

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и кибербезопасности
Высшая школа программной инженерии

Работа допущена к защите

Директор ВШПИ

_____ П.Д.Дробинцев

« ____ » _____ 2024 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

работа бакалавра

БИБЛЕОТЕКА КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СОЦИОЛОГОВ

по направлению подготовки (специальности)

02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность (профиль)

02.03.02_02 Информатика и компьютерные науки

Выполнил студент гр.
5130202/00201

Е.А. Козлова

Руководитель
профессор, доктор технических наук

Ю.Б. Сениченков

Консультант
по нормоконтролю

Е.Г.Локшина

Санкт-Петербург

2024

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО
Институт компьютерных наук и кибербезопасности
Высшая школа программной инженерии

УТВЕРЖДАЮ

Директор высшей школы

П.Д. Дробинцев

«26» апреля 2024 г.

ЗАДАНИЕ

по выполнению выпускной квалификационной работы

студенту Козловой Елене Александровне, группа 5130202/00201

1. Тема работы: Библиотека компьютерных моделей для социологов
2. Срок сдачи студентом законченной работы: 31.05.2024
3. Исходные данные по работе: среда моделирования AnyDinamics, статьи, содержащие модели по социологии
4. Содержание работы (перечень подлежащих разработке вопросов):
 - Актуальность исследования
 - Анализ существующих математических моделей в области социологии
 - Разработка моделей, описывающих социальные процессы
 - Разработка руководства, как строить модели в AnyDinamics с примерами
 - Анализ полученных результатов
5. Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей):
6. Консультанты по работе:
7. Дата выдачи задания 26.04.2024

Руководитель ВКР

(подпись)

Сениченков Ю. Б.

Задание принял к исполнению 26.04.2024

Студент

(подпись)

Козлова Е. А.

РЕФЕРАТ

На 57 с., 45 рисунков, 1 таблица, 1 приложение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ANYDYNAMICS, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ, СОЦИОГЕНЕЗ, СОУИАЛЬНАЯ ДИФФУЗИЯ.

Тема выпускной квалификационной работы: «Библиотека компьютерных моделей для социологов».

Данная работа посвящена исследованию социальных процессов в среде моделирования AnyDynamics, составлению подробного руководства для пользователей, изучающих гуманитарные науки. Задачи, которые решались в ходе исследования:

1. Выбор наиболее распространенных моделей для реализации.
2. Классификация этих моделей.
3. Реализация в среде моделирования AnyDynamics.
4. Составление методического пособия для будущего использования моделирования социологами.

Работа проведена с помощью реальных моделей, исследуемых в социологии. Были подобраны 13 моделей, описывающие социальные процессы, подробно разобраны и реализованы в среде AnyDynamics, показывая наглядно, каким образом строится модель, как выставляются параметры, формулы, карты состояний и т.д.

В результате была проанализирована работа со средой моделирования и математическими моделями. Разработано руководство с описанием работы программы и исследованием математического описания социальных процессов.

ABSTRACT

57 pages, 45 figures, 1 table, 1 appendix.

KEYWORDS: ANYDINAMICS, MATHEMATICAL MODELING, SOCIAL PROCESSES, SOCIOGENESIS, SOCIAL DIFFUSION.

The topic of the final qualifying work: "Library of computer models for sociologists".

This work is devoted to the study of social processes in the AnyDynamics modeling environment, compiling a detailed guide for users studying the humanities. Tasks that were solved during the research:

1. Choosing the most common models to implement.
2. Classification of these models.
3. Implementation in Any Dynamics modeling environment.
4. Compilation of a methodological guide for the future use of modeling by sociologists.

The work was carried out using real models studied in sociology. 13 models describing social processes were selected, analyzed in detail and implemented in the AnyDynamics environment, showing clearly how the model is built, how parameters, formulas, and state maps are set.

As a result, the work with the modeling environment and mathematical models was analyzed. A manual describing the work of the program and a study of the mathematical description of social processes have been developed.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СОЦИОЛОГИИ.	9
ГЛАВА 2. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	19
2.1. AnyDynamics.....	19
2.2. MatLab.....	20
2.3. OpenModelica.	20
2.4. AnyLogic.....	21
ГЛАВА 3. РУКОВОДСТВО ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	21
3.1. Однокомпонентные динамические системы.	21
3.1.1. Модель логистического роста.....	22
3.1.2. Модель SIR	25
3.1.3. Моделирование процесса социогенеза.	27
3.2. Однокомпонентные гибридные системы.....	31
3.2.1. Моделирование социальной диффузии.	31
3.2.2. Зависимость эффективного охвата от числа размещений рекламы.	35
3.2.3. Модель динамики обучения.....	38
3.2.4. Модель гонки вооружений.....	41
3.3. Многокомпонентные системы с входами-выходами	42
3.3.1. Модели конкуренции и сотрудничества.....	43
3.3.2. Модель социальных институтов.....	46
3.3.3. Модель «Политическая дифференциация-степень адаптации».....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	53
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. НАЧАЛО РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ.....	55

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе, где технологические инновации переплетаются с социальными и культурными явлениями, существует высокая необходимость в систематизации и обработке сложных социальных процессов и данных. Социологические исследования, направленные на понимание динамики общественных процессов, требуют эффективных инструментов для анализа и моделирования. В данном контексте, разработка и реализация библиотеки компьютерных моделей становится актуальной задачей, предоставляя социологам инновационный инструмент для более глубокого понимания социальных явлений.

Основной вклад данной работы заключается в том, что она предлагает не только средства для моделирования социальных процессов, но также разрабатывает методологические подходы к применению этих моделей в социологических исследованиях, с помощью которых социологи смогут научиться использовать математическое моделирование. Использование современных вычислительных машин и алгоритмов обеспечивает более глубокий анализ динамических взаимосвязей в обществе, что позволяет получить более точные результаты.

Научная значимость работы заключается в предоставлении социологическому сообществу руководства по моделированию, способного значительно улучшить качество исследований и понимания в области социальных наук. Библиотека компьютерных моделей поможет упростить задачу исследования социальных явлений и может послужить основой для дальнейших теоретических и прикладных исследований в области социологии. Изучение поведения социальных явлений через компьютерное моделирование представляет собой перспективный подход, который увеличивает методологический объем социологических исследований. Это позволяет не

только более глубоко понимать структуру и динамику взаимодействий общества, но и предсказывать возможные развития и эффективно планировать социальные процессы.

В социологии наблюдается повышенный интерес к коммуникации с компьютерным моделированием, компьютерное моделирование является второй стадией математического моделирования. И то и другое требует специальных знаний, которые могут отсутствовать у социологов, поэтому наша задача откликнуться на запросы к моделированию и помочь, рассказав о математических моделях, связав их с социальными процессами, также рассказать о средствах реализации математических моделей на компьютерах, тем самым составить набор примеров, с которых социологи смогут начинать работать с моделированием. И в будущем, обращаясь к пособию, они будут иметь возможность двинуться вперед и начать создавать свои модели.

Я откликаюсь на запросы социологов научиться использовать математическое моделирование и помогу научиться пользоваться компьютерными средами, в основе которых находятся наборы математических моделей. Обращаясь к литературе, я отобрала те примеры, которые можно использовать в социологии.

Цель работы:

Цель моей работы заключается в создании комплексной библиотеки компьютерных моделей, специально адаптированной для потребностей социологических исследований. Помочь социологам начать использовать компьютерные модели, опираясь и применяя универсальные среды, такие как: AnyDynamics, MatLab, OpenModelica, которые интуитивно понятны даже социологам при наличии минимального знания о компьютерах.

ГЛАВА 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СОЦИОЛОГИИ.

Математическая модель — это набор математических отношений, представляющих важные свойства реального объекта, устанавливая связь между параметрами изучаемого процесса. Она построена с определенным намерением, чтобы её анализ позволил глубже понять явление. Процесс создания и исследования таких моделей называется математическим моделированием[3]. Компьютерное моделирование является следующей стадией математического моделирования и представляет собой научный метод, использующий компьютерные программы и алгоритмы для создания абстрактных или математических моделей объектов, процессов или систем. Этот метод позволяет анализировать поведение и взаимодействие различных компонентов в виртуальной среде, что упрощает понимание сложных явлений и процессов, которые трудно изучить в реальных условиях. Компьютерное моделирование может воссоздавать и прогнозировать динамику систем, исследовать влияние различных параметров на результаты и проводить виртуальные эксперименты. Этот метод имеет критическое значение в различных областях, начиная от науки, инженерии, медицины, экономики до социологии. Например, в социологии компьютерные модели используются для изучения социальных взаимодействий, аллокации ресурсов, групповой динамики и других феноменов социальных систем. Создание и анализ виртуальных моделей обеспечивают исследователям возможность лучше понимать сложные явления и эффективно прогнозировать результаты различных сценариев. Компьютерное моделирование также служит инструментом для тестирования гипотез, управления рисками и разработки оптимальных стратегий в различных научных и промышленных областях [25].

В 1970-е годы социологи стали использовать компьютерные алгоритмы для описания социальных процессов и изучения последствий взаимодействий. Тогда начали развиваться модели, которые использовали компьютерные технологии для описания социальных процессов. С тех пор вычислительные модели начали играть критическую роль в исследованиях социальных наук, поскольку они способны выявлять свойства, которые невозможно обнаружить с помощью человеческих аналитических способностей. Эти модели обеспечивают формализм для социальных процессов, позволяя исследовать их внутреннюю структуру и полноту теории. Таким образом, вычислительный подход принес высокую точность исследованиям в социальных науках и доказал свою значимость в решении реальных социальных проблем.

Вычислительные модели впервые использовались для изучения крупномасштабных социальных процессов, относящихся к группам общества. Эти модели были сформулированы как наборы переменных, описывающих основные свойства в моделируемой среде [10]. Сегодня компьютерное и математическое моделирование является важным инструментом в социологии, позволяя ученым анализировать сложные социальные явления и прогнозировать будущие социальные и экономические процессы. Эти модели предоставляют мощные современные средства для понимания и представления данных, выявления скрытых закономерностей и разработки эффективных социальных стратегий. Математические уравнения позволяют видеть, как каждая переменная эволюционирует во времени, а также как изменяется поведение функции с изменением других переменных. Компьютерное моделирование очень часто применяется в изучении экономических и демографических процессов. Однако упор на групповые свойства не дает возможности тщательно исследовать взаимосвязи между различными уровнями — от отдельных агентов до групп, организаций и целых обществ. Большинство современных вычислительных моделей стремятся интегрировать структуры социального взаимодействия как отдельных агентов, так и групп [10].

Модель распространения информации - один из примеров компьютерного моделирования. Такие модели обычно строятся на уравнениях, аналогичных тем, что используются для описания распространения эпидемий. Например, модель SIS (susceptible-infected-susceptible) описывает, как информация распространяется среди пользователей социальной сети, кто ее передает и как долго она остается актуальной. В модели SIS пользователи делятся на три категории: восприимчивые, те пользователи, которые еще не получили информацию, но готовы ее воспринять (например, люди, которые еще не слышали какие-либо новости), зараженные, те пользователи, кто уже получил информацию и распространяет ее дальше, и вновь восприимчивые после того, как информация теряет актуальность, то есть те пользователи, которые распространяли информацию, могут перестать это делать и стать снова восприимчивыми к новой информации (например, новость теряет актуальность и человек перестает ее передавать). Математические уравнения описывают переходы между этими состояниями, позволяя предсказать скорость и масштаб распространения информации [20]. Основной механизм работы модели заключается в передаче информации и потере интереса. Восприимчивые пользователи могут получать информацию от зараженных, например, через репосты в социальных сетях или личные сообщения. Зараженные пользователи через какое-то время могут перестать распространять информацию, если она устаревает или теряет интерес. Вышеописанная модель применяется для анализа распространения информации, то есть она помогает понять, каким образом информация распространяется по сети, насколько быстро и широко она разойдется. Чаще всего этот анализ используется для маркетинговых кампаний. Например, с помощью модели можно определить оптимальные моменты для выпуска информации, способы ее распространения, запуск новых продуктов, анализ влияния новостей или предотвращение дезинформации. Понимание механизма распространения информации помогает в разработке стратегий для предотвращения ложной или вредоносной информации. Модель SIS достаточно проста, но очень эффективна для понимания основополагающих принципов

распространения информации. Она позволяет предсказать не только, как информация будет двигаться через сеть, но и выделить факторы, которые влияют на ее распространение.

Еще одним важным примером является модель эпидемии поведения, которая помогает понять, как люди в обществе принимают новые нормы, модные тенденции или изменяют своё поведение под влиянием окружающих. В этой модели индивиды могут переходить между разными состояниями в зависимости от их поведения и влияния, которое оказывают на них другие люди. Также, эта модель может включать в себя параметры, отражающие склонность индивидов к изменению своего поведения под влиянием окружающих [22]. Основными компонентами будут: склонность к изменению поведения, то есть люди могут быть более или менее склонны к изменению своего поведения под влиянием окружающих, в основном, это зависит от личных качеств, социальных связей или текущей ситуации, влияние окружающих, как правило, люди часто меняют свое поведение, видя, что делают другие, например, если большинство людей некоторой группы начинают следовать новой моде или меняет мнение на какую-либо тему, остальные могут последовать их примеру, социальное давление, которое со стороны окружающих может играть значительную роль в изменении поведения, например, это может быть как явное давление (прямые призывы к изменению поведения), так и неявное (стремление соответствовать кому-либо). Люди могут принять новое поведение или норму, если видят, что это делают многие другие, или если они получают достаточное количество информации и примеров или могут отказаться от нового поведения, если оно перестает быть популярным или если они сталкиваются с плохими последствиями. Эта модель также достаточно проста и имеет высокую популярность в сфере маркетинга и рекламы, поскольку компании используют эту модель для планирования рекламных кампаний, стремясь понять, как и почему люди будут менять своё поведение и какие факторы этому способствуют. Также модель распространена в политической и исследовательской сфере, поскольку помогает исследователям

и политикам понять, как и каким образом внедрять новые социальные нормы, такие как экологическое поведение или здоровый образ жизни. Модель эпидемии поведения позволяет глубже понять механизмы социальных изменений и выявить ключевые факторы, способствующие или препятствующие распространению новых тенденций, тем самым, эффективнее планировать кампании по внедрению изменений в различных сферах общества, потому что математическое описание таких процессов помогает понять, какие факторы способствуют быстрому принятию новых норм, а какие могут препятствовать этому.

Социальные процессы могут быть реализованы с помощью агентного моделирования [11]. Агентное моделирование, или агент-ориентированное моделирование (АОМ), — это метод симуляции, используемый для изучения поведения и взаимодействий большого числа индивидуальных агентов в сложных системах. Агенты могут быть людьми, животными, организациями или любыми другими сущностями, которые взаимодействуют друг с другом и окружающей средой. Этот метод широко применяется в социологии для анализа и предсказания социальных явлений. Представим, что мы хотим изучить, как новая экологическая практика, такая как отдельный сбор мусора, распространяется в сообществе. В агентной модели каждый агент будет представлять человека с определенными характеристиками, такими как осведомленность о проблеме и готовность менять поведение. Среда будет включать факторы, такие как доступность контейнеров для отдельного сбора мусора. Правила взаимодействия будут определять, как люди узнают о практике (например, через соседей или социальные сети) и как их поведение меняется на основе опыта и наблюдений. Агентное моделирование имеет несколько основных компонентов: агенты, индивидуальные сущности с определенными характеристиками и правилами поведения, они могут обладать разными атрибутами, такими как возраст, пол, социальный статус, предпочтения и т.д., среда, то есть пространство, в котором агенты взаимодействуют, например, это

может быть физическая среда или абстрактная среда, набор правил взаимодействия, определяющих, как агенты взаимодействуют друг с другом и со средой. Сами агенты могут обладать способностью адаптироваться и учиться на основе опыта, что позволяет моделировать эволюцию их поведения со временем.

