
*Алексей Боровков, Ольга Незамаева, Марина Болсуновская
Ксения Елгина, Алексей Гинцяк, Жанна Бурлуцкая*

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ НА БАЗЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ

Данное исследование посвящено разработке и апробации инновационной дискретно-событийной модели в сфере социальной политики. Представленная модель фокусируется на оптимизации процесса обеспечения жилыми помещениями детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей. Модель, реализованная в программном продукте *AnyLogic*, демонстрирует, как с помощью имитационного моделирования можно анализировать и оптимизировать сложные социальные системы. Эксперименты с моделью

Алексей Иванович Боровков – к.тех.н., доцент, профессор, Высшая школа механики и процессов управления; руководитель, Центр Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии»; проректор по цифровой трансформации, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. Электронная почта: vicerector.ap@spbstu.ru

Ольга Борисовна Незамаева – начальник департамента по социальной политике, мэрия Новосибирска, Новосибирск, Россия. Электронная почта: ONezamaeva@admnsk.ru

Марина Владимировна Болсуновская – к.тех.н., доцент, Высшая школа интеллектуальных систем и суперкомпьютерных технологий; заведующая лабораторией «Промышленные системы потоковой обработки данных», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. Электронная почта: marina.bolsunovskaia@spbpu.com

Ксения Андреевна Елгина – зам. директора, начальник обособленного структурного подразделения «Проектный офис» МКУ «Агентство развития социальной политики», Новосибирск, Россия. Электронная почта: KElgina@admnsk.ru

Алексей Михайлович Гинцяк – зав. лабораторией «Цифровое моделирование промышленных систем», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. ORCID: 0000–0002–9703–5079. Электронная почта: aleksei.gintciak@spbpu.com

Жанна Владиславовна Бурлуцкая – мл.н.с., лаборатория «Цифровое моделирование промышленных систем», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. ORCID: 0000–0002–5680–1937. Электронная почта: zhanna.burlutskaia@spbpu.com

позволили оценить эффективность различных управленческих стратегий, включая изменение объема финансирования и распределения ресурсов между разными категориями получателей. Эксперимент позволяет понять, как информационные технологии могут служить мощным инструментом в руках разработчиков социальной политики, и показывает возможности планирования и реализации эффективных социальных программ. Апробация модели на базе Департамента по социальной политике мэрии г. Новосибирска подтвердила ее пригодность для практического применения. Особенностью данной работы является комплексный подход к анализу воздействия различных факторов на социальную систему и возможность прогнозирования динамики изменения ключевых показателей системы при разнообразных условиях. Это открывает перспективы для дальнейших исследований в области социального моделирования, включая интеграцию модели с динамическими демографическими прогнозами и анализом рынка недвижимости.

Ключевые слова: социально-экономические системы, имитационное моделирование, системы поддержки принятия решений, дискретно-событийный подход, социальная политика

DOI: 10.17323/727-0634-2023-21-4-677-692

Настоящее исследование фокусируется на важной социальной проблеме – разработке эффективных управленческих решений в сфере социальной политики, и, в частности, на процессе обеспечения жильем детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей. В силу особенностей этой проблемы и постоянно изменяющейся внешней среды, управление этим процессом представляет собой значительный вызов. Это требует разработки гибкого инструмента для поддержки принятия решений, который учитывает специфику ситуаций. В центре внимания находятся дети-сироты и дети, оставшиеся без попечения родителей, а также сотрудники органов исполнительной власти, работающие над решением этой задачи. Результатом этого процесса является не только своевременное обеспечение детей жильем, но решается и более широкий спектр задач, а именно благополучие детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей и их интеграция в общество. Подход к этому процессу как к социальной системе, базирующейся на взаимодействии различных участников для достижения общей цели, позволяет глубже понимать и эффективно управлять сложной задачей.

Главным элементом этой социальной системы является человек, который выступает одновременно как субъект, объект и потребитель решения. Один и тот же человек может проявлять свои личностные качества по-разному в различных организациях. Поэтому социальное управление представляет собой сложный и многогранный процесс взаимозависимых функций, которые связаны с определенными структурными

компонентами, характеризующимися подвижностью и изменчивостью (Анисимова 2015). В связи с этим, описание процесса принятия решений в социальных системах характеризуется высокой степенью неопределенности. Это объясняется постоянными изменениями в системе и множеством факторов, влияющих на ее функционирование и конечные результаты (Alghamdi et al. 2022; Harpring 2014).

