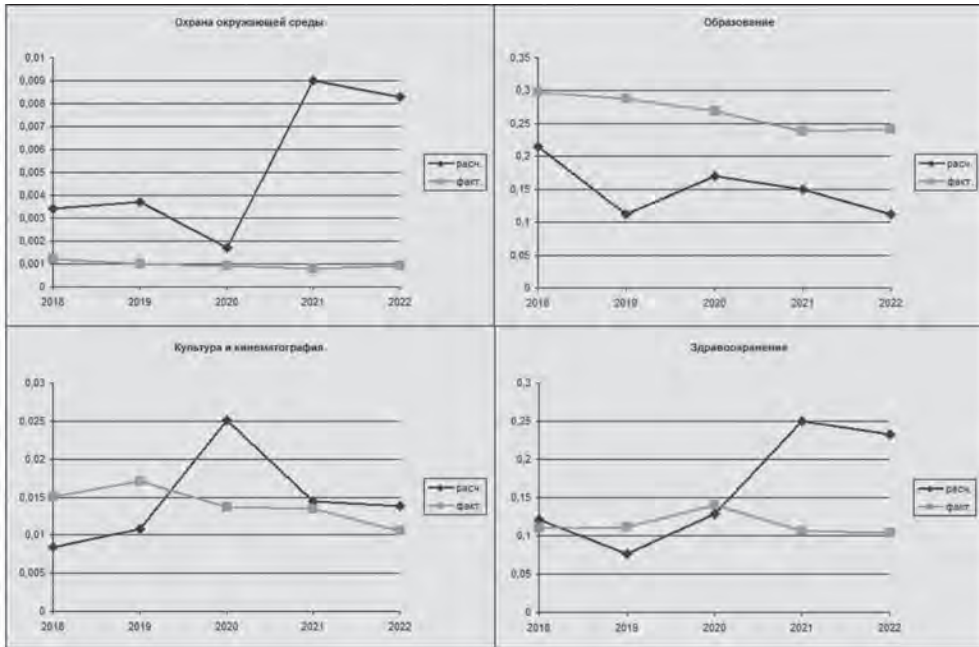


Рисунок 2. Фактические и расчетные значения долей  $u_5, \dots, u_8$  расходов бюджета Кемеровской области

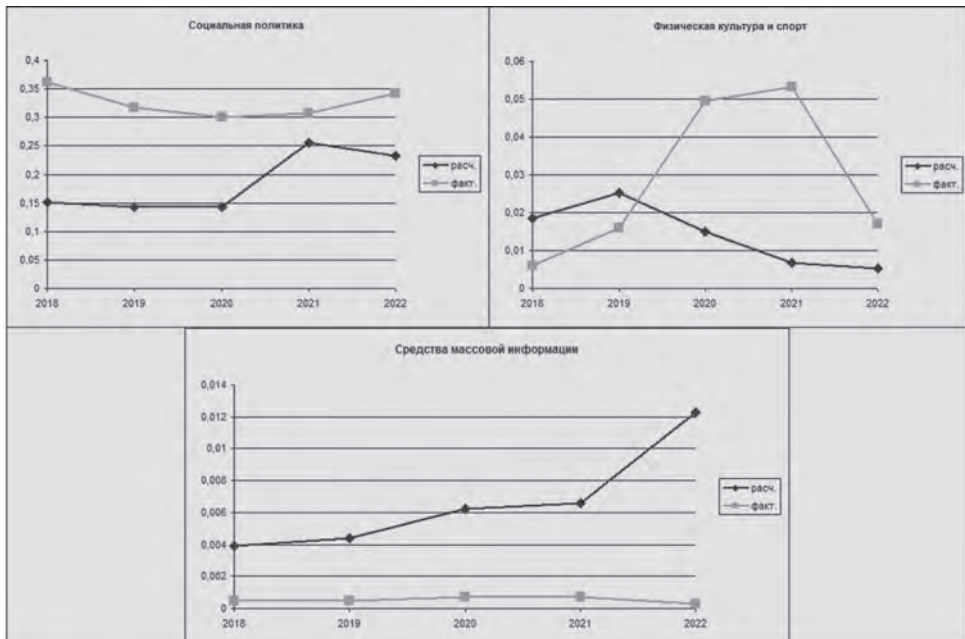


Рисунок 3. Фактические и расчетные значения долей  $u_9, u_{10}, u_{11}$  расходов бюджета Кемеровской области