Один из наиболее известных примеров агент-ориентированного моделирования — это модель сегрегации Томаса Шеллинга [23]. Эта модель демонстрирует, как небольшие предпочтения индивидов относительно соседства с людьми своей этнической группы могут привести к значительной сегрегации на уровне всего города. В этой модели агенты размещаются на сетке, где каждая ячейка представляет собой возможное место для проживания. Каждый агент представляет собой человека с определенными предпочтениями, например, человек может хотеть, чтобы определенный процент его соседей принадлежал к его этнической или социальной группе. Агенты проверяют свое окружение и оценивают, насколько они удовлетворены своим текущим местоположением. Если процент "своих" соседей ниже определенного порога, агент становится неудовлетворен и ищет новое место для проживания. Компьютерные модели Шеллинга показывают, что даже если агенты имеют лишь небольшие предпочтения относительно проживания рядом с "своими" соседями, это может привести к высокой степени сегрегации. В результате, несмотря на первоначально смешанное распределение, агенты перераспределяются таким образом, что формируются четко выраженные сегрегированные районы. Это происходит даже при отсутствии явных предубеждений или дискриминации.

Другим примером агентного моделирования является модель, используемая для изучения формирования социальных сетей [12]. В этой модели агенты представляют собой индивидов или организации, которые взаимодействуют друг с другом на основе определенных правил и предпочтений. Эти модели помогают понять, как возникают и эволюционируют социальные связи, как распространяется информация через сети, и как формируются коалиции и альянсы. Агенты в таких моделях имеют свои характеристики и

предпочтения, которые определяют, с кем они хотят взаимодействовать. Например, люди могут стремиться дружить с теми, кто имеет схожие интересы или принадлежит к той же социальной группе. В процессе моделирования агенты могут устанавливать новые связи, укреплять существующие или разрывать неактуальные. Также, со временем социальные сети эволюционируют, то есть новые агенты могут присоединяться к сети, устанавливая связи с существующими участниками, некоторые агенты могут становиться более влиятельными, увеличивая количество своих связей и влияя на других агентов. Влияние агентов часто зависит от их центральности в сети – агенты с большим количеством связей или ключевыми позициями в сети могут оказывать большее влияние на распространение информации и формирование мнений. Одной из важных частей моделирования социальных сетей является изучение того, как информация распространяется среди агентов. Агенты могут обмениваться информацией, передавать новости, идеи или слухи. Модели позволяют анализировать, как быстро и далеко распространяется информация, какие агенты являются ключевыми для её распространения, и как структура сети влияет на процесс передачи информации, например, в плотных сетях информация может распространяться быстрее, чем в разреженных. Агентные модели взаимодействия и формирования социальных сетей имеют широкое применение – они используются для анализа поведения пользователей в социальных медиа, прогнозирования распространения информации и вирусного контента, изучения структуры и динамики реальных социальных сетей, таких как сети друзей, профессиональные сообщества или политические группы. Эти модели также помогают в разработке стратегий для улучшения коммуникаций, управления информационными потоками и создания более устойчивых и эффективных социальных структур. Представим, что мы моделируем социальную сеть школьников, где каждый ученик является агентом, который может устанавливать дружеские связи с другими учениками на основе общих интересов, классов или внеклассных занятий. В процессе моделирования мы сможем наблюдать, как формируются группы друзей, как информация о

предстоящих событиях или новостях распространяется через сеть, и как популярные ученики становятся центральными фигурами в этой сети. Модели показывают, какие ученики играют ключевые роли в распространении информации и как изменения в их поведении могут повлиять на всю сеть. Таким образом, агентное моделирование социальных сетей позволяет глубже понять механизмы взаимодействия и эволюции социальных структур. Эти модели помогают выявить ключевые факторы, способствующие формированию связей, распространению информации и образованию коалиций, как говорилось ранее.

Еще одной отраслью моделирования является сетевой анализ [15], он использует математические и компьютерные методы для изучения социальных сетей — структур, состоящих из узлов (индивидов или организаций) и связей (отношений) между ними. Этот подход позволяет исследовать, как информация распространяется, как формируются коалиции и как строятся социальные структуры. Социологи и криминологи используют сетевой анализ для изучения террористических организаций. Исследование структур таких сетей позволяет выявлять ключевых участников и их роли, что может помочь в разработке стратегий по их нейтрализации, например, анализ сети, созданной на основе данных о взаимодействиях между членами террористической группы, может выявить центральные фигуры, чья нейтрализация существенно ослабит всю организацию. Сетевой анализ также применяется для изучения деловых сетей и корпоративных связей, потому что это позволяет выявлять ключевые компании и индивидов, играющих центральную роль в экономических процессах, а также анализировать потоки информации и ресурсов внутри деловой среды. Такие исследования могут помочь в разработке стратегий по укреплению сотрудничества и улучшению корпоративного управления.

Моделирование позволяет социологам не только анализировать текущие состояния общества, но и прогнозировать будущие социальные процессы. Эти прогнозы могут быть полезны для разработки стратегий в различных областях, таких как здравоохранение, образование или экономика. Используя

моделирование, ученые могут прогнозировать демографические изменения, такие как рост или сокращение населения, изменения в возрастной структуре и миграционные потоки. Эти прогнозы основаны на анализе текущих данных и позволяют разрабатывать долгосрочные социальные и экономические стратегии, например, прогнозирование демографических изменений помогает правительствам планировать инфраструктуру, систему здравоохранения и образовательные учреждения с учетом будущих потребностей населения.

Другим важным применением моделирования является прогнозирование экономического поведения [13]. Социологи используют модели для анализа того, как изменения в экономических условиях влияют на поведение индивидов и групп, например, модели потребительского поведения могут предсказывать, как люди будут реагировать на изменения цен, налогов или доходов, что помогает правительствам и компаниям разрабатывать эффективные экономические стратегии. Давайте рассмотрим модели реальных прогнозирований, социальный капитал представляет собой совокупность социальных связей и взаимодействий, которые способствуют координации и сотрудничеству в обществе [21]. Модели социального капитала помогают социологам изучать, как социальные связи влияют на экономическое развитие, здоровье населения и уровень преступности, например, они могут показывать, как уровень доверия и взаимопомощи в обществе способствует экономическому росту и снижению социальной напряженности. Одной из таких моделей является модель распространения инноваций [16], которая используется для изучения того, как новые идеи и технологии распространяются в обществе. Эти модели помогают понять, какие факторы способствуют быстрому принятию инноваций, а какие препятствуют этому процессу. Например, исследование распространения мобильных технологий в развивающихся странах может показать, как социальные сети и культурные факторы влияют на скорость и масштаб принятия новых технологий.

Компьютерное и математическое моделирование предоставляют социологии мощные инструменты для анализа и понимания сложных социальных явлений. Эти методы позволяют исследователям детально изучать динамику социальных процессов и выявлять скрытые механизмы, которые влияют на поведение индивидов и групп. Как мы обсуждали ранее, с помощью модели сегрегации Томаса Шеллинга можно понять, как даже небольшие предпочтения людей относительно соседства с представителями своей этнической группы могут приводить к значительной сегрегации на уровне всего города, а агентное моделирование, в свою очередь, помогает изучать формирование и эволюцию социальных сетей. Модели, где агенты представляют собой людей или организации, взаимодействующих на основе определённых правил, позволяют исследовать, как возникают и развиваются социальные связи, как распространяется информация через сети, и как формируются коалиции и альянсы. Компьютерное моделирование также полезно для анализа эпидемий поведения, показывая, как новые социальные нормы и тенденции распространяются в обществе. Такие модели помогают понять, какие факторы способствуют быстрому принятию новых норм, а какие могут препятствовать этому. Это знание важно для разработки стратегий, направленных на продвижение общественно полезных норм, таких как экологическое поведение или здоровый образ жизни. Можно прийти к выводу, что благодаря моделированию, социологи могут не только описывать и объяснять социальные процессы, но и прогнозировать их развитие, например, агентные модели могут использоваться для предсказания того, как различные изменения в политике или внешней среде могут повлиять на структуру социальных сетей или на поведение отдельных групп населения. Это позволяет принимать более обоснованные решения и разрабатывать эффективные стратегии для решения социальных проблем.

В будущем развитие компьютерных технологий и математических методов будет продолжать расширять возможности социологии. Более мощные

вычислительные ресурсы и совершенствование алгоритмов позволят создавать ещё более сложные и точные модели, которые могут учитывать всё большее количество факторов и взаимодействий, а это в свою очередь откроет новые горизонты для исследований, позволяя глубже понимать социальные процессы и разрабатывать более эффективные решения для реальных проблем. Таким образом, компьютерное и математическое моделирование являются неотъемлемой частью современного социального анализа. Они предоставляют уникальные возможности для изучения и прогнозирования сложных социальных явлений, помогая социологам развивать теоретическое понимание общества и применять полученные знания на практике.

ГЛАВА 2. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ.

В моей работе были рассмотрены следующие программные продукты:

- AnyDinamics
- MatLab
- OpenModelica
- AnyLogic

2.1. AnyDinamics.

AnyDynamics [2] представляет собой мощную среду для разработки компонентных моделей сложных динамических систем. В процессе разработки AnyDynamics использует интуитивно понятный объектно-ориентированный язык моделирования высокого уровня, что позволяет быстро и эффективно создавать сложные модели. Эта среда поддерживает создание непрерывных, дискретных и дискретно-непрерывных моделей, а также проведение интерактивных вычислительных экспериментов с ними. Помимо этого, AnyDynamics обеспечивает возможность разработки моделей

многокомпонентных непрерывных, дискретных и гибридных (непрерывно-дискретных) систем. Непрерывное поведение систем описывается дифференциально-алгебраическими уравнениями первого и второго порядка произвольной формы, включая уравнения, не разрешенные относительно производных. Для описания дискретного и гибридного поведения используются визуальные карты поведения.

2.2. MatLab.

MatLab [17] представляет собой не только язык программирования, но и комплекс прикладных программ, разработанных для решения разнообразных задач в области технических вычислений. Этот пакет находит применение среди более чем миллиона инженеров и научных специалистов, обеспечивая им эффективные инструменты для анализа данных, моделирования и решения сложных технических задач. Также, MatLab не только предоставляет высокоэффективные возможности программирования, но и обеспечивает совместимость с различными операционными системами, такими как Linux, macOS, и Windows. Этот многофункциональный пакет программ поддерживает широкий спектр задач и продолжает быть надежным инструментом выбора для инженеров и ученых в различных областях технических исследований.

2.3. OpenModelica.

OpenModelica [18] - среда моделирования с открытым исходным кодом, предназначенная для промышленного и академического использования. Его долгосрочное развитие поддерживается некоммерческой организацией - Консорциумом Modelica с открытым исходным кодом (OSMC). Доступна открытая статья и слайды о Modelica. Целью проекта OpenModelica является создание комплексной среды моделирования, Modelica с открытым исходным кодом, основанной на свободном программном обеспечении, распространяемом в виде двоичного кода и исходного кода для исследований, преподавания и промышленного использования.

2.4. AnyLogic.

AnyLogic [19] представляет собой программное обеспечение, специализированное для имитационного моделирования сложных систем и процессов. Эта среда для моделирования обеспечивает возможность разработки моделей с использованием языка программирования Java. Более чем 15 000 пользователей в 60 странах мира используют AnyLogic как инструмент имитационного моделирования. Программный продукт предназначен для проектирования и оптимизации бизнес-процессов, а также для моделирования различных сложных систем, таких как производственные цеха, аэропорты, госпитали и другие. AnyLogic поддерживает все основные методы бизнес-моделирования, включая системную динамику, дискретно-событийное (процессное) и агентное моделирование. Основное внимание в разработке продукта уделяется его гибкости и простоте использования, что делает его доступным даже для пользователей без опыта в создании моделей.

ГЛАВА 3. РУКОВОДСТВО ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

3.1. Однокомпонентные динамические системы.

Простейшие модели в среде AnyDynamics представлены как "Непрерывные системы", в которые включены как классические динамические системы (системы обыкновенных дифференциальных уравнений, разрешенные относительно производных, с заданными начальными условиями и гладкой правой частью, гарантирующей существование и единственность решения), так

и приводимые к ним системы (например, системы вида $M(x) \cdot \frac{dx}{dt} = f(x)$, где $\frac{dx}{dt} = u$, и системы алгебро-дифференциальных уравнений).

3.1.1. Модель логистического роста.

Математическое описание.

Модель логистического роста впервые предложена как модель роста народонаселения в 1838 бельгийским математиком П. Ф. Ферхюльстом. В основе этой модели лежит очень простое предположение, а именно константа собственной скорости популяции r и коэффициент b – коэффициент внутривидовой конкуренции. Величина $K = \frac{r}{b}$.

$$x(t) = \frac{K \cdot x_0 \cdot e^{rt}}{K - x_0 + x_0 \cdot e^{rt}}$$

Предположим, что наша модель имеет следующие начальные значения:

Начальная численность $x_0 = 10$, емкость среды $K = 1000$, скорость роста $r = 0.5$.

Описание модели в AnyDinamics.

— Создадим непрерывный элементарный объект:

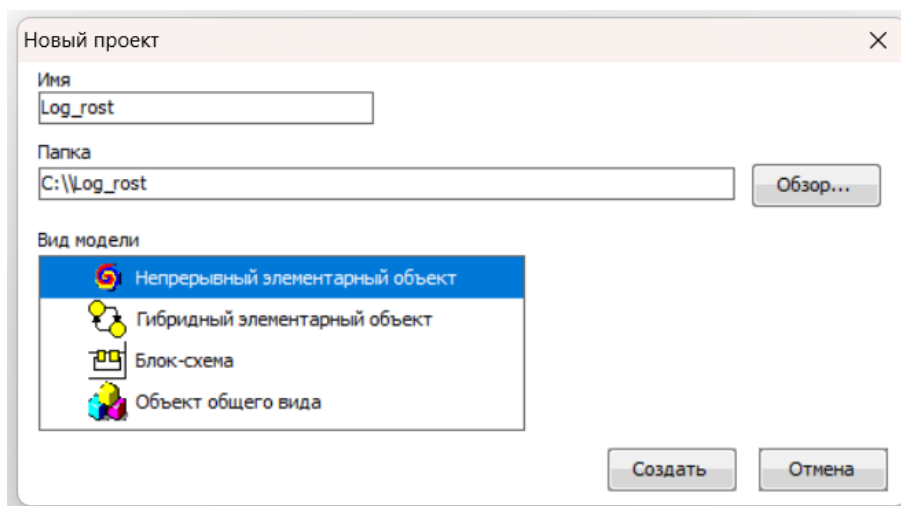


Рис. 1. Создание модели.

— Далее добавим переменные со значениями, определенными ранее

— Перепишем наше уравнение в «систему уравнений», t обозначим как $\text{Time}()$, это означает, что t будет являться модельным временем

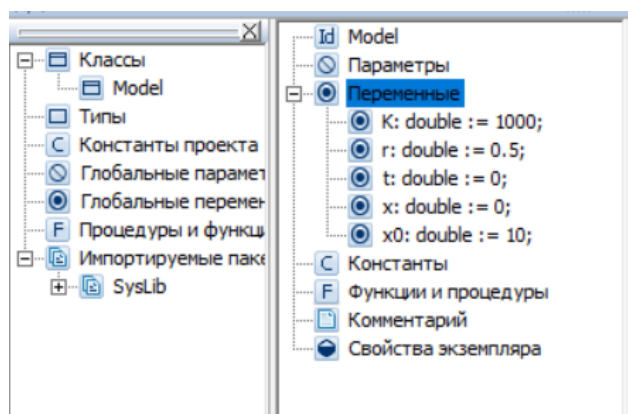


Рис. 2. Добавление переменных.