Традиционные методы принятия решений, основанные на экспертных оценках, широко используются для описания социально-экономических систем (Демин 2014). Такие методы опираются на индивидуальные знания специалиста, и важную роль играют накопленный опыт или интуиция (Засканов 2012). Они особенно ценны в ситуациях, где формальные методы неэффективны из-за неопределенности параметров системы. Однако такие подходы часто ограничены слабой предсказательной способностью и ориентированы на краткосрочную перспективу, что снижает их пригодность для поддержки управленческих решений (Спицын 2011). Формальные статистические и оптимизационные модели также имеют ограничения в контексте анализа социально-экономических систем. Проблема заключается в том, что эти методы не учитывают комплексность и системную сложность задач в социальной сфере. Таким образом, часто ограничиваются решением конкретных задач без анализа структурных и причинно-следственных связей между взаимозависимыми системами (Alghamdi et al. 2022; Harpring 2014). Обозначенную научную проблему предлагается решать с помощью инструментов имитационного моделирования.

В свете вышеуказанных ограничений предлагается использовать инструменты имитационного моделирования. Оно позволяет интегрировать различные аспекты социально-экономических систем, учитывая их сложность и взаимосвязи (Alghamdi et al. 2022; Harpring 2014). Замена реальной системы имитационной моделью предоставляет исследователям уникальную возможность анализировать поведение системы в условиях различных внешних и внутренних воздействий. Это особенно ценно, поскольку проведение аналогичных экспериментов непосредственно в социально-экономической реальности невозможно. Имитационное моделирование находит широкое применение в исследованиях, связанных с образовательными и демографическими процессами, а также в моделировании политик, касающихся взаимодействия государства и общества. Однако стоит отметить, что большая часть таких исследований сталкивается с проблемой отсутствия практической апробации. Это связано с отсутствием площадок для практического применения и дальнейшего развития разработанных моделей.

В рамках данного исследования используется альтернативный подход к разработке имитационных моделей социально-экономических систем. Особенностью этого подхода является его ориентация на конкретную организацию. Он включает тщательный анализ организационных процессов

и определение основных проблемных областей. Такой подход аналогичен методам, используемым при внедрении информационных систем в частных предприятиях. Основой для исследования послужили реальные данные организации, что обеспечило значительное ускорение процесса практической апробации и последующей доработки прототипа модели.

Цель данной работы – разработка модели обеспечения жилыми помещениями детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей в г. Новосибирске. Модель можно использовать как инструмент принятия научно-обоснованных управленческих решений. Ключевые функциональные требования к разрабатываемому инструменту включают анализ системы для оценки влияния внешних и внутренних факторов, а также прогнозирование динамики ключевых показателей в различных условиях, включая управленческие решения и внешние обстоятельства. В процессе работы проводится анализ практик применения имитационного моделирования в исследованиях социальных процессов. На основе анализа данных о процессе обеспечения жилыми помещениями детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, формируются требования к модели и происходит выбор подходящего инструмента моделирования. Результатом работы становится дискретно-событийная модель, реализованная с использованием программного продукта *Anylogic*. Работа также включает в себя результаты численных экспериментов, проведенных с учетом потенциальных мер воздействия на систему как изнутри, так и извне.

Это исследование направлено на улучшение реализации социальной политики для различных категорий граждан путем внедрения информационных технологий в сферу управления социальной политикой муниципалитетов и регионов.

Имитационное моделирование социальных процессов

Развитие социально-экономических систем зависит от множества факторов, включая внешнюю среду и различные внутренние переменные. Одной из основных особенностей таких систем является неопределенность, обусловленная стохастичностью окружающей среды. Она может включать климатические изменения, чрезвычайные ситуации или изменения в поведении отдельных индивидов. В результате системы сталкиваются со множеством потенциальных путей развития и решений (Верба 2011). Выбор метода для принятия управленческих решений зависит от многих факторов: объема и качества доступной информации, временных рамок, сложности системы, а также от лиц, принимающих решения, и сторон, влияющих на развитие системы (Новикова 2015). Соответственно, необходим тщательный анализ опыта использования различных инструментов имитационного моделирования, с учетом задач, которые они решают, степени детализации и специфических характеристик анализируемых систем.

Рассмотреть опыт удачного применения имитационного моделирования можно на примере разработки моделей демографических и миграционных процессов (Ginis 2020; Макаров и др. 2022а). Показатели рождаемости и смертности напрямую влияют на динамику социальных процессов, что, в свою очередь, важно для понимания, например таких процессов, как инфляция, социальные волнения или нехватка ресурсов. Модели демографических процессов часто включаются в более широкие социальные модели, поскольку предоставляют важную информацию для понимания и прогнозирования социальных изменений (Patil et al. 1983). Они обычно не требуют высокой степени детализации, так как люди группируются в определенные демографические потоки. Использование инструментов системной динамики позволяет описать развитие этих потоков с учетом различных мер управленческого воздействия (Patil et al. 1983; Sušnik 2021).