*Анализ результатов исследования*

После проведенного исследования можно обозначить следующие результаты. Прежде всего, отметим увеличение расходов по статье «Общегосударственные вопросы», причем наибольший рост приходится на период 2020–2022 гг. Существенные расхождения наблюдаются по статье «Национальная безопасность и правоохранительная деятельность»: модельные значения превышают фактические на 8–11 %. В сфере национальной экономики оптимальные значения предполагают увеличение отчислений в первые три года на 8–10 % и небольшое снижение по сравнению с фактическими данными в последние два года. Таким образом, расчетная стратегия соотносится с реальными данными, начиная с 2021 года. Качественно подобная картина наблюдается и по статье «Жилищно-коммунальное хозяйство», однако в 2018–2020 гг. здесь предполагается незначительный рост отчислений, а в последние два года – снижение примерно на 9 %. Примерно такие же колебания происходят и с расходами по статье «Физическая культура и спорт». В сферах охраны окружающей среды и средств массовой информации различия между модельными и фактическими долями расходов оказались незначительными, однако расчетные показатели всё же предполагают небольшой рост отчислений, особенно в последние три года. В то же время модельные значения долей расходов по статьям «Образование» и «Социальная политика» оказались ниже фактических. По статье «Культура и кинематография» наблюдается снижение расчетных значений в сравнении с реальными данными в первые два года, существенное увеличение в 2020 году и далее небольшой рост. В сфере здравоохранения в 2021–2022 гг. модельные значения превысили фактические на 12–14 %.

При сравнении совокупного распределения долей расходов бюджета в каждом году можно заметить следующее.

В 2018 году в расчетных показателях большая доля бюджета выделяется на национальную экономику, а в фактических – на социальную политику. Однако вторым по величине распределения долей бюджета в обоих случаях является образование. Также модель предполагает значительно увеличить расходы на национальную безопасность.

В 2019 году по максимальным долям бюджета наблюдается схожая картина, однако на второй план выходят расходы на образование (согласно фактическим данным) и на социальную политику (согласно модели).

В 2020 году ситуация оказывается аналогичной той, что была получена для 2018 года.

В 2021 году происходит перераспределение бюджета. Согласно модели значительно увеличивается доля расходов на здравоохранение. Фактические данные, в свою очередь, демонстрируют значительный прирост средств в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Аналогичная ситуация наблюдается и в 2022 году.

В целом можно отметить, что как для расчетного, так и для фактического сценария есть предпочтительные сферы расходов бюджета: «Национальная экономика», «Национальная безопасность и правоохранительная деятельность», «Социальная политика», «Здравоохранение», «Образование».

*Выводы*

Необходимо подчеркнуть, что в работе приведен лишь один из возможных сценариев развития, и результаты расчетов в значительной степени зависят от выбранных критериев качества и рассматриваемых фазовых переменных. Данное исследование демонстрирует общую методику проведения подобных расчетов на примере Кемеровской области, однако для получения рекомендаций, имеющих важное практическое значение, может потре-



боваться дальнейшее расширение модели: доработка показателей по целям устойчивого развития, исследование сценариев развития при ином выборе критериев качества и начального состояния системы.

Полученная стратегия развития Кузбасса демонстрирует необходимость повышения расходов в сферы общегосударственных вопросов, национальной безопасности и правоохранительной деятельности, охраны окружающей среды и средств массовой информации.