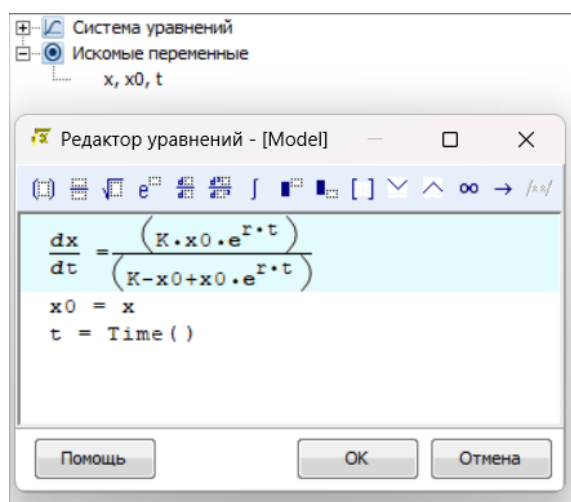


Рис. 3. Добавление уравнений.

Результаты моделирования.

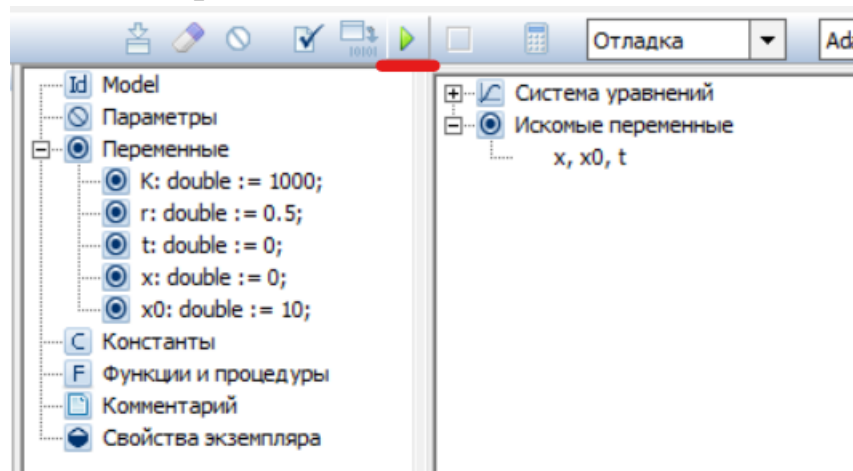


Рис. 4. Запуск моделирования.

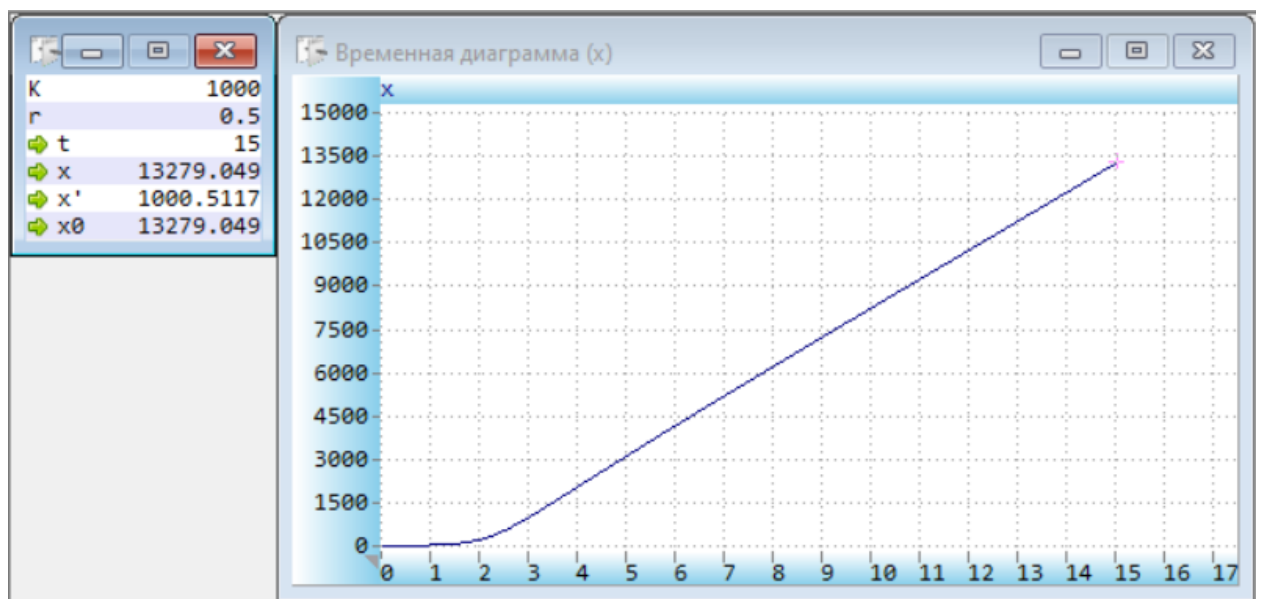


Рис. 5. Результаты моделирования.

Для запуска моделирования нажмите на зеленый треугольник.

На временной диаграмме мы видим результаты моделирования по времени t .

3.1.2. Модель SIR

Модель SIR (Susceptible-Infectious-Recovered) представляет собой одну из ключевых математических моделей, используемых для анализа и прогнозирования распространения инфекционных заболеваний.

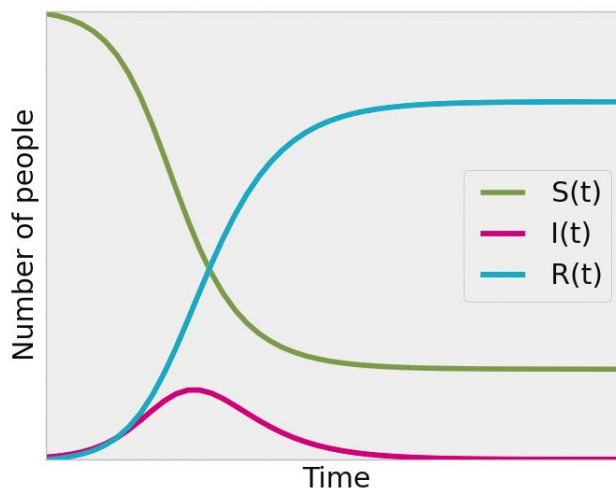


Рис. 6. График распространения инфекций [20].

В данной работе мы представим эту модель в качестве модели распространения слухов, поскольку данное социологическое явление можно описать таким же образом. Далее представим детальное математическое описание модели SIR, рассмотрим ее основные компоненты и применения в этой области.

Математическое описание.

Определим несколько ключевых параметров и создадим соответствующую математическую модель:

$S(t)$ - количество людей, которые еще не слышали слух (susceptible) в момент времени t .

$I(t)$ - количество инфицированных (infectious) людей, то есть тех, кто слышит слух и может его распространять, в момент времени t .

$R(t)$ - количество восстановившихся (recovered) людей, то есть тех, кто больше не распространяет слух.

Теперь мы можем определить уравнения для изменения числа людей в каждой из этих категорий:

$$\frac{dS}{dt} = -r * S * I \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dt} = r * S * I - \alpha * I \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \alpha * I \quad (3)$$

Эти уравнения представляют модель распространения слухов среди людей в городе, учитывая доверие к распространителям и реальность услышанного слуха. Предположим, что слух распространяется со скоростью $\alpha = 0.004$, а скорость, с которой люди «восстанавливаются» от него, то есть перестают передавать $r = 0.14$

Описание модели в AnyDynamics.

Для решения этого уравнения создадим новый непрерывный элементарный объект в качестве проекта.

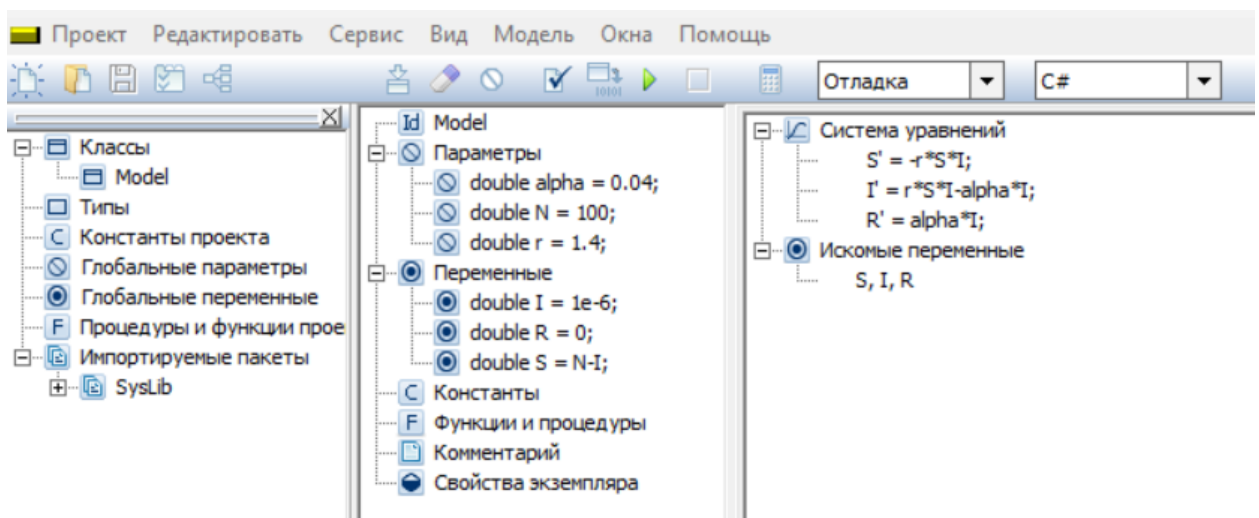


Рис. 7. Параметры модели.

Нажав 2 раза на строку «Система уравнений», мы вписываем уравнения (1)–(3).

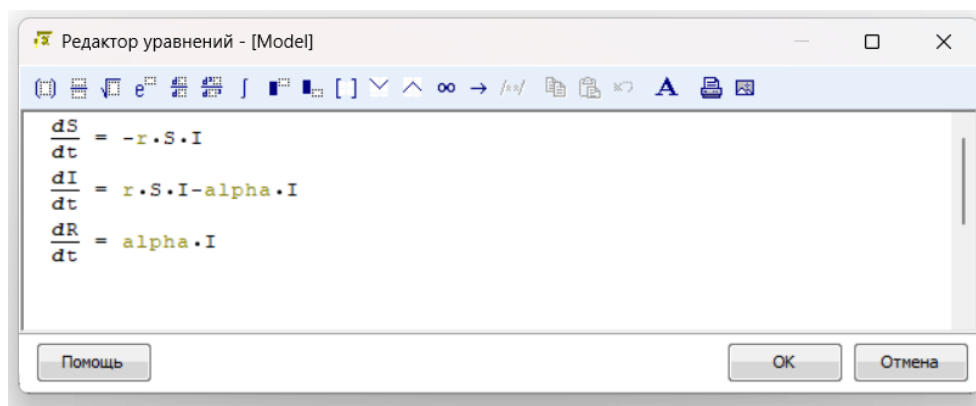


Рис. 8. Уравнения поведения модели.

Результаты моделирования.

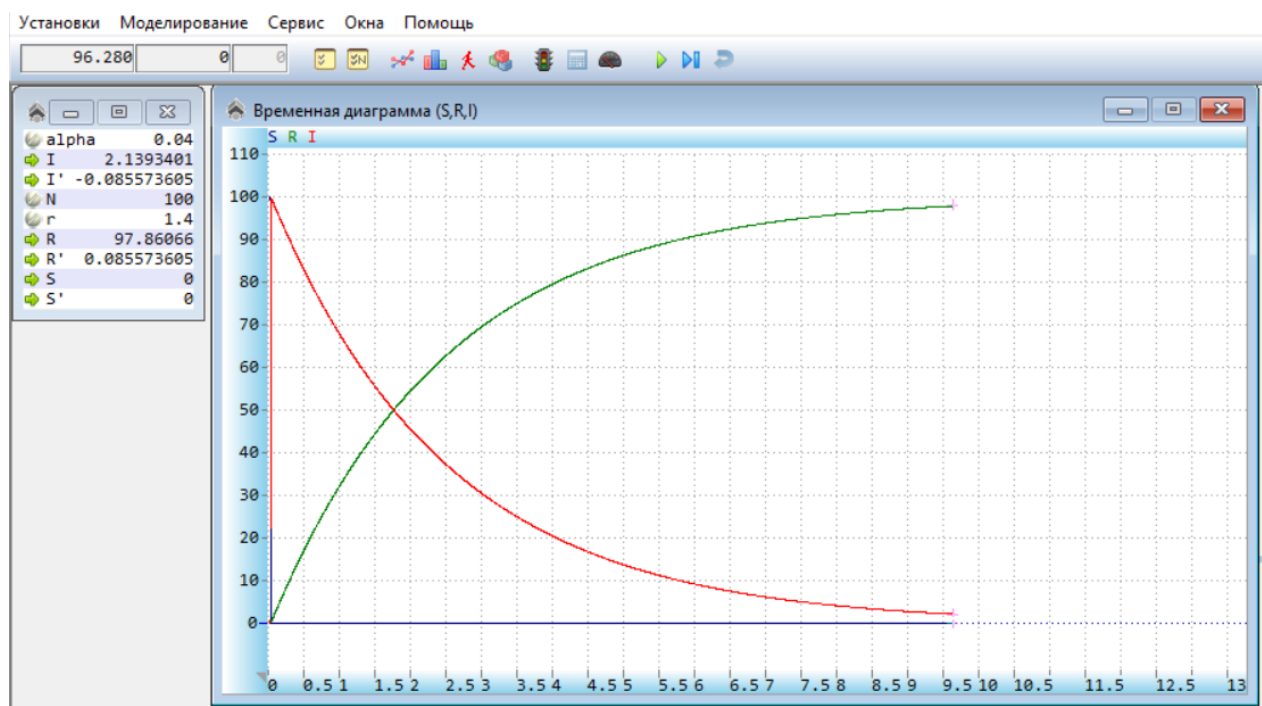


Рис. 9. Модель SIR в AnyDynamics.

Запустив проект, мы с вами наблюдаем временную диаграмму модели SIR, в которой регулируя значения α и r , можно наблюдать изменение поведения модели.

3.1.3. Моделирование процесса социогенеза.

Социогенез отражает процесс исторического и эволюционного формирования общества. В основе модели социогенеза лежит концепция Т. Парсонса, разделяющая общество на несколько подсистем: экономическую и политическую системы, а также социальное сообщество, представляющее собой единую коллективную сущность, которая подчиняется установленным нормам,

обеспечивая тем самым единство общества. Также в модели присутствует система поддержания институциональных этнических образцов.

Математическое описание.

В качестве основного управляющего параметра взят уровень пассионарного напряжения, определенного Л. Н. Гумилевым как степень пассионарности, приходящейся на одного члена общества. Пассионарность здесь понимается как способность и стремление этнического сообщества к изменению окружающей среды, выражающие уровень активности этнического сообщества. Внутренняя энергетика этноса рассматривается как движущая сила культурного, политического и геополитического развития.