Альтернативным подходом к моделированию демографических процессов является агентное моделирование, которое выделяется высокой степенью детализации и фокусируется на персональных стратегиях агентов или групп агентов (Макаров и др. 2022b). Такой подход наиболее применим для анализа систем с ограниченным количеством агентов, таких как предприятия, школы и больницы. Он также актуален при исследовании специфических демографических показателей, которые определяются доминирующими стратегиями различных категорий населения. Результаты агентного моделирования предоставляют прогнозы изменения численности и распределения населения в ответ на различные меры воздействия, таких, как прирост объема предоставляемых медицинских услуг, развитие инфраструктуры, изменение уровня доходов, увеличение брачного возраста, вариации доли стандартных защищённых пар (Patil et al. 1983; Hassen et al. 2022).

Так же, как и в случае демографических исследований, инструменты системной динамики и агентного моделирования активно используются для моделирования образовательных процессов. Модели системной динамики анализируют, например, абстрактные потоки студентов и преподавателей в целях обеспечения безопасности обучения, подготовки педагогических кадров или сотрудничества университетов с промышленными предприятиями (Namany et al. 2022; Allena-Ozolina, Bazbauers 2017). Агентное моделирование, напротив, фокусируется на анализе образовательных процессов с позиций индивидуальных стратегий поведения людей или групп. Этот подход позволяет оценивать субъективные аспекты и отражать разнообразие поведенческих паттернов (Leoni 2022).

В то время как вопросы цифровизации образовательных процессов, включая переход операций в цифровую среду, получили широкое освещение в рамках государственных (Цифровая школа 2017; Современная цифровая образовательная среда РФ 2019) и зарубежных инициатив (UNESCO 2022; e-Estonia 2019), темы моделирования и цифровизации процессов социальной

защиты населения остаются малоизученными и нуждаются в дополнительных исследованиях и поддержке (Стрелкова 2021).

Описание системы

В рамках настоящей работы объектом моделирования является процесс обеспечения жилыми помещениями детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей. Этот процесс является важной частью социальной поддержки этой категории граждан и предполагает выделение им жилья по достижении 18-летнего возраста. Процесс обеспечения жильем охватывает несколько ключевых этапов: получение финансирования Департаментом социальной политики Новосибирска (ДСПН) в рамках переданных государственных полномочий на приобретение жилых помещений; приобретение жилых помещений в пределах выделенных лимитов; непосредственная передача жилых помещений в пользование детям-сиротам и детям, оставшимся без попечения родителей по достижении ими 18 лет.

Несмотря на то, что право на получение жилого помещения приобретается при достижении совершеннолетия, процесс формирования списков начинается с 14 лет. На данный момент скорость предоставления жилых помещений сопоставима с темпами приобретения права на их получение. Однако существует значительная очередь, превышающая среднегодовое количество предоставляемых жилых помещений в 10–12 раз. Это приводит к среднему времени ожидания жилого помещения в 10–12 лет. В связи с этим требуется разработка стратегии по устранению очереди. Основным методом решения проблемы может стать увеличение финансирования. Однако следует учитывать ряд ограничений этого воздействия. Во-первых, возможности значительного наращивания финансирования ограничены; во-вторых, необходимо эффективно использовать выделенные средства в течение одного календарного года при дефиците необходимых специалистов. И в-третьих, важно учитывать экономический баланс на рынке недвижимости в регионе.

Соответственно, целью данной работы является разработка гибкого инструмента для сценарного прогнозирования изменений размеров очереди на получение жилого помещения, исходя из различных управленческих воздействий на систему, учитывая при этом существующие ограничения.

Для более детального понимания исследуемой системы, рассмотрим ее ключевые элементы. В системы выдачи предоставления жилых помещений основными участниками являются департамент социальной политики мэрии, дети-сироты и дети, оставшихся без попечения родителей. Дети учитываются количественно, с учетом их возрастной группы. Одним из основных факторов, определяющих процесс предоставления жилья, является размер финансирования, выделяемого из федерального и регионального бюджетов на приобретение жилых помещений. Также необходимо учитывать два важных фактора. Во-первых, лицам старше 23 лет

предоставляется возможность заменить выдачу жилого помещения на эквивалентный по стоимости сертификат на приобретение жилого помещения. Во-вторых, в случае решения суда, отдельные лица могут получить приоритетное право на получение жилья. Это означает, что люди, имеющие соответствующие судебные решения, будут обеспечены жильем в первую очередь, так как муниципалитет обязан исполнять решения суда. Кроме того, необходимо учитывать дополнительные данные, такие, как средняя стоимость одного кв.м. жилья в регионе и требования к жилым помещениям, предоставляемым детям-сиротам и детям, оставшимся без попечения родителей.