### Литература

1. *Галибин И.Г.* Моделирование процессов стратегической трансформации механизма устойчивого развития регионального хозяйственного комплекса // Географические и экономические исследования в контексте устойчивого развития государства и региона : Материалы IV Международной научно-практической конференции : В 2 т. Донецк, 10–11 ноября 2022 г. / Под общ. ред. Е.Г. Кошелевой. Т. 1. Донецк : Донецкий национальный университет, 2022. С. 52–54. EDN OXTWQW.
2. *Канаметова Д.А.* К вопросу моделирования оптимальных программ устойчивого социально-экономического развития региона // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 4 (102). С. 73–79. EDN XWQOVL. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-4-102-73-79
3. *Оразбаев Б.Б., Сантеева С.А., Оразбаева К.Н.* Экологически устойчивое управление и развитие региона на основе экономико-математического моделирования // Вестник Казахского гуманитарно-юридического инновационного университета. 2019. № 3 (43). С. 69–74. EDN GLVBJG.
4. *Третьякова Л.А., Астахин А.С.* Теоретические и методологические основы моделирования устойчивого развития региональных социально-экономических систем // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. Т. 2. № 1. С. 39–43. EDN PBQQLS.
5. *Афанасьева Т.А.* Моделирование параметров перехода сельских территорий Новосибирской области к устойчивому развитию // International Agricultural Journal. 2022. Т. 65. № 2. EDN TOQMAW. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_6\_2\_11
6. *Иванько Я.М.* Моделирование некоторых аспектов устойчивого развития сельских территорий региона // Climate, ecology, agriculture of Eurasia : Materials of the international scientific-practical conference, Ulaanbaatar, 30–31 мая 2017 г. Ulaanbaatar : Mongolian University of Life Science, 2017. С. 71–81. EDN ZNWGYJ.
7. *Лесун Е.В., Ледящева Т.Н., Пинаев В.Е.* Моделирование социо-эколого-экономической системы города для разработки стратегии устойчивого развития // Отходы и ресурсы. 2022. Т. 9. № 3. EDN IAJXJL. DOI: 10.15862/14ECOR322
8. *Муртузалиев М.М.* Моделирование устойчивого развития аграрного сектора экономики // Горное сельское хозяйство. 2019. № 3. С. 21–29. EDN PCUIAI. DOI: 10.25691/GSH.2019.3.003.
9. *Трещевский Ю.И., Новиков В.А., Борзаков Д.В.* Прогнозирование динамики параметров устойчивого эко-социо-экономического развития регионов на основе методов эмпирического моделирования // Естественно-гуманитарные исследования. 2020. № 32 (6). С. 305–310. EDN YRLADJ. DOI: 10.24412/2309-4788-2020-10734
10. *Шамаева Е.Ф., Горюнова Е.А.* Геоинформационное моделирование регионального устойчивого развития с инвариантом «мощность» // Проблемы устойчивого развития региона : IX школа-семинар молодых ученых России, посвященная 70-летию академика РАН Арнольда Кирилловича Тулохонова, Улан-Удэ, 03–07 июля 2019 г. Улан-Удэ : Бурятский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 2019. С. 65–66. EDN NSADXA.

11. Lazareva E.I., Dong Y. Socio-ecological-economic evaluation of sustainability in managing regional development based on econometric modeling // Друкерровский вестник. 2020. No. 5 (37). P. 176–188. EDN ESOXBZ. DOI: 10.17213/2312-6469-2020-5-176-188
12. Yemelina N.K., Assanova M.A., Sitenko D.A. Analysis and modeling of indicators of sustainable development of regions in the Republic of Kazakhstan // Bulletin of Karaganda University. Economy Series. 2017. Vol. 86. No. 2. P. 40–46. EDN DBMBSO.
13. Михалева Е.В., Букиаишвили В.О. Моделирование процесса программно-целевого бюджетирования в условиях устойчивого развития социально-экономических систем // Экономика строительства и городского хозяйства. 2018. Т. 14. № 3. С. 227–236. EDN VUFXJQ.