Предполагается, что динамика системы описывается несколькими составляющими: $G(t)$ моделирует развитие политической системы, $E(t)$ — экономической, $K(t)$ — социального общества и $D(t)$ — системы поддержания институциональных этнических образцов. Основным управляющим параметром здесь является уровень пассионарного напряжения. Подробное описание остальных параметров приведено в работе, и в данном контексте мы обозначим их вектором u .

$$\begin{cases} \frac{dG}{dt} = k_{GG}(e^{\delta P - \delta_1} - 1)G + k_{GE}e^{-\mu E + \mu_1}E + k_{KG}(P - P_1)(K + D)G \\ \frac{dE}{dt} = k_{EE}(e^{\delta P - \delta_1} - 1)E + k_{EG}e^{-\nu G + \nu_1}G + k_{EK}(P - P_2)(K + D)E \\ \frac{dK}{dt} = k_{KG}(G^2 + E^2) - k_{KK}e^{-\gamma E + \gamma_1}KP - k_{KD}D^2 \\ \frac{dD}{dt} = k_{DG}G^2 - k_{DD}e^{-\omega E + \omega_1}DP - k_{DK}K^2 \end{cases}$$

Описание модели в AnyDynamics.

Для решения этого уравнения создадим новый непрерывный элементарный объект в качестве проекта, добавим переменные, параметры и константы и перенесем уравнение в соответствующую графу

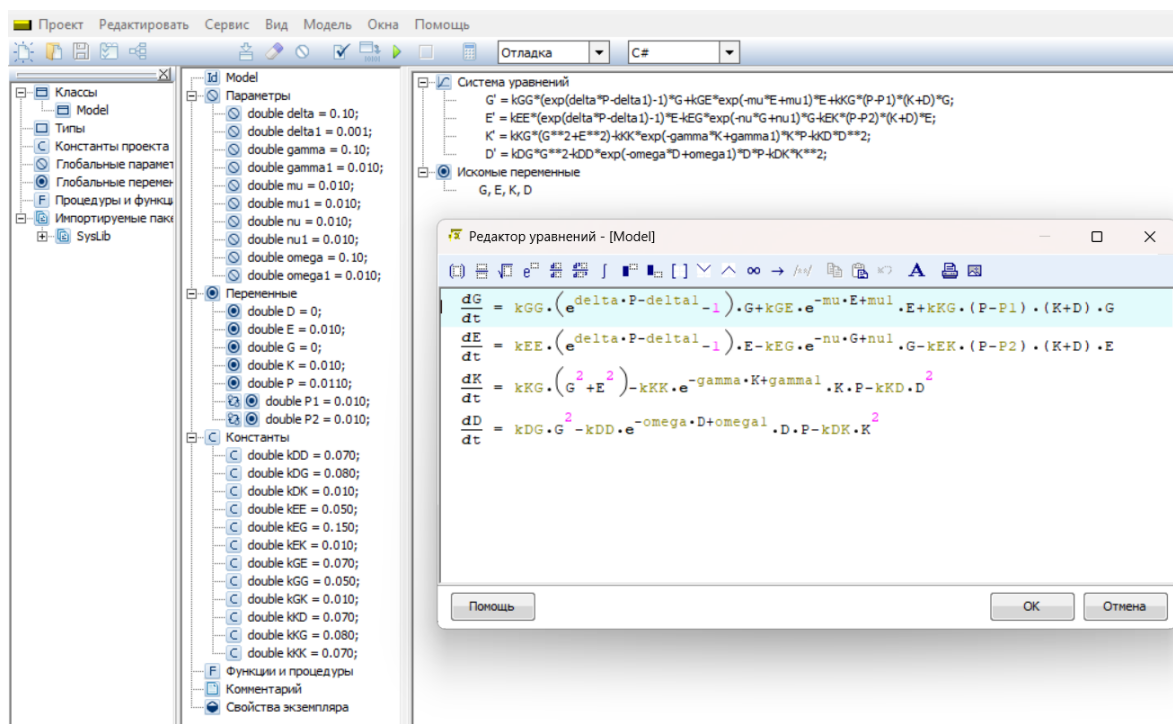


Рис. 11. Уравнения поведения модели.

Результаты моделирования.

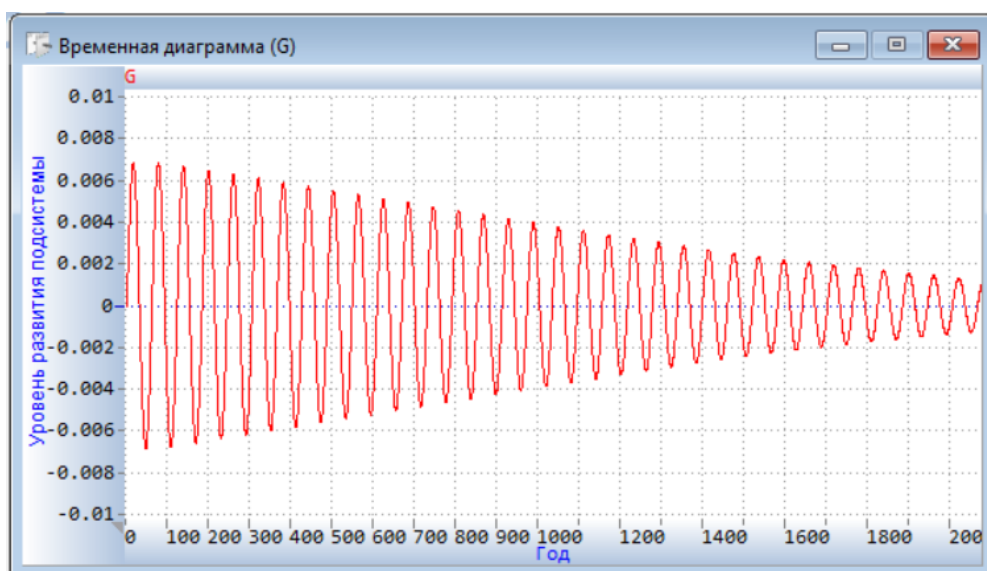


Рис. 12. Политическая система.

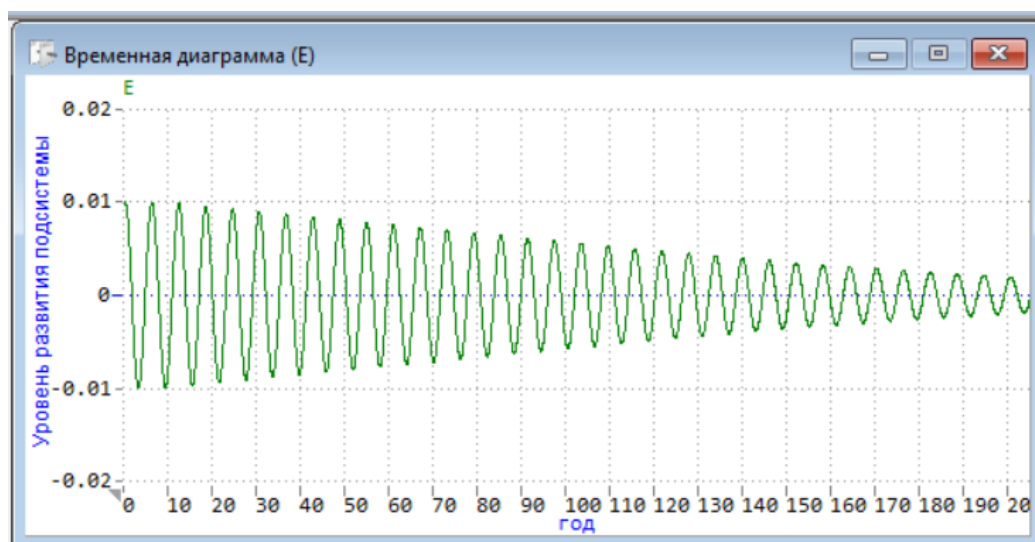


Рис. 13. Экономическая система.



Рис. 14. Социальное общество.

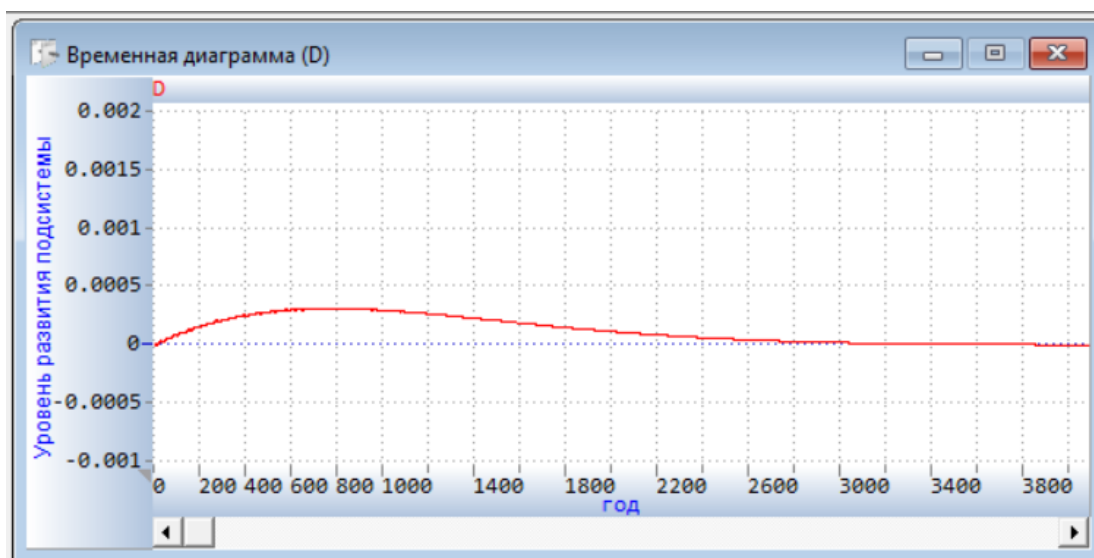


Рис. 15. Институционные этнические образцы.

3.2. Однокомпонентные гибридные системы.

Гибридные динамические системы составляют второй тип простых однокомпонентных систем, который продолжает и развивает идеи, введенные в классе "Непрерывные системы", добавляя новый атрибут - "Карта поведения". Эта карта поведения соответствует стандарту машин состояний языка UML, хотя не включает в себя исторические и параллельные состояния. Действия представлены с использованием локальных классов двух типов, соответствующих непрерывным и гибридным системам, которые могут иметь иерархическую структуру карт поведения. Локальные классы могут быть модифицированы с использованием механизма наследования, позволяющего добавлять и переопределять уравнения родительских классов.

3.2.1. Моделирование социальной диффузии.

Математическое описание.

Рассмотрим моделирование социальной диффузии на основе обзора Козыревой Д. Д. и Ампиловой Н. Б [2]. Авторы предлагают рассмотреть модель, которая может быть применена при описании социальной диффузии. Диффузия — распространение черт, культуры (например, религиозных убеждений, технологических идей, форм языка и т. д.) или социальной практики одного

общества (группы) другому. Авторы использовали средства RMD для изучения поведения рассматриваемой модели. Мы исследуем предлагаемую модель аналитически и проиллюстрируем полученные результаты с помощью AnyDynamics. Математическую модель социальной диффузии можно записать в следующем виде:

$$x_n = k_n(N_n - x_{n-1}) + x_{n-1}, \quad (1)$$

где x_n — количество элементов на шаге n ; n — порядковый номер шага; k_n — коэффициент на шаге n ; N_n — размер генеральной совокупности на шаге n . В зависимости от выбора параметров могут возникнуть разные ситуации.

В случае, когда k_n и N_n постоянные, авторы получают дискретную динамическую систему

$$x_n = (1 - k)x_{n-1} + kN, \quad (2)$$

которая представляет собой разностное уравнение с постоянными коэффициентами. В этом случае основные характеристики системы можно получить аналитически. Прежде всего, определим неподвижные точки системы и их устойчивость. Для этого решим уравнение

$$x = (1 - k)x + kN, \quad (3)$$

Тогда $x = N$ и неподвижная точка не зависит от значения параметра k . Напомним, что графически неподвижная точка есть точка пересечения графиков $y = f(x)$ и $y = x$. В нашем случае $f(x) = (1 - k)x + N$ и неподвижная точка есть точка пересечения двух прямых.

Устойчивость неподвижной точки определяется из условия $|f'(x)| < 1$, что приводит к неравенству $|1 - k| < 1$, решение которого дает $0 < k < 2$. Таким образом, при $k > 2$ неподвижная точка является неустойчивой. Поведение траекторий как в устойчивом, так и неустойчивом случае легко иллюстрируется в пакете с помощью временной диаграммы (где переменная x_{st} обозначает

решение разностного уравнения) и диаграммы Ламерея. В диаграмме Ламерея переменная $F(t)$ обозначает изменения времени, а $F(x)$ — траекторию диаграммы Ламерея, на каждой итерации в зависимости от изменения значения параметра. Выберем значение N равным 100.

Описание модели в AnyDynamics.

- Создаем новый проект (Гибридный элементарный объект) и задаем значения переменных и параметров из уравнений 1–3, которые мы определили раньше.
- Обозначаем на карте поведения условие для перехода модели к следующему шагу или завершению моделирования.
- В форму состояния через создание непрерывной деятельности прописываем формулу 3.
- Чтобы оценить результат работы модели необходимо ее запустить через кнопку пуск (зеленый треугольник).

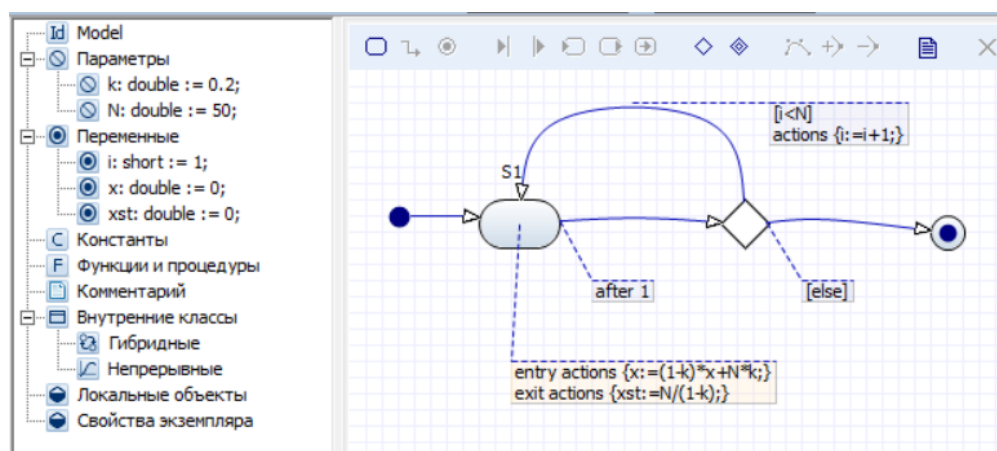


Рис. 16. Карта поведения модели.

Результаты моделирования.

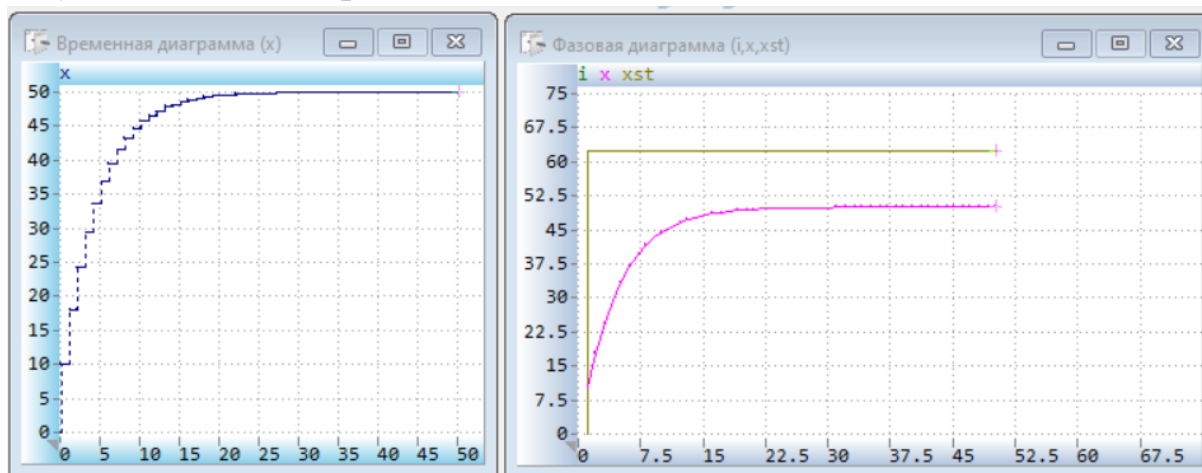


Рис. 17. $k=0,2$ ($0 < k < 1$).