На основе анализа исходных данных и консультаций со специалистами ДСПН, была определена целевая функция модели. Этой функцией стал процесс сокращения переходного периода, при котором среднее время ожидания получения жилого помещения лицами, обладающими таким правом, не превышает один год. Таким образом, основными результативными показателями модели являются: количество граждан в очереди по категориям (в годовом разрезе) и изменение этого числа в зависимости от различных мер управленческого воздействия на систему; среднее время ожидания удовлетворения права на жилье в разрезе категорий лиц¹ (также в годовом разрезе) и его изменения под влиянием различных управленческих решений.

Соответственно, на следующем этапе необходимо разработать подход к описанию системы и выбрать соответствующий инструмент для имитационного моделирования. Отметим, что на данный момент нет готовых моделей для эффективного решения проблемы сокращения очереди, и все текущие решения принимаются на основе экспертных оценок.

Выбор инструмента моделирования

Для оценки процесса обеспечения жилыми помещениями детей-сирот, мы рассматриваем различные инструменты имитационного моделирования. С точки зрения агентного моделирования, систему можно представить как набор агентов, таких как дети-сироты, представители департамента по социальной политике, а также государство как источник финансирования. Однако разработка стратегий поведения каждого агента требует значительного объема данных, которые в настоящее время недостаточны для построения адекватно агентной модели (см.: Макаров, Бахтизин 2022; Hassen et al. 2022). В связи с этим мы отдали предпочтение инструментам с меньшей степенью детализации, но с возможностью

¹ Категории для моделирования включают: лица в возрасте 18–23 лет; старше 23 лет, предпочитающие получение квартиры; старше 23 лет, предпочитающие получение сертификата; имеющие судебные решения о получении жилого помещения.

сценарного моделирования. Они позволят нам оценить различные стратегии управления очередью и определить оптимальные пути решения этой социальной проблемы.

Использование инструментов системной динамики для моделирования процесса предоставления жилья позволит анализировать систему как совокупность связанных потоков (Patil et al. 1983; Sušnik 2021). Эти потоки включают в себя категории лиц, жилые помещения и объемы финансирования. Однако сложность системы, вызванная необходимостью учета разных категорий лиц и специфических особенностей процесса, предполагает применение более подходящего инструмента моделирования. Для этой цели мы предлагаем применять дискретно-событийное моделирование, которое позволяет анализировать систему путем разделения ее на взаимосвязанные последовательные события, меняющие статус элементов, проходящих через систему (Harping 2014). Именно поэтому дискретно-событийный подход успешно применяется для описания точек обслуживания клиентов и очередей. Этот подход позволяет учитывать детали и нюансы процессов, таких как время ожидания, приоритетность обслуживания, а также изменения в потоках и нагрузках на систему. Стоит отметить, что для описания социальных процессов дискретно-событийное моделирование используется значительно реже агентного моделирования и системной динамики. Однако в рамках поставленной задачи использование этого инструмента выглядит наиболее релевантным, поскольку обеспечивает учет всех исходных данных, а также позволяет получить значения необходимых показателей.

Разработка модели

В дискретно-событийном подходе система моделируется как последовательность событий, влияющих на сущности, которые перемещаются внутри системы. Каждое событие приводит к изменению состояния этих сущностей в соответствии с доступными ресурсами. Таким образом, модель будет описывать перемещение детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей (сущностей), начиная от включения в список (событие), и продолжаться до момента предоставления (событие) жилого помещения или сертификата (см. рис. 1 и табл. 1 электронного приложения).

В данной модели учет человека начинается с момента возникновения у него права на получение жилого помещения при достижении совершеннолетия или в случае переезда из другого региона. Затем, в ходе изменения его статуса, осуществляется перемещение через ряд дискретных событий до момента реализации права на получение жилого помещения. Модель оснащена множеством точек сбора данных, что позволяет мониторить не только ключевые показатели функционирования системы, но и промежуточные, обеспечивая тем самым гибкость в процессе управления.

Входные параметры модели, которые обеспечивают перерасчет состояний сущностей при прохождении через различные события, включают следующие данные: объемы финансирования обеспечения жилыми помещениями детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей по годам; текущую стоимость предоставляемого жилого помещения и сертификатов по годам; процент выдачи жилищных сертификатов; процент обращений в суд для ускорения процесса получения жилого помещения; процент средств, вкладываемых в жилые помещения на этапе строительства.

Ключевыми показателями модели являются: численность очереди по категориям и ее изменение в ответ на применяемые меры управления системой (распределение по годам); среднее время ожидания предоставления жилого помещения для различных категорий лиц, также с учетом мер воздействия на систему (распределение по годам).

Модификация объема финансирования задается через компоненты модели, имитирующие процесс выдачи жилья, в соответствии с заранее определенными сценариями воздействия.

Реализация модели выполнена в программной среде *AnyLogic*, с использованием нормированных количественных данных для обеспечения точности и достоверности результатов.