### References

1. Galibin I.G. (2022) Modeling the Processes of Strategic Transformation of The Mechanism of Sustainable Development of the Regional Economic Complex. In: Kosheleva E.G. (Ed) *Geograficheskie i ekonomicheskie issledovaniya v kontekste ustoichivogo razvitiya gosudarstva i regiona* [Geographical and economic research in the context of sustainable development of the state and region] : Proceedings of the IV International scientific and practical conference. Donetsk, November 10–11, 2022. Vol. 1. Donetsk : Donetsk National University. Pp. 52–54. (In Russian).
2. Kanametova D.A. (2021) On the Issue of Modeling Optimal Programs for Sustainable Socio-Economic Development of the Region. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. No. 4 (102). Pp. 73–79. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-4-102-73-79 (In Russian).
3. Orazbayev B.B., Santeyeva S.A., Orazbayeva K.N. (2019) Environmentally Sustainable Management and Development of the Region Based on Economic and Mathematical Modeling. *Bulletin of Kazakh Humanitarian Juridical Innovative University*. No. 3 (43). Pp. 69–74. (In Kazakh).
4. Tret'yakova L.A., Astakhin A.S. (2020) Theoretical and Methodological Basis for Modelling Sustainable Development of Regional Socio-Economic Systems. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. Vol. 2. No. 1. Pp. 39–43. (In Russian).
5. Afanasieva T.A. (2022) Modeling the Parameters of the Transition of Rural Areas of the Novosibirsk Region to Sustainable Development. *International Agricultural Journal*. Vol. 65. No. 2. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_6\_2\_11 (In Russian).
6. Ivanyo Ya.M. (2017) Modeling of Some Aspects of Sustainable Development of Rural Areas in the Region. In: *Climate, ecology, agriculture of Eurasia* : Materials of the international scientific-practical conference, Ulaanbaatar, May 30–31, 2017. Ulaanbaatar : Mongolian University of Life Science Publ. Pp. 71–81. (In Russian).
7. Lesun E.V., Ledashcheva T.N., Pinaev V.E. (2022) Modeling of the Socio-Ecological and Economic System of the City for the Development of a Sustainable Development Strategy. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 9. No. 3. DOI: 10.15862/14ECOR322 (In Russian).
8. Murtuzaliev M.M. (2019) Modeling Sustainable Development of the Agricultural Sector. *Gornoe Sel'skoe Khozyaistvo*. No. 3. Pp. 21–29. DOI: 10.25691/GSH.2019.3.003 (In Russian).
9. Treschevsky Y.I., Novikov V.A., Borzakov D.V. (2020) Prediction of Dynamics of Sustainable Eco-Socioeconomic Development of Regions Based on Empirical Modeling Methods. *Natural-Humanitarian Studies*. No. 32 (6). Pp. 305–310. DOI: 10.24412/2309-4788-2020-10734 (In Russian).
10. Shamaeva E.F., Goryunova E.A. (2019) Geoinformation Modelling of Regional Sustainable Development with the “Power” Invariant. In: Paleev P.L., Pintaeva E.Ts. (Eds) *Problemy ustoichivogo razvitiya regiona* [Problems of sustainable development of the region] : IX school-seminar of young scientists

of Russia, dedicated to the 70<sup>th</sup> anniversary of the academician of the Russian Academy of Sciences A.K. Tulokhonov, Ulan-Ude, July 3–7, 2019. Ulan-Ude : Buryatia Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ. Pp. 65–66. (In Russian).

11. Lazareva E.I., Dong Y. (2020) Socio-Ecological-Economic Evaluation of Sustainability in Managing Regional Development Based on Econometric Modeling. *Drukerovskii vestnik*. No. 5 (37). Pp. 176–188. DOI: 10.17213/2312-6469-2020-5-176-188

12. Yemelina N.K. Assanova M.A., Sitenko D.A. (2017) Analysis and Modeling of Indicators of Sustainable Development of Regions in the Republic of Kazakhstan. *Bulletin of Karaganda University. Economy Series*. Vol. 86. No. 2. Pp. 40–46.

13. Mikhalova E.V., Bukiashvili V.O. (2018) Modeling of the Process of Program Budgeting in the Context of Sustainable Development of Socio-Economic Systems. *Economics of Civil Engineering and Municipal Economy*. Vol. 14. No. 3. Pp. 227–236. (In Russian).