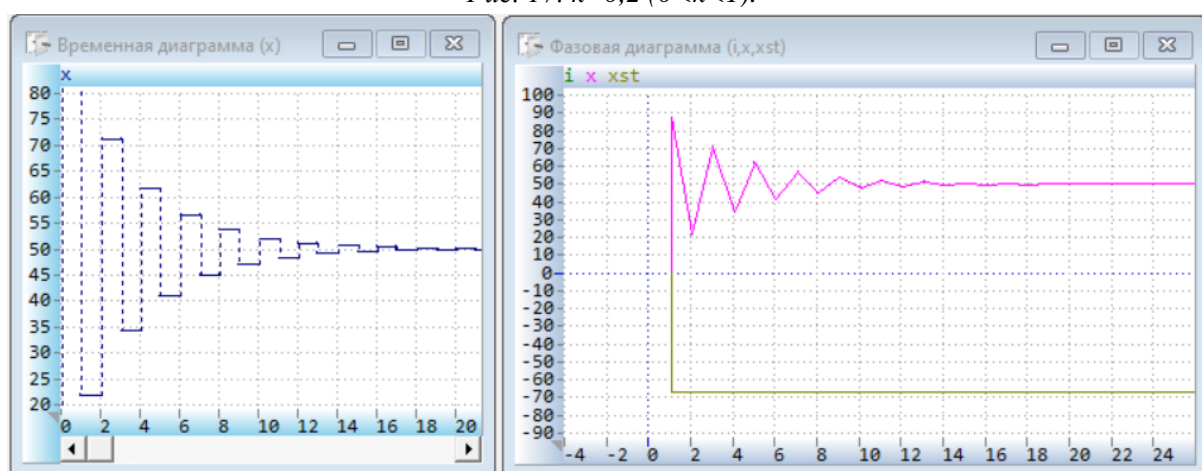


Рис. 18. $k=1,75$ ($1 < k < 2$).

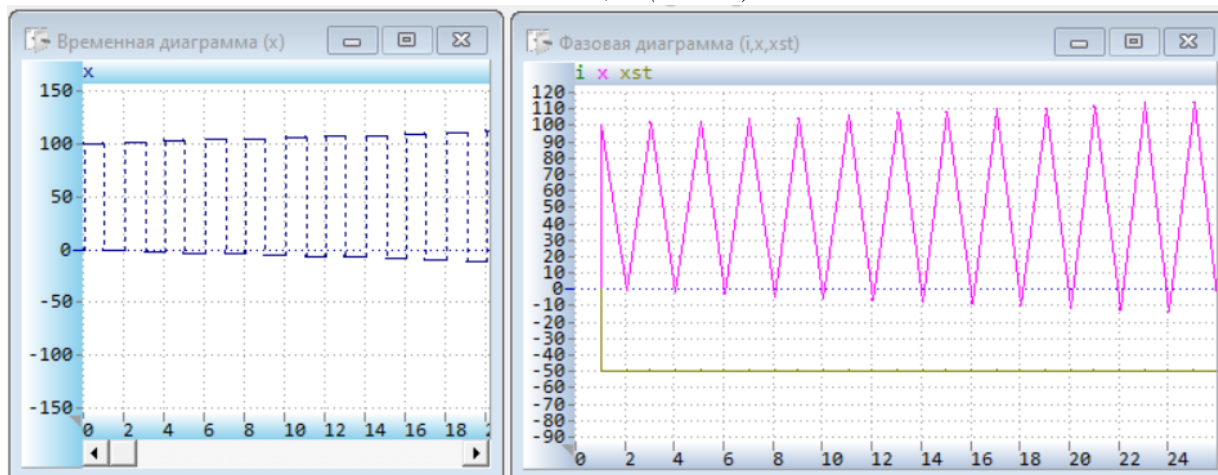


Рис. 19. $k=2,01$ ($k > 2$).

3.2.2. Зависимость эффективного охвата от числа размещений рекламы.

Математическое описание.

Согласно бинарной модели, спектр охвата вычисляется по следующей формуле:

$$g(f) = C_m^f [G_0^\infty r^f (1-r)^{m-f} + C P^f (1-P)^{m-f}], \quad (1)$$

где m — число однотипных медиасобытий (размещений рекламы), f — число контактов с медиасобытиями, C_m^f — биномиальные коэффициенты, $r = \frac{R_0}{G_0^\infty}$, P и C — параметры бинарной модели. Если просуммировать спектр охвата $g(f)$, заданный формулой (1), по всем возможным числам контактов f , то получим полный охват $G(m)$ аудитории при m -кратном размещении рекламы медиа

$$G(m) = \sum_{f=1}^m g(f) = G_0^\infty [1 - (1-r)^m] + C [1 - (1-P)^m], \quad (2)$$

Исходя из формул (1) и (2), бинарная модель является четырехпараметрической математической моделью, которая способна описать большинство практических зависимостей между охватом целевой аудитории и количеством рекламных размещений в медиа.

Концепция спектра охвата позволяет рассчитать эффективный охват аудитории, т.е. долю людей из целевой аудитории, которые получили количество рекламных контактов не меньше, чем эффективное число. Эффективное число рекламных контактов определяется как среднее количество контактов на одного человека из целевой аудитории, контактирующего с рекламой, которое соответствует установленным целям рекламодателя. Это число может влиять на уровень информированности о продукте рекламы, отношение к нему и т.д. Эффективное число контактов также известно как эффективная частота контактов, где термины «число» и «частота» контактов используются в медиапланировании взаимозаменяемо. Эффективная частота $f_{эф}$ определяется на основе анализа результатов размещения рекламы или с использованием специальных методик, таких как методика Остроу и Росситера-Перси.

Эффективный охват $G_{эф}$ рассчитывается с использованием функции спектра охвата.

$$G_{эф} = \sum_{f=1}^m g(f) \quad (3)$$

где f_m — максимально возможное число контактов, которое равно числу размещений рекламы m при ее размещении в одном медиа и сумме чисел размещений рекламы во всех медиа при ее размещении в группе медиа. Следует учитывать, что расчет эффективного охвата может быть выполнен более сложным способом, чем это описано в формуле (3). В частности, он может включать в себя функцию эффективности контактов, которая определяется не только эффективной частотой, но и другими параметрами эффективности. На графике представлены результаты зависимости эффективного охвата аудитории

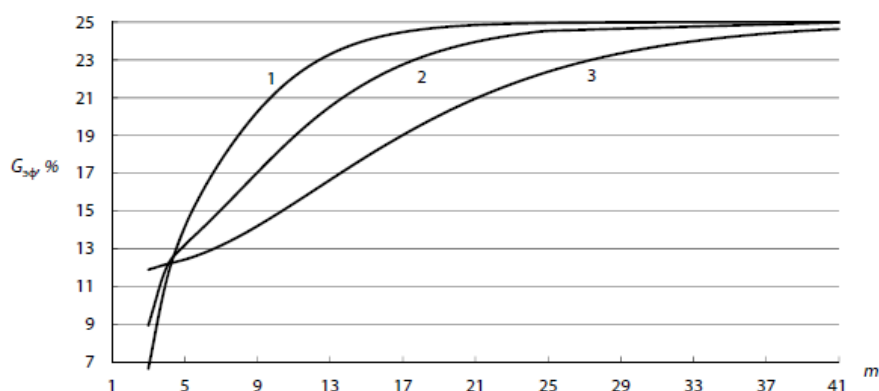


Рис. 20. График зависимости эффективного охвата от количества размещений[8].

от количества рекламных размещений, полученные с использованием бинарной модели и формул (1) и (3).

На графике показано, как величина вероятности контакта P постоянной аудитории с медиа (с разными значениями P : 1 - $P = 80\%$, 2 - $P = 90\%$, 3 - $P = 99\%$) влияет на эффективный охват при заданном числе размещений m , а также на форму зависимости $G_{эф}(m)$. Например, кривая 1 имеет выпуклую форму, кривая 3 - S-образную, а кривая 2 демонстрирует более сложный характер. Стоит отметить, что другие параметры модели, такие как $R = 14\%$, $G^{\infty} = 25\%$, $C = 12\%$,

и величина эффективной частоты $f_{эф} = 3$, также оказывают значительное влияние на зависимость $G_{эф}(m)$.

Описание модели в AnyDynamics.

- Создаем новый проект (Гибридный элементарный объект) и задаем значения переменных и параметров из уравнений 1–3, которые мы определили раньше.
- Обозначаем на карте поведения условие для перехода модели к следующему шагу или завершению моделирования.
- В формулу состояния через создание непрерывной деятельности прописываем формулу 3.
- Чтобы оценить результат работы модели необходимо ее запустить через кнопку пуск (зеленый треугольник).

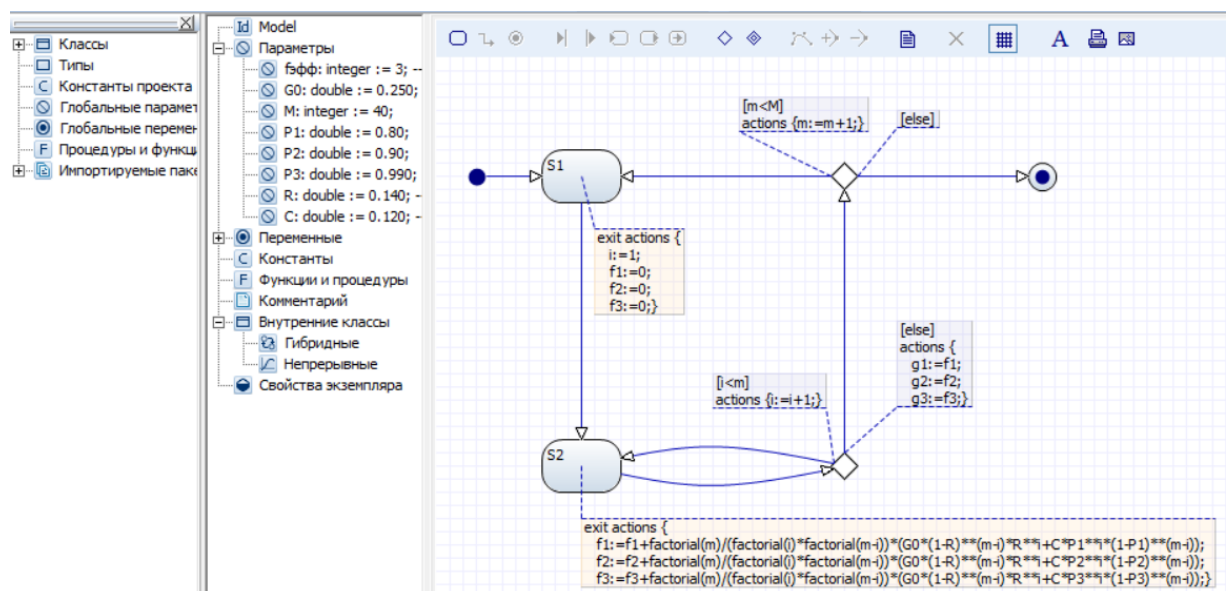


Рис. 21. Карта поведения модели.

Результаты моделирования.

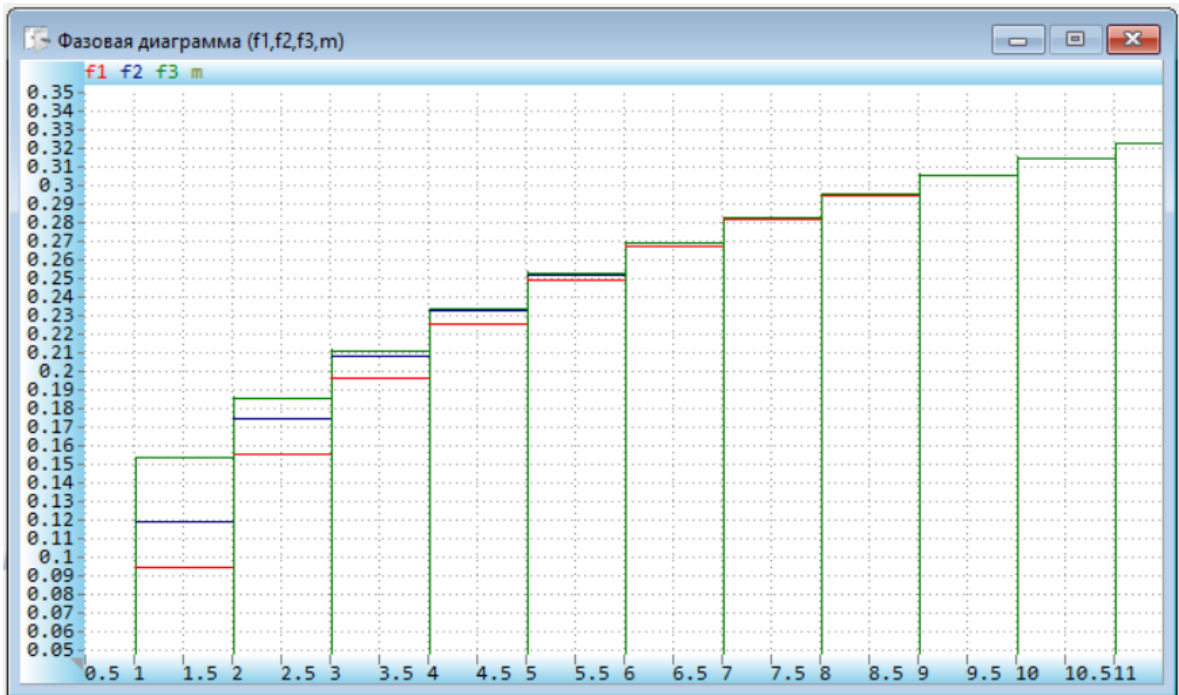


Рис. 22. Зависимость эффективного охвата от количества размещений.

3.2.3. Модель динамики обучения

Математическое описание.

Предположим, что сообщаемая учащимся информация (знания) является совокупностью равноправных несвязанных между собой элементов учебного материала (ЭУМ), число которых пропорционально ее количеству.

Все ЭУМ одинаково легко запоминаются и с одинаковой скоростью забываются. Если уровень требований учителя превышает на величину большую критического значения, то ученик перестает учиться. Скорость увеличения знаний :

$$\frac{dZ}{dt} = k * \alpha * Z * (U - Z) - \gamma * Z$$

Здесь α и γ коэффициенты научения и забывания конкретного ученика. Во время обучения ($k = 1$) скорость увеличения непрочных знаний ученика пропорциональна: разности между уровнем требований учителя U и уровнем

знаний Z ученика; количеству уже имеющихся у ученика знаний Z . Последнее позволяет учесть то, что наличие знаний способствует установлению новых ассоциативных связей и запоминанию новой информации. Когда обучение прекращается ($k=0$), количество знаний уменьшается за счет забывания. Коэффициент забывания $\gamma = 0,04$.

Описание модели в AnyDynamics.

- Создаем новый проект (Гибридный элементарный объект) и задаем значения переменных и параметров из уравнения, которое мы определили раньше.
- Обозначаем на карте поведения условие для перехода модели к следующему шагу или завершению моделирования.
- Создаем внутренний непрерывный класс 1 и 2, в которые вписываем 2 части уравнения.
- Чтобы оценить результат работы модели необходимо ее запустить через кнопку пуск (зеленый треугольник).