Результаты моделирования и обсуждение

Для всесторонней проверки модели и выполнения задания ДСПН по разработке стратегии ликвидации очереди на жилье, были разработаны и предложены следующие сценарии:

1. Базовый сценарий – предполагает прогнозирование изменения размера с учетом сохранения текущих уровней финансирования, стоимости квадратного метра и годового притока агентов.
2. Сценарий ликвидации очереди за десять лет – основан на увеличении финансирования и оценке его влияния на сокращение очереди, в разрезе категорий лиц.
3. Сценарий с увеличением доли жилищных сертификатов – анализирует влияние увеличенного финансирования с одновременным ростом процента выдачи жилищных сертификатов, в разрезе категорий лиц.
4. Сценарий перераспределения финансирования – предлагает балансировку бюджета с распределением: 40% на покупку жилья, 40% инвестиций в строительство, 20% на сертификаты.

Сценарии разработаны в тесном сотрудничестве с экспертами ДСПН, что обеспечило их реалистичность и применимость к текущим условиям.

Исходя из результатов моделирования базового сценария (см. рис. 2 электронного приложения), можно констатировать, что при сохранении текущих условий, включая уровень финансирования и механизмы обновления данных, очередь на получение жилья сократится всего на 10%

в течение следующих 20 лет. Это соответствует ожидаемому результату, указывает на неэффективность существующей системы и необходимость изменений для достижения более значимых результатов. Наблюдаемые в модели пики, скорее всего, свидетельствуют о годовых циклах бюджетного финансирования и обновлении списка ожидающих, что приводит к периодическим скачкообразным изменениям в динамике очереди.

Рассмотрим сценарий ликвидации очереди за десять лет за счет увеличения финансирования. На рис. 3 электронного приложения представлена динамика изменения размера очереди за десять лет. Ликвидация очереди в течение десяти лет возможна при увеличении финансирования на 120%. В этом случае очередь будет равномерно сокращаться среди всех рассматриваемых групп. Такая динамика была ожидаемой и результат позволяет предположить, что столь значительное увеличение бюджета может быть эффективным решением проблемы длительного ожидания жилья.

На рис. 4 электронного приложения изображена динамика изменения размера очереди на обеспечение жилыми помещениями в разрезе категорий лиц при доле выдачи жилищных сертификатов не менее 60%. Наблюдается, что при увеличении финансирования на 120% с одновременным повышением доли выдачи сертификатов, очередь для лиц старше 23 лет сокращается быстрее. Но в целом изменения скорости сокращения всей очереди не происходит, так как стоимость жилищного сертификата примерно равна стоимости жилого помещения. Есть и важный побочный эффект. Увеличение доли выдачи жилищных сертификатов снижает трудоемкость этого процесса, в связи с чем отпадает необходимость увеличения штата для ликвидации очереди в сжатые сроки.

Рассмотрим сценарий ликвидации очереди на обеспечение жильем в течение десятилетия с помощью релокации финансирования: 40% средств инвестируются в строительство, 40% на покупку квартир и 20% на жилищные сертификаты (см. рис. 5 электронного приложения). Такой подход требует дополнительных финансовых ресурсов на 20% меньше по сравнению с другими рассмотренными сценариями и обеспечивает более устойчивое и долгосрочное снижение числа ожидающих, так как темпы сокращения очереди снижаются в краткосрочной перспективе, но увеличиваются в моменты ввода жилых комплексов в эксплуатацию. На наш взгляд, этот сценарий обладает стратегическим преимуществом, так как предполагает более плавное воздействие на рынок недвижимости и создает инфраструктуру для устойчивого решения проблемы в долгосрочной перспективе. Однако все рассмотренные сценарии основаны на предположении значительного увеличения финансирования, что в реальных условиях невозможно. В связи с этим планируется дальнейшая доработка сценариев с учетом более реалистичных предпосылок воздействия на систему.

Рассмотрим фазовую диаграмму процесса ликвидации очереди в рамках оценки потенциальной финансовой эффективности процесса

обеспечения жильем детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей. На рис. 6 электронного приложения продемонстрировано сравнение различных сценариев управления системой с помощью анализа соотношений между скоростью сокращения очереди и затратами на реализацию этих сценариев, выраженными в объеме финансирования. Каждая точка на графике отражает статистически обработанные результаты экспериментов с имитационной моделью при заданных входных параметрах. Ряды точек показывают различные результаты выполнения одного сценария с изменяющимся уровнем финансирования. Этот график позволяет определить наиболее эффективный сценарий в зависимости от доступных ресурсов или поставленной цели. Сформированный таким образом профиль Парето, помогает лицам, принимающим решения, выбрать оптимальный объем финансирования, исходя из влияния каждого сценария на процесс сокращения очереди. Так, при финансировании до 300 единиц, наиболее эффективным является сценарий «вложение в строительство» (40+40+20), в то время как при финансировании свыше 350 единиц, предпочтение отдается сценарию с выдачей сертификатов.