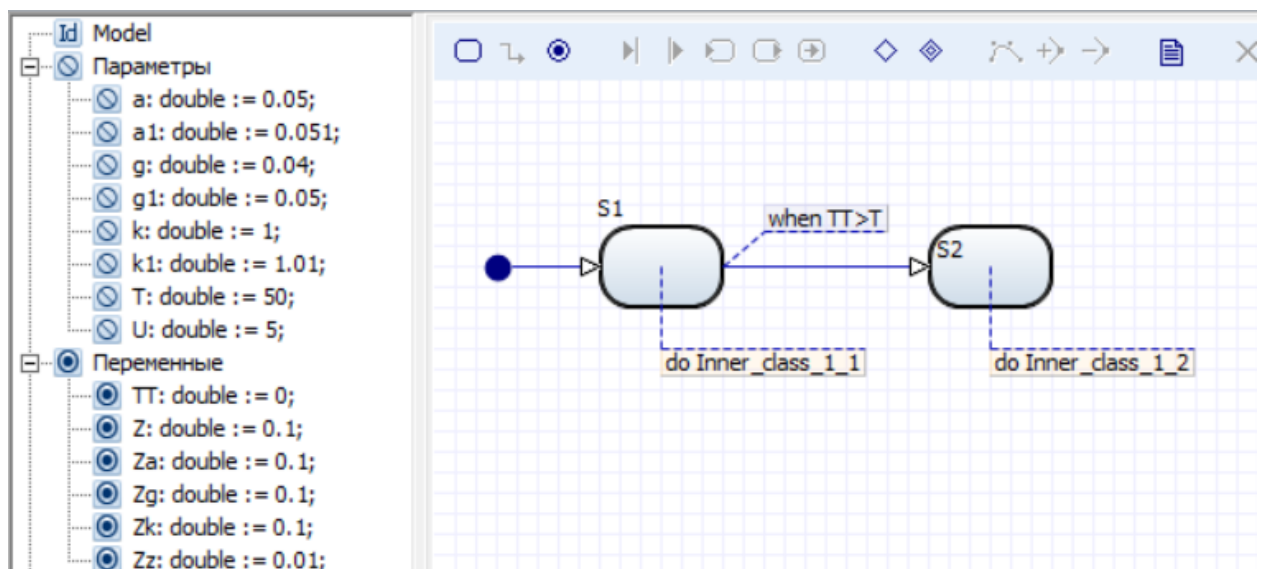


Рис. 23. Карта поведения модели.

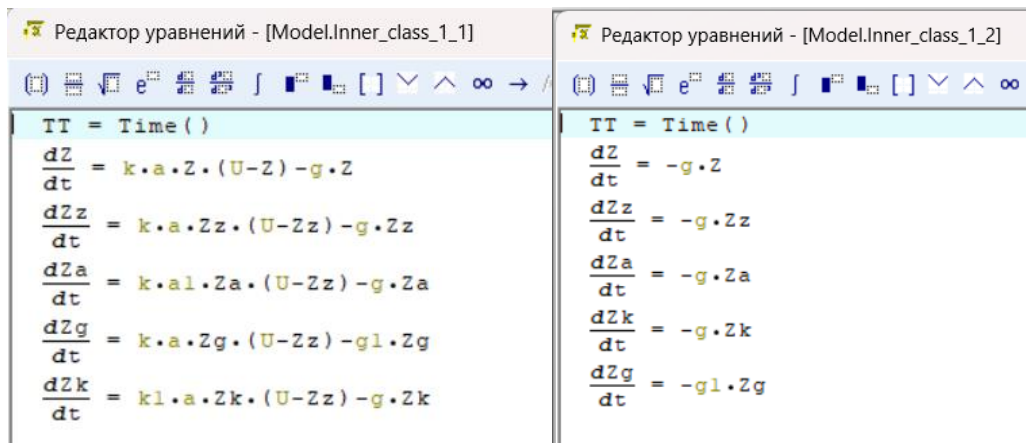


Рис. 24. Уравнения зависимости во внутренних классах.

Результаты моделирования.

На результатах моделирования представлены несколько вариантов развития событий, в каждом из которых учитывается изменение одного из параметров.

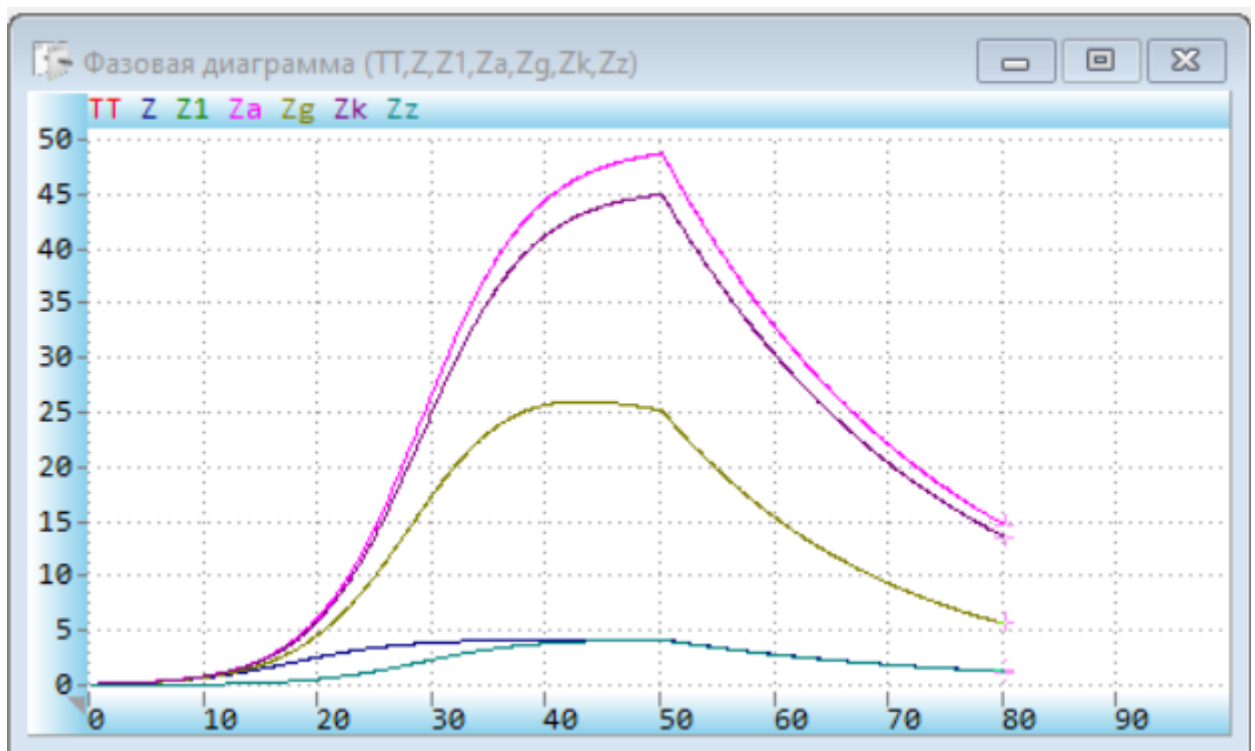


Рис. 25. Модель динамики обучения.

3.2.4. Модель гонки вооружений

Математическое описание.

Модель гонки вооружений (модель Ричардсона) можно представить в виде следующей зависимости:

$$\frac{dx_1}{dt} = \alpha_1 - \beta_1 x_2 - \gamma_1 x_1$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \alpha_2 - \beta_2 x_1 - \gamma_2 x_2,$$

где x_1 и x_2 — вооружения страны 1 и страны 2 соответственно, α_1 и α_2 — постоянные, представляющие базовые военные расходы каждой страны, β_1 и β_2 — коэффициенты, описывающие, как уровень вооружения одной страны влияет на расходы на вооружения другой страны, а γ_1 и γ_2 — коэффициенты, описывающие затраты на обслуживание и поддержание вооружений.

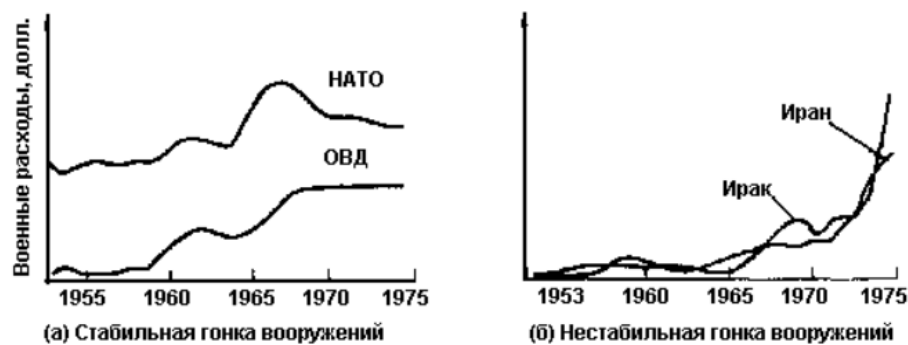


Рис. 26. График гонки вооружений.

Описание модели в AnyDinamics.

- Создаем новый проект (Гибридный элементарный объект) и задаем значения переменных и параметров из уравнения, которое мы определили раньше.
- Обозначаем на карте поведения условие для перехода модели к следующему шагу или завершению моделирования.

- Создаем внутренний непрерывный класс 1 и 2, в которые вписываем 2 части уравнения.
- Чтобы оценить результат работы модели необходимо ее запустить через кнопку пуск (зеленый треугольник).

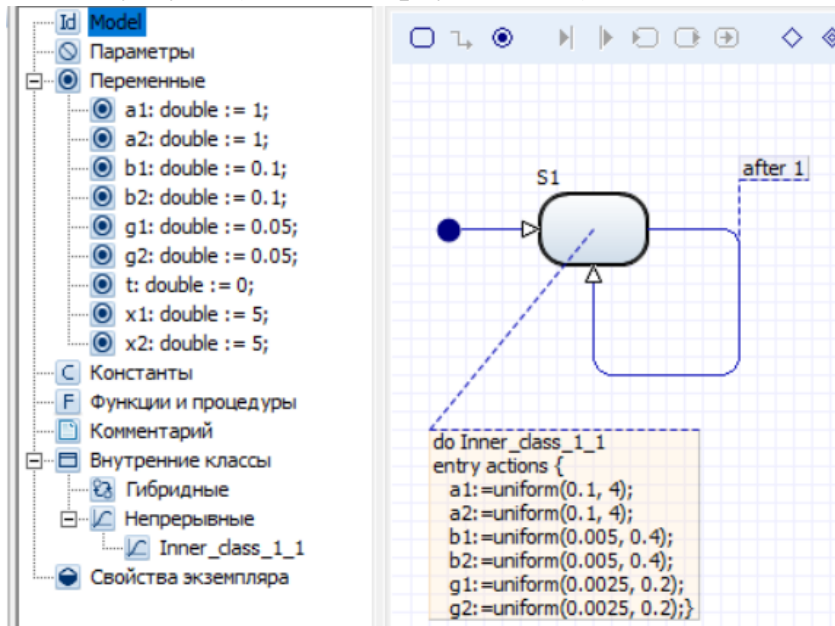


Рис. 27. Карта поведения модели Ричардсона.

Результаты моделирования.

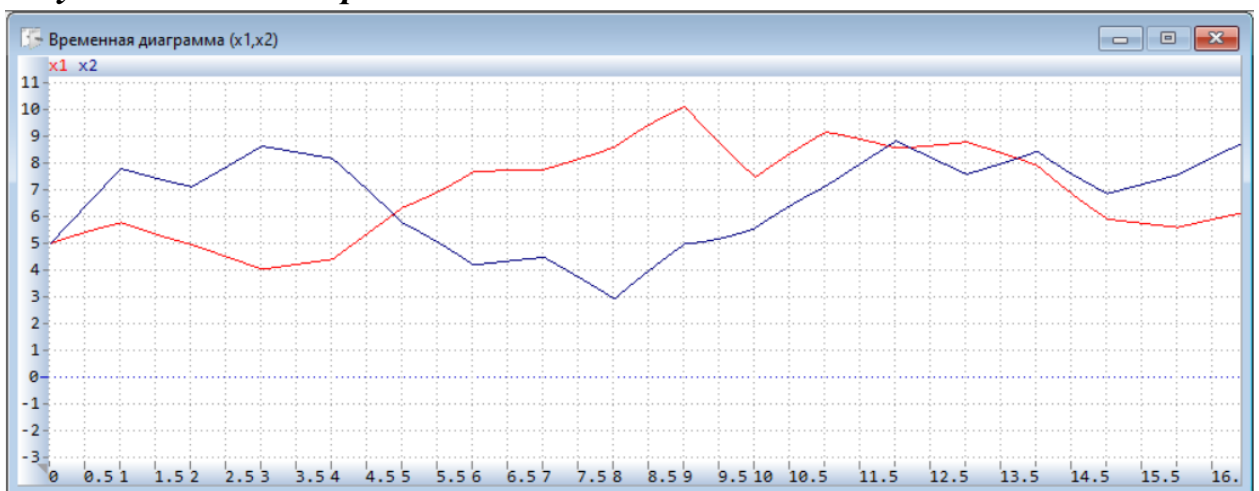


Рис. 28. Временная диаграмма гонки вооружений

3.3. Многокомпонентные системы с входами-выходами

Этот раздел посвящен компонентному моделированию сложных динамических систем, где используются модели с входами-выходами. Термин

"входы-выходы" относится к переменным, которые служат для передачи информации внутри модели и получения результатов из нее. Здесь моделируются процессы, в которых информация передается от объекта управления к управляющему объекту, где данные обрабатываются и возвращаются в виде управляющих команд (сигналов). В этих моделях акцент делается на изучении языковых конструкций, применяемых для таких типов задач. Этот подход позволяет изучать методы моделирования сложных систем и осваивать различные инструменты и языки моделирования.

3.3.1. Модели конкуренции и сотрудничества

Математическое описание.

Мы рассматриваем систему дифференциальных уравнений в общем виде:

$$\begin{cases} x' = k_x(1 - \frac{x}{b_x})x + a_xxy - m_x \\ y' = k_y(1 - \frac{y}{b_y})y + a_yxy - m_y \end{cases}$$

Эти уравнения описывают взаимодействие двух переменных, обозначенных как x и y , и содержат постоянные коэффициенты $k_x, k_y, b_x, b_y, a_x, a_y, m_x, m_y$.

При $a_x = a_y = 0$ каждое уравнение можно рассматривать отдельно, и они представляют собой стандартные логистические уравнения с аналогичным смыслом участвующих постоянных коэффициентов. В случае, когда a_x и a_y не равны нулю одновременно, переменные x и y оказывают влияние друг на друга.

Таблица 1. Модели взаимодействия.

Знак a_x	Знак a_y	Модель взаимодействия	Описание модели
+	+	Сотрудничество	Оба вида благоприятно влияют

			друг на друга
-	-	Конкуренция	Оба вида соперничают друг с другом

Описание модели в AnyDynamics.

- Для начала необходимо создать базовый класс (Abstract), в котором будут описаны все переменные

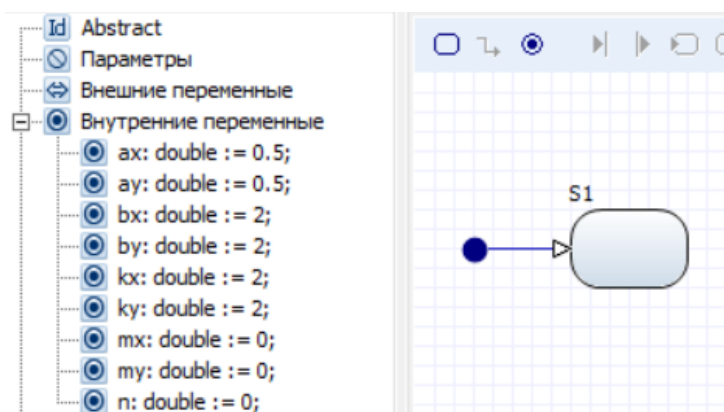


Рис. 29. Класс Abstract.