Сценарий «вложение в строительство» (40+40+20) выделяется как наиболее перспективный, учитывая его способность поддерживать баланс на рынке недвижимости, снижать нагрузку на персонал ДСПН и требовать меньший объем финансирования. Вариант увеличения финансирования без его перераспределения между покупкой жилья и выдачей сертификатов оказывается менее предпочтительным из-за сложности с закупкой квартир и ограничений рынка недвижимости. Тем не менее этот сценарий служит важной проверкой для модели и является основой для разработки новых управленческих стратегий воздействия на систему.

Полученные результаты моделирования согласуются с ожиданиями и могут служить инструментом для оценки влияния объема и распределения финансирования на темпы ликвидации очереди. Однако данная модель не предназначена для долгосрочного прогнозирования, так как она не учитывает изменения в демографических показателях региона и колебания на рынке недвижимости. Соответственно, следующий этап работы предполагает доработку модели, включающую динамическое прогнозирование стоимости жилья и ее интеграцию с демографической моделью.

Заключение

В ходе данного исследования разработана и апробирована дискретно-событийная модель, направленная на оптимизацию процесса обеспечения жилыми помещениями детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей. Модель, реализованная в программном продукте *AnyLogic*, демонстрирует новые перспективы применения имитационного моделирования в социальной политике. Эксперименты с моделью позволили

оценить эффективность различных управленческих стратегий, включая изменение объема финансирования и пропорций распределения ресурсов между различными категориями получателей. Полученные результаты не только подтверждают возможность использования имитационного моделирования для решения сложных социальных задач, но и открывают новые горизонты для улучшения управления социальной политикой.

Дальнейшие исследования в области имитационного моделирования социальных систем могут быть направлены на углубление и расширение существующей модели. Например, на интеграцию модели с динамическими демографическими прогнозами и анализом рынка недвижимости. Такая интеграция позволит учитывать долгосрочные тренды и изменения в социально-экономической среде и повысить точность прогнозов для разработки более эффективных стратегий социальной политики.

Выражение признательности

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 075–03–2023–004 от 13.01.2023).

Редакция благодарит программу «Университетское партнерство» за поддержку и возможность опубликовать данную статью.

Материалы для анализа

Цифровая школа (2017) *О технологии*. Доступно по ссылке: <https://цифроваяшкола.рф/> (дата обращения: 1 июня 2023).

Современная цифровая образовательная среда РФ (2019) *О проекте*. Доступно по ссылке: online.edu.ru (дата обращения: 1 июня 2023).

UNESCO (2022) *Digital Learning and Transformation of Education*. Available at: https://e-estonia.com/solutions/education_and_research/education_system/ (accessed 1 June 2023).

e-Estonia (2019) *e-Schoolbag*. Available at: <https://www.unesco.org/en/digital-education/> (accessed 1 June 2023).

Список источников

Анисимова С. А. (2015) *Разработка управленческих решений в организации социального обслуживания*. М.: АПКИППРО.

Верба (2011) Модели принятия решений в слабоструктурированных системах региональной экономики. *Экономический анализ: теория и практика*, (22): 56–64.

Демин Г. А. (2019) *Методы принятия управленческих решений*. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т.

Засканов В. Г., Иванов Д. Ю. (2012) *Методы принятия управленческих решений*. Самарский государственный аэрокосмический университет им. Королева.

Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. (2022) Долгосрочное демографическое прогнозирование в новых реалиях. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 235 (3): 85–94.

Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Бекларян Г. Л., Акопов А. С., Стрелковский Н. В. (2022а) Моделирование миграционных и демографических процессов с использованием FLAME GPU. *Бизнес-информатика*, 16 (1): 7–21.

Макаров В. М., Бахтизин А. Р., Ильин Н. И., Сушко Е. Д., Нигматулин Р. И., Сидоренко М. Ю. (2022б) Цифровой двойник социально-экономической системы России, или искусственное общество на базе агентного подхода. Доступно по ссылке: <http://www.inesnet.ru/article/cifrovoy-dvojnuk-iskusstvennoe-obshhestvo-socialno-ekonomicheskoy-sistemy-rossii-platforma-dlya-eksperimentov-v-sfere-upravleniya-demograficheskimi-processami/> (дата обращения: 29 декабря 2022).

Новикова Т. П. (2015) К вопросу выбора методов принятия управленческих решений в социально-экономических системах. *Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования*, 2 (1): 286–289.

Спицын В. Г. (2011) *Разработка экспертных систем на основе нечетких правил вывода: методические указания к лабораторным работам*. Томск: ТПУ.