- Далее мы создаем 2 наследованных класса (X и Y), в каждом из которых в соответствии с уравнениями добавляем входную переменную и выходную

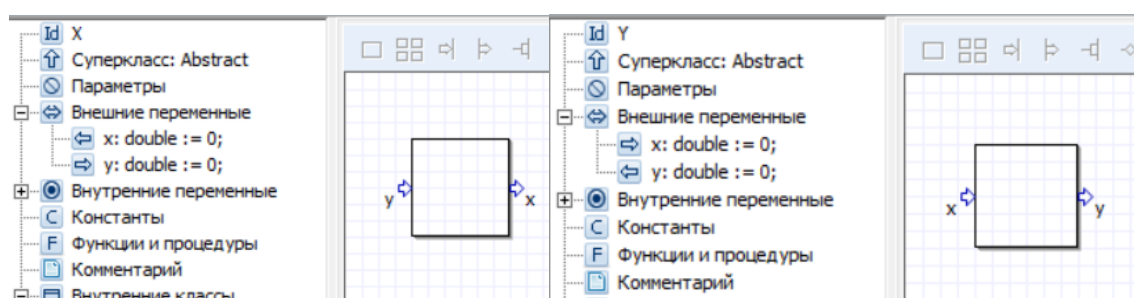


Рис. 30. Классы X и Y.

- В классе Model мы соединяем классы следующим образом (x является выходной переменной в 1 уравнении и входной во 2, y, аналогично, наоборот):

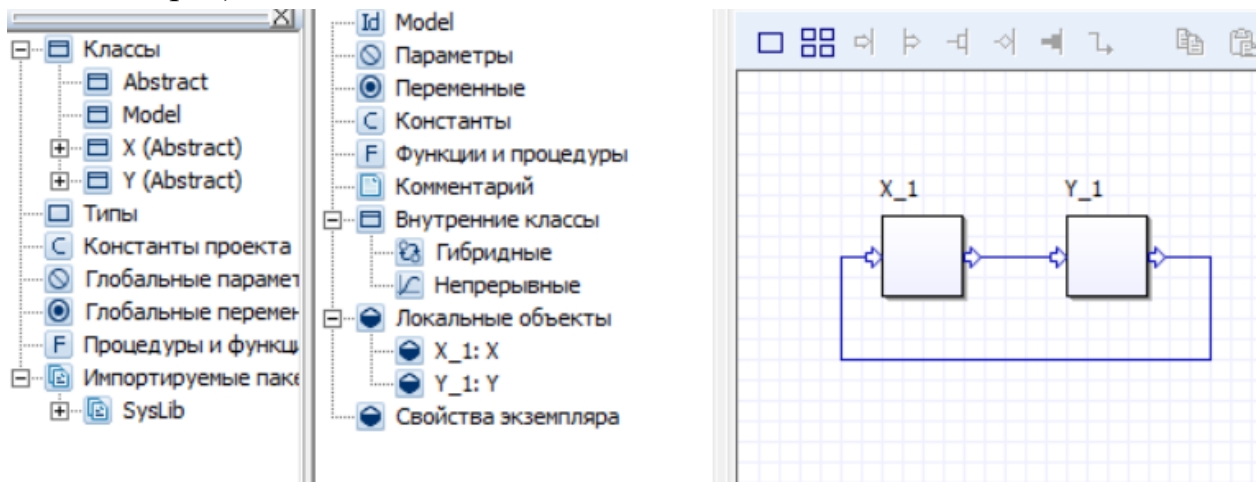


Рис. 31. Структура класса Model.

- Карты поведения у унаследованных классов одинаковая

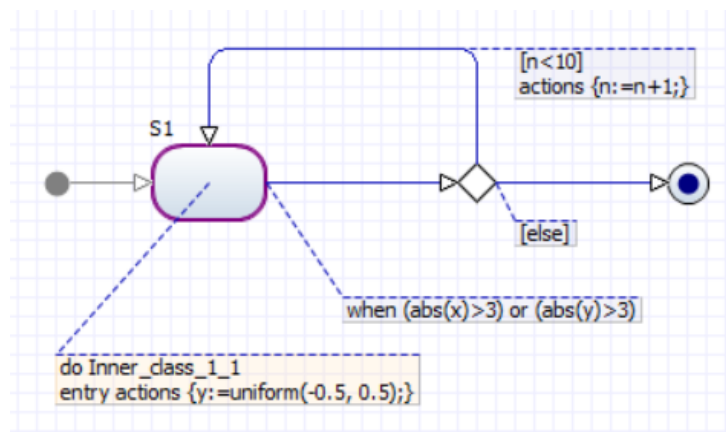


Рис. 32. Карта поведения.

Результаты моделирования.

По результатам можно оценить, что случай является неустойчивым (модель не стремится к равновесию).

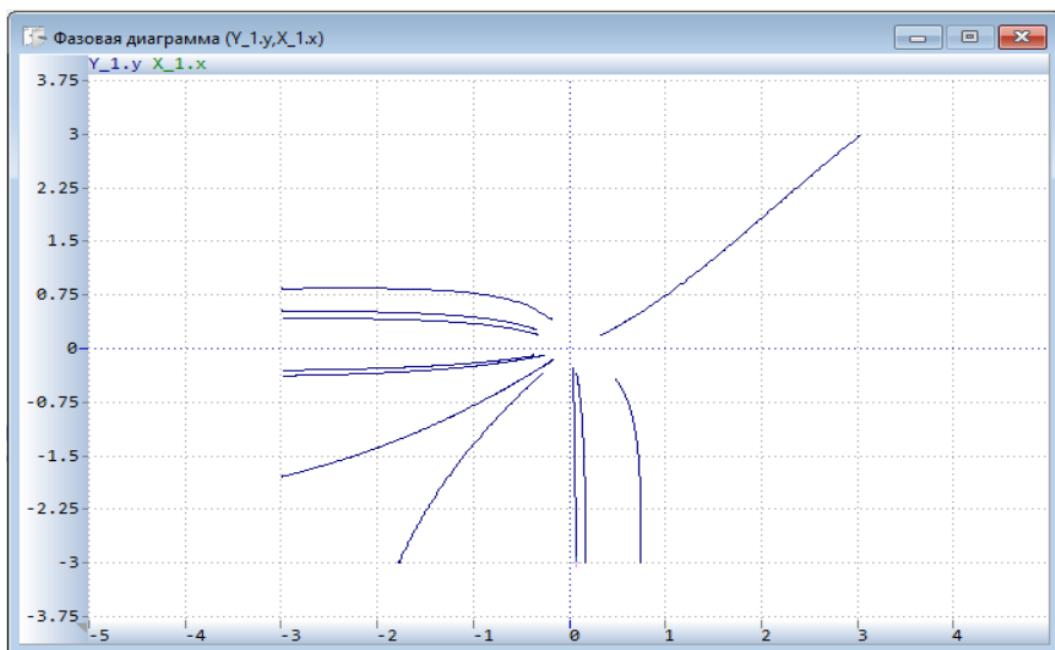


Рис. 33. Результаты моделирования.

3.3.2. Модель социальных институтов

Социальный институт – это организованные объединения людей, выполняющих определенные социально-значимые функции, обеспечивающие совместное достижение целей на основе выполнения членами своих социальных ролей, задаваемых социальными ценностями, нормами и образцами поведения. Брак, семья, моральные нормы, образование, частная собственность, рынок, государство, армия, суд и другие установления в обществе – все это институты. С их помощью устанавливаются, упорядочиваются связи и отношения между людьми, регулируются их деятельность и поведение в обществе. Этим самым обеспечиваются определенная организованность и устойчивость общественной жизни.

Математическое описание.

Проанализируем решения второй пары уравнений из работы Лаптева А. А «Математическое моделирование глобальных социальных процессов.» (для социетального сообщества и системы поддержания институционализированных этнических образцов):

$$\begin{cases} \frac{dK}{dt} = k_{KG}(G^2 + E^2) - k_{KK}e^{-\gamma E + \gamma_1}KP - k_{KD}D^2 \\ \frac{dD}{dt} = k_{DG}G^2 - k_{DD}e^{-\omega E + \omega_1}DP - k_{DK}K^2 \end{cases}$$

Дадим условное название данной модели — «социальные институты». Пусть переменные политической (Р - политическая дифференциация) и экономической (Е - степень адаптации) систем зафиксированы на некотором уровне и не меняются во времени.

Для упрощения исследования предположим, что равны коэффициенты, характеризующие долю политических институтов, влияющих на изменение институтов социетального сообщества и системы поддержания этнических образцов, т. е. $k_{KG} = k_{DG}$. Предположим, что также равны интенсивности потерь социетального сообщества и системы поддержания этнических образцов, т. е. $l_KP = l_DP$. Примем также, что равны k_{KD} и k_{DK} (интенсивности взаимного влияния К и D). На начальные данные k_0 и D_0 не накладываем никаких ограничений.

Описание модели в AnyDynamics.

— Для начала необходимо создать базовый класс (Abstract), в котором будут описаны все переменные

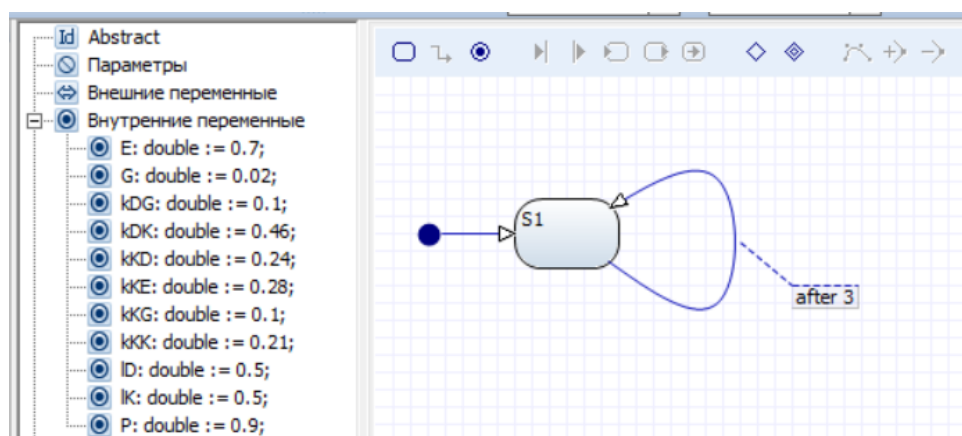


Рис. 34. Класс Abstract.

— Далее мы создаем 2 наследованных класса (X и Y), в каждом из которых в соответствии с уравнениями добавляем входную переменную и выходную

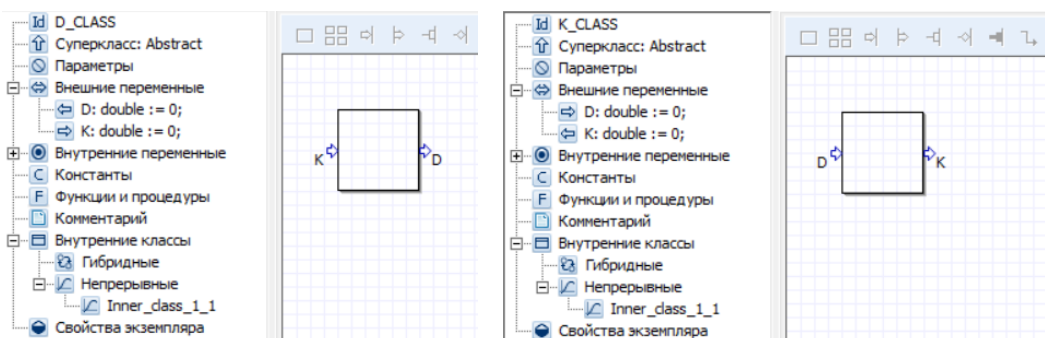


Рис. 35. Классы D и K.

— В классе Model мы соединяем классы следующим образом (x является выходной переменной в 1 уравнении и входной во 2, y, аналогично, наоборот):

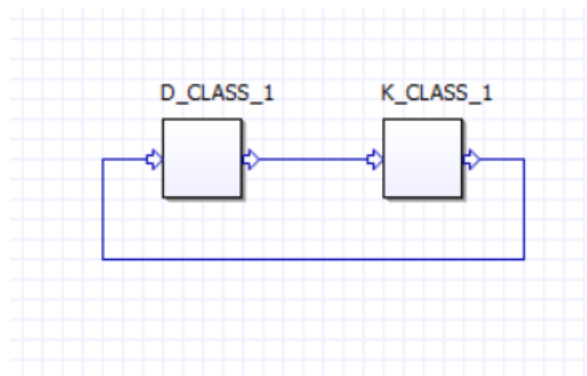


Рис. 36. Структура класса Model.

— Карты поведения у унаследованных классов одинаковая

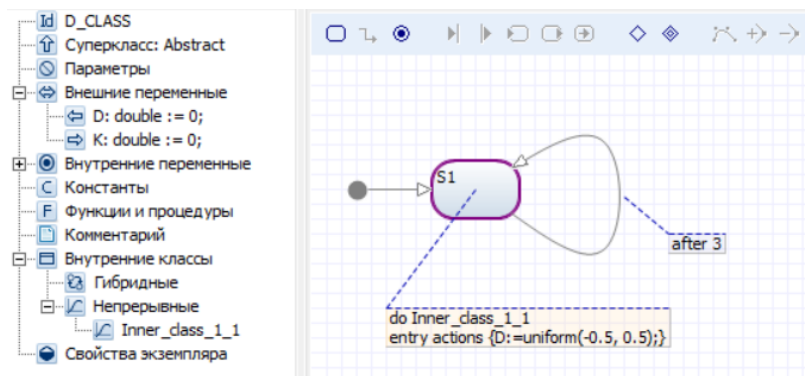


Рис. 37. Карта поведения.

Результаты моделирования.

По результатам можно оценить, что случай является устойчивым (модель стремится к равновесию).

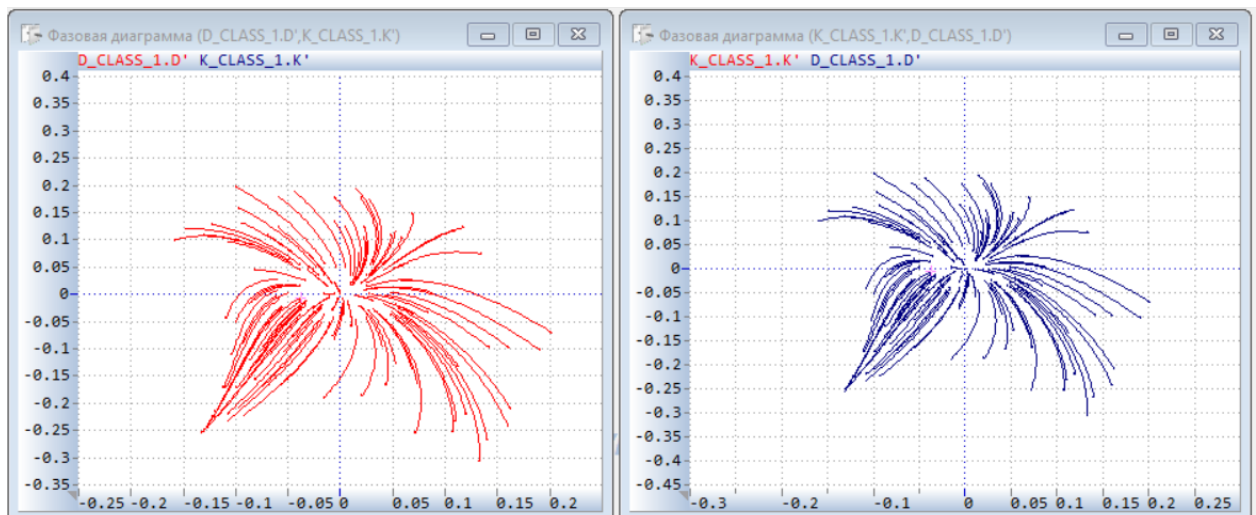


Рис. 38. Результаты моделирования.