Стрелкова И. А. (2021) Актуальные аспекты цифровизации российского образования. *Социальные новации и социальные науки*, 1 (3): 96–106.

Alghamdi F., Tatari O., Alghamdi L. (2022) Enhancing the Decision-making Process for Public-Private Partnerships Infrastructure Projects: A Socio-Economic System Dynamic Approach. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69 (1): 1–22.

Allena-Ozolina S., Bazbauers G. (2017) System Dynamics Model of Research, Innovation and Education System for Efficient Use of Bio-Resources. *Energy Procedia*, (128): 350–357.

Ginis L. A. (2020) Methodological Basis of Simulation and Cognitive Modelling Technology of Socio-Economic Systems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1661 (1): 012035.

Harpring R., Evans G., Barber R., Deck S. (2014) Improving Efficiency in Social Services with Discrete Event Simulation. *Computers & Industrial Engineering*, (70): 159–167.

Hassen F. S., Kalla M., Dridi H. (2022) Using Agent-based Model and Game Theory to Monitor and Curb Informal Houses: A Case Study of Hassi Bahbah City in Algeria. *Cities*, (125): 103617.

Leoni (2022) An Agent-Based Model for Tertiary Educational Choices in Italy. *Research in Higher Education*, 63 (5): 797–824.

Namany S., Govindan R., Di Martino M., Pistikopoulos E., Linke P., Avraamidou S., Al-Ansari T. (2022) Developing Intelligence in Food Security: An Agent-based Modelling Approach of Qatar's Food System Interactions under Socio-economic and Environmental Considerations. *Sustainable Production and Consumption*, (32): 669–689.

Patil M. K., Janahani P. S., Ghista D. N. (1983) Mathematical Simulation of Impact of Birth Control Policies on Indian Population System. *Simulation*, 41 (3): 103–117.

Sušnik J., Masia S., Indriksone D., Brēmere I., Vamvakeridou-Lydroudia L. (2021) System Dynamics Modelling to Explore the Impacts of Policies on the Water-Energy-Food-Land-Climate Nexus in Latvia. *Science of The Total Environment*, (775): 145827.

*Aleksey Borovkov, Olga Nezamaeva, Marina Bolsunovskaya
Ksenia Elgina, Aleksei Gintciak, Zhanna Burlutskaya*

SOCIAL DECISION SUPPORT BASED ON A DIGITAL MODEL

This research is dedicated to the development and testing of an innovative discrete-event model in the field of social policy. The model presented focuses on optimizing the process of providing housing for orphans and children without parental care. The model implemented in the AnyLogic software product demonstrates how complex social systems can be analyzed and optimized using simulation modeling. Experimentation with the model allowed for the evaluation of various management strategies, including changes in funding levels and the allocation of resources to different categories of beneficiaries. This experiment allows us to understand how information technology can serve as a powerful tool in the hands of social policy makers and shows the possibilities for planning and implementing effective social programs. The model's suitability for practical application under real conditions was confirmed by its approval by the Social Policy Department of the Novosibirsk City Administration. The peculiarity of this work is an integrated approach to the analysis of the impact of various factors on the social system and the ability to predict the dynamics of changes in key indicators of the system under various conditions. This opens prospects for further research in the field of social modeling, including the integration of the model with dynamic demographic projections and real estate market analysis.

Keywords: socioeconomic systems, simulation modeling, decision support systems, discrete-event simulation, social policy

Aleksey Borovkov – Cand.Sci. (Tech.), Assoc. Prof., Prof., Graduate School of Mechanics and Control Processes; Chief, Center National Technology Initiative «Advanced Manufacturing Technologies»; vice-Rector for Digital Transformation, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation. Email: vicerector.ap@spbstu.ru

Olga Nezamaeva – Head of the Social Policy Department, Mayor's Office of Novosibirsk, Novosibirsk, Russian Federation. Email: ONezamaeva@admnsk.ru

Marina Bolsunovskaya – Cand.Sci. (Tech.), Assoc. Prof., Higher School of Intelligent Systems and Supercomputer Technologies; Head of Laboratory of Industrial Systems for Streaming Data Processing, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation. Email: marina.bolsunovskaia@spbpu.com

Ksenia Elgina – Head of the Project Office, Social Policy Development Agency of Novosibirsk, Novosibirsk, Russian Federation. Email: KElgina@admnsk.ru

Aleksei Gintciak – Head of Laboratory of Digital modeling of Industrial systems, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-9703-5079. Email: aleksei.gintciak@spbpu.com

Zhanna Burlutskaya – Junior researcher in the Laboratory of Digital modeling of Industrial systems, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-5680-1937. Email: zhanna.burlutskaya@spbpu.com