3.3.3. Модель «Политическая дифференциация-степень адаптации»

Математическое описание.

Система дифференциальных уравнений довольно сложна для аналитического исследования. Проанализируем решения первых двух уравнений (для политической дифференциации и степени адаптации)

$$\begin{cases} \frac{dG}{dt} = k_{GG}(e^{\delta P - \delta_1} - 1)G + k_{GE}E + k_{KG}(K + D)G \\ \frac{dE}{dt} = k_{EE}(e^{\delta P - \delta_1} - 1)E + k_{EG}G + k_{EK}(K + D)E \end{cases}$$

Дадим условное название данной модели — «политическая дифференциация-степень адаптации». Пусть переменные социетального сообщества (K) и системы поддержания институционализированных этнических образцов (E) зафиксированы на некотором уровне и не меняются во времени.

Реализация в AnyDynamics.

1. Для начала необходимо создать базовый класс (Abstract), в котором будут описаны все переменные

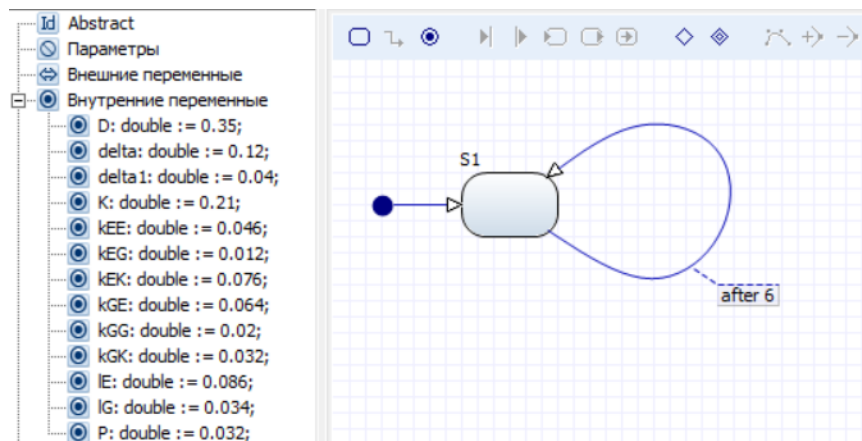


Рис. 39. Класс Abstract.

2. Далее мы создаем 2 наследованных класса (X и Y), в каждом из которых в соответствии с уравнениями добавляем входную переменную и выходную
3. В классе Model мы соединяем классы следующим образом (x является выходной переменной в 1 уравнении и входной во 2, y, аналогично, наоборот):
4. Карты поведения у унаследованных классов одинаковая

Результаты моделирования.

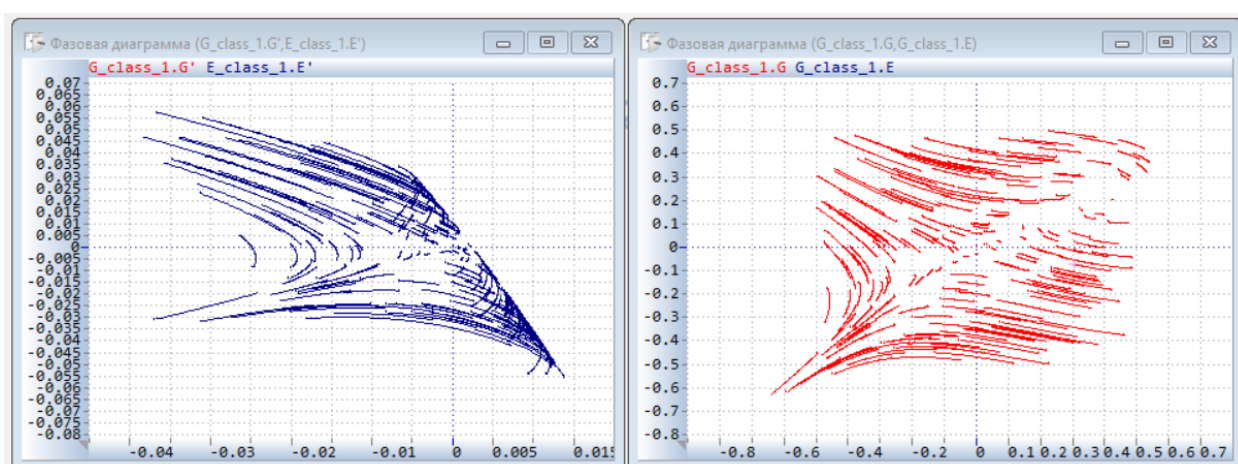


Рис. 40. Фазовые портреты «Политическая дифференциация-степень адаптации».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы было создание комплексной библиотеки компьютерных моделей, адаптированных под социологические исследования. Для выполнения этой цели мною был выполнен ряд следующих задач: подобраны наиболее подходящие и популярные математические модели, каждая из них была подробно разобрана, модифицирована при необходимости, и, далее реализована в среде моделирования AnyDynamics, составлено руководство пользования и способы реализации моделей в этой среде.

Благодаря моей разработке библиотеки компьютерных моделей социологи получают возможность создавать и адаптировать инструменты под конкретные исследовательские задачи. Это способствует развитию индивидуальных исследовательских подходов и увеличивает гибкость в анализе социальных данных. Кроме того, применение современных вычислительных технологий и алгоритмов в социологических исследованиях позволяет обрабатывать и анализировать огромные массивы данных, что ранее было затруднительно или невозможно. Это открывает новые возможности для исследования сложных взаимосвязей и позволяет выявлять ранее незамеченные закономерности.

Таким образом, библиотека примеров компьютерного моделирования в социологии не только расширит теоретические горизонты, но и обеспечит более точные и релевантные результаты исследований, что в итоге поспособствует развитию нашего общества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сениченков Ю.Б. Моделирование компьютерный практикум – 2013.
2. Козырева Д. Д., Ампилова Н. Б. Математические модели в социологии и методы их исследования – 2016.
3. Щупленков Н. О. Построение математической модели социогенеза русской эмиграции 1920-1930-х годов – 2012.
4. Горковенко Д. К. Сравнительный анализ моделей эпидемии и клеточного автомата при моделировании распространения информации в социальных сетях – 2017.
5. Майер Р. В. Решение задач математической теории обучения методом компьютерного моделирования. – 2013.
6. Абзалилов Д. Ф. Математическое моделирование в социологии – 2012.
7. Лаптев А. А. Математическое моделирование глобальных социальных процессов – 2002.
8. Шматов Г. А. Модели теории медиапланирования и риски неэффективного размещения рекламы – 2018.
9. Тимкина К. В. Понятие и структура социальных институтов – 2016.
10. Ершов В.В. Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем – 2023.
11. Дегтерев Д.А. Распространение культурных норм и ценностей: агентное моделирование – 2016.
12. Батура Т.В. Модели и методы анализа компьютерных социальных сетей – 2013.
13. Горбань К.В., Заяц О.А. Прогнозирование экономических процессов на основе методов моделирования – 2016.
14. Модель гонки вооружений [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/10073013/page:34/> (Дата обращения 13.04.2024)
15. Понятие сетевого моделирования [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/4010778/page:2/> (Дата обращения 23.05.2024)

16. Модели распространения инноваций [Электронный ресурс] URL: <https://science.fandom.com/ru/wiki/> (Дата обращения 26.05.2024)
17. MATLAB [Электронный ресурс] URL: <https://www.mathworks.com/> (Дата обращения 26.05.2024)
18. OpenModelica [Электронный ресурс] URL: <https://openmodelica.org/> (Дата обращения 26.05.2024)
19. AnyLogic [Электронный ресурс] URL: <https://www.anylogic.ru/features/> (Дата обращения 26.05.2024)
20. SIR [Электронный ресурс] URL: <https://www.diabetis.ru/model/s-i> (Дата обращения 29.05.2024)
21. Hua Wang, Mary E Northridge, Carol Kunzel, Qiuyi Zhang, Susan S Kum, Jessica L Gilbert, Zhu Jin, Sara S Metcalf. Modeling Social Capital as Dynamic Networks to Promote Access to Oral Healthcare – 2016.
22. R. Collins. Specifics of network theory – 2016.
23. Thomas S. Schelling. Dynamic models of segregation – 1971.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. НАЧАЛО РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ.

Основные элементы главного окна.

Главное меню – содержит в себе пункты меню, позволяющие осуществлять все основные манипуляции с проектом (открытие/закрытие проекта, сохранение проекта, установки проекта, запуск визуальной модели и т. д.);

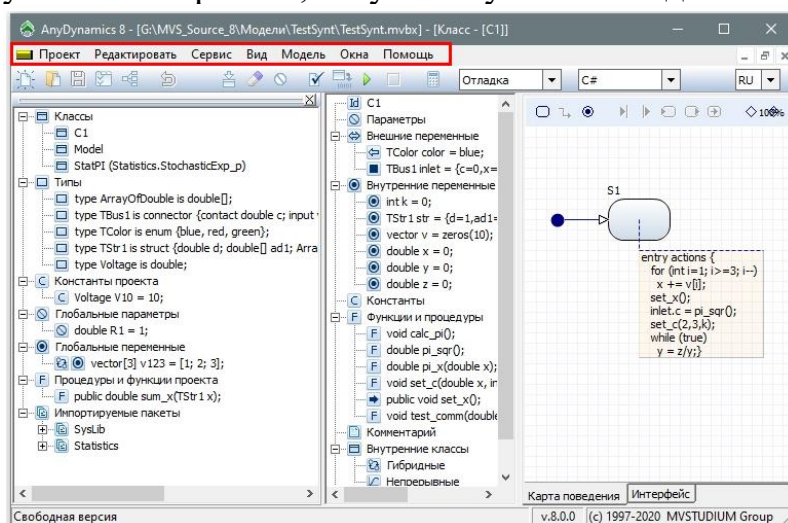


Рис. 41. Главное меню.

Главная панель инструментов – содержит в себе кнопки быстрого доступа к наиболее часто используемым командам главного меню, а также кнопки выбора

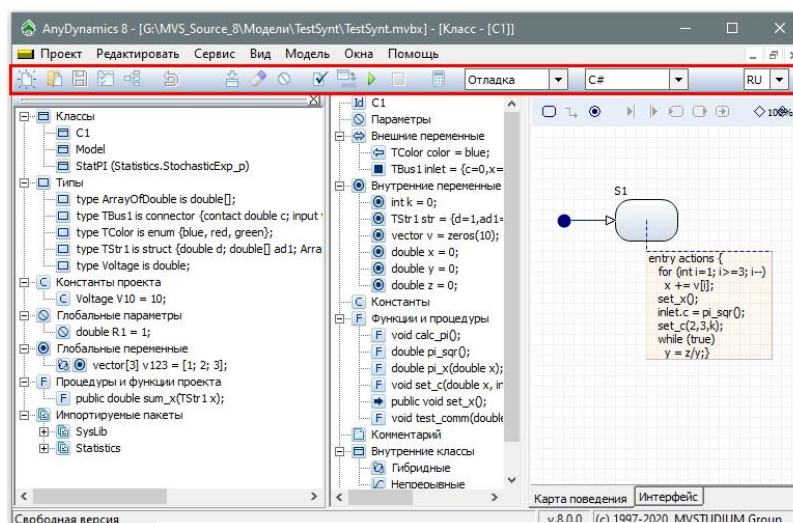


Рис. 42. Панель инструментов.

режима запуска модели ("Отладка"/"Релиз"), синтаксиса входного языка(Ada/C#) и языка пользовательского интерфейса (русский/английский);

Окно "Менеджер проекта" — представляет проект в виде дерева, содержащего все элементы проекта — классы, объявленные типы, константы проекта, функции и процедуры проекта, а также пакеты, импортируемые в проект;

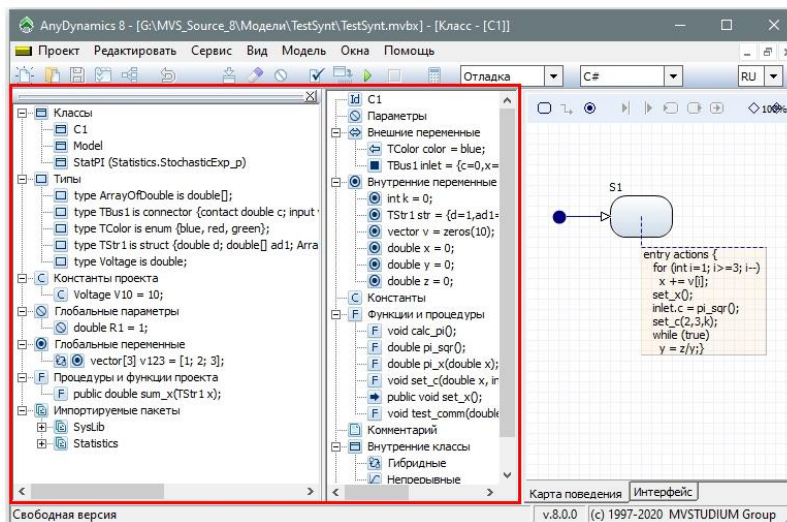


Рис. 43. Менеджер проекта.

Область редактирования классов, в которой открываются окна редактора классов.

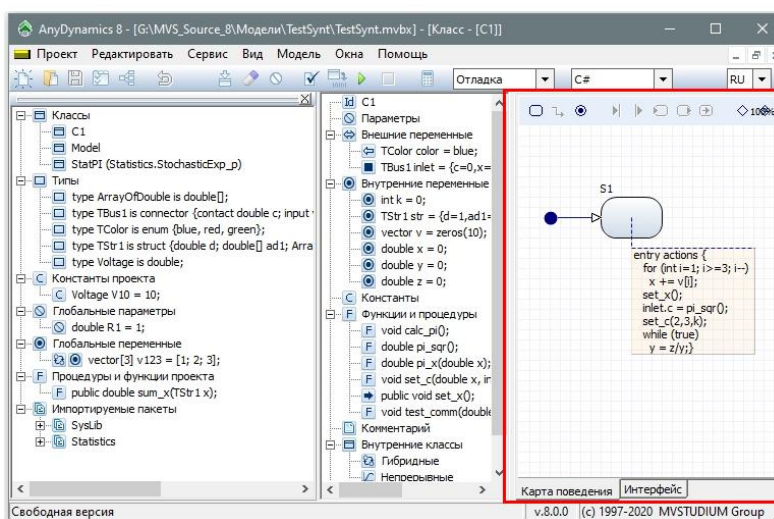


Рис. 44. Редактирование классов.

Все остальные основные вопросы к работе и интерфейсу программы вы можете найти во вкладке «Руководство пользователя».

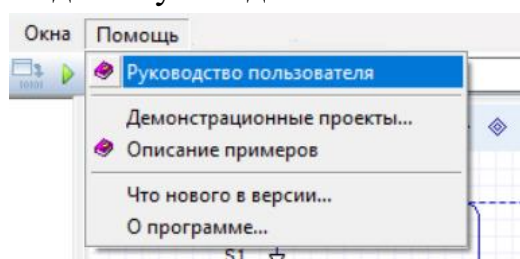


Рис. 45. Руководство пользователя.