DOI: 10.17323/727-0634-2023-21-4-677-692

References

- Alghamdi F., Tatari O., Alghamdi L. (2022) Enhancing the Decision-making Process for Public-Private Partnerships Infrastructure Projects: A Socio-Economic System Dynamic Approach. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69 (1): 1–22.
- Allena-Ozolina S., Bazbauers G. (2017) System Dynamics Model of Research, Innovation and Education System for Efficient Use of Bio-Resources. *Energy Procedia*, (128): 350–357.
- Anisimova S. A. (2015) *Razrabotka upravlencheskikh resheniy v organizatsii sotsial'nogo obsluzhivaniya* [Development of management decisions in the organization of social services]. Moscow: APKiPPRO.
- Demin G. A. (2019) *Metody prinyatiya upravlencheskikh resheniy* [Management decision-making methods]. Perm': Perm University.
- Ginis L. A. (2020) Methodological Basis of Simulation and Cognitive Modelling Technology of Socio-Economic Systems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1661 (1): 012035.
- Harpring R., Evans G., Barber R., Deck S. (2014) Improving Efficiency in Social Services with Discrete Event Simulation. *Computers & Industrial Engineering*, (70): 159–167.
- Hassen F. S., Kalla M., Dridi H. (2022) Using Agent-based Model and Game Theory to Monitor and Curb Informal Houses: A Case Study of Hassi Bahbah City in Algeria. *Cities*, (125): 103617.
- Leoni (2022) An Agent-Based Model for Tertiary Educational Choices in Italy. *Research in Higher Education*, 63 (5): 797–824.
- Makarov V. L., Bakhtizin A. R. (2022) Dolgosrochnoe demograficheskoe prognozirovanie v novykh realiyakh [Long-term demographic forecasting in the new realities]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii* [Long-term demographic forecasting in the new realities], 235 (3): 85–94.
- Makarov V., Bakhtizin A., Beklaryan G., Akopov A., Strelkovskii N. (2022a) Modelirovanie migratsionnykh i demograficheskikh protsessov s ispol'zovaniem FLAME GPU [Simulation of Migration and Demographic Processes Using FLAME GPU]. *Biznes-informatika* [Business Informatics], 16 (1): 7–21.
- Makarov V. M., Nigmatulin R., Bakhtizin A., Sushko E., Ilyin N., Sidorenko M. (2022b) *The Digital Twin (Artificial Society) of the Socio-Economic System of Russia is a Platform for Experiments in the Field of Managing Demographic Processes*. Available at: <http://www.inesnet.ru/article/cifrovoy-dvoynik-iskusstvennoe-obshchestvo-socialno-ekonomicheskoy-sistemy-rossii-platforma-dlya-eksperimentov-v-sfere-upravleniya-demograficheskimi-processami/> (accessed 29 December 2022).
- Namany S., Govindan R., Di Martino M., Pistikopoulos E., Linke P., Avraamidou S., Al-Ansari T. (2022) Developing Intelligence in Food Security: An Agent-based Modelling Approach of Qatar's Food System Interactions under Socio-economic and Environmental Considerations. *Sustainable Production and Consumption*, (32): 669–689.

Novikova T. P. (2015) K voprosu vybora metodov prinyatiya upravlencheskikh resheniy v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh [On the issue of choosing methods of managerial decision-making in socio-economic systems]. *Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskoy kompleks: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya* [Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects of rational use], 2 (1): 286–289.

Patil M. K., Janahani P. S., Ghista D. N. (1983) Mathematical Simulation of Impact of Birth Control Policies on Indian Population System. *Simulation*, 41 (3): 103–117.

Spitsyn V. G. (2011) *Razrabotka ekspertnykh sistem na osnove nechetkikh pravil vyvoda: metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam* [Development of expert systems based on fuzzy inference rules: guidelines for laboratory work]. Tomsk: TPU.

Strelkova I. A. (2021) Aktual'nye aspekty tsifrovizatsii rossiyskogo obrazovaniya [Topical aspects of digitalization of Russian education]. *Sotsial'nye novatsii i sotsial'nye nauki* [Social innovations and social sciences], 1 (3): 96–106.

Sušnik J., Masia S., Indriksone D., Brēmere I., Vamvakeridou-Lydroudia L. (2021) System Dynamics Modelling to Explore the Impacts of Policies on the Water-Energy-Food-Land-Climate Nexus in Latvia. *Science of The Total Environment*, (775): 145827.

Verba V. A. (2011) Modeli prinyatiya resheniy v slabostrukturovannykh sistemakh regional'noy ekonomiki [Decision-making models in poorly structured systems of the regional economy]. *Ekonomicheskyy analiz: teoriya i praktika* [Economic analysis: theory and practice], (2): 56–64.

Zaskanov V. G., Ivanov D. Y. (2012) *Metody prinyatiya upravlencheskikh resheniy* [Methods of managerial decision-making]. Samara State University.