Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Шуйский филиал ИвГУ

Кафедра математики, информатики и методики обучения

ОДОБРЕНО:

Руководитель программы аспирантуры

_____ А.Н. Привалов
(подпись)

«18» марта 2026 г.

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Уровень высшего образования:	Подготовка кадров высшей квалификации
Научная специальность:	2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей
Направленность образовательной программы:	
Срок освоения образовательной программы и форма обучения:	3 года

Шуя

1. Цели освоения дисциплины

Целью учебной дисциплины является содействие аспирантам в приобретении знаний, умений и навыков в области системного анализа сложных систем, необходимых в процессе проведения практических работ в рамках диссертационного исследования. В рамках данного курса предполагается изучение как необходимых общематематических разделов, посвященных оптимизации и управлению в условиях неопределенности, так и прикладных разделов, актуальных для работы в различных предметных областях техники.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Методология системного анализа сложных систем» является дисциплиной по выбору блока дисциплин «Дисциплины (модули) по выбору 2 (ДВ.2)».

Успешное освоение данной дисциплины будет способствовать готовности аспирантов к подготовке публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем, подготовке к прохождению промежуточной аттестации по этапам выполнения научного исследования, итоговой аттестации.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать:

– основные варианты использования компьютерных технологий в научных исследованиях.

Уметь:

– использовать информационные технологии при сборе и анализе данных;

– аккумулировать необходимую информацию для реализации определенных практических задач.

Владеть:

–современной терминологией в области моделирования бизнес-процессов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

– основные понятия теории систем, системного подхода и системного анализа;

– методы и средства исследования сложных систем, оценки их эффективности, качества и надежности;

– методологию системного подхода и системного анализа.

Уметь:

– разрабатывать предложения по совершенствованию информационной политики организации;

– анализировать сложные системы и процессы для постановки задач принятия решений, обработки информации и управления;

– выполнять формализованную постановку задач системного анализа, оптимизации и управления по направлению подготовки.

Иметь опыт:

– использования различных способов познания, принятия решений и их оценки, применения полученных знаний в области своей профессиональной деятельности;

– применения инструментов анализа для оценки тенденций развития управляемой системы.

4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы (72 академических часа)

4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

№	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в акад. часах, по очной форме обучения)			Формы текущего контроля успеваемости (по очной форме обучения) Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекцион-ного типа	Занятия семинарского типа	Самостоятельная работа обучающихся	
1.	Введение в методологию системного анализа сложных систем	3	6	4 практические	8	Практические задания
2.	Методология моделирования сложных систем	3	6	4 практические	12	Практические задания
3.	Современные технологии обработки данных (BigData, CloudComputing и др). в информационном обеспечении сложных систем	3	4	8 практические	12	Практические задания
4.	Заключительный. Подведение и анализ промежуточных результатов освоения дисциплины	3	2	2 практические	4	Практические задания
5.	Итого за семестр:		18	18	36	Зачет с оценкой

4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

Тема 1 – Введение в методологию системного анализа сложных систем

Проблема принятия решения. Операционные модели. Исследователь операции и оперирующая сторона. Различия в информированности и ответственности. Риски и рациональное поведение.

Исходная информация для выработки решения производственной, экономической или управленческой задачи, основные виды и способы ее получения. Цели управления и организационного развития системы управления. Одношаговые и многошаговые процедуры принятия управленческих решений. Априорная и текущая информация

Сложные системы. Сущность и принципы системного анализа. Управляемость и наблюдаемость объектов. Непрерывность и дискретность. Описание внешней среды. Примеры описаний автоматизированных информационных систем.

Тема 2 – Методология моделирования сложных систем

Классификация математических моделей: статические и динамические, непрерывные и дискретные, линейные и нелинейные, сетевые, детерминированные и недетерминированные, имитационные модели систем управления.

Методы моделирования сложных объектов и систем управления: структурные, функциональные, матричные, графовые и сетевые методы моделирования, модели систем массового обслуживания. Имитационное моделирование.

Общая постановка задач конечномерной оптимизации со связями и ограничениями. Допустимое множество. Типы экстремумов: внутренний и граничный, единственный и

неединственный, глобальный и локальный. Последовательная оптимизация как способ аналитического решения задач малой размерности. Геометрическое отыскание экстремума в двумерных задачах.

Формулировка общей задачи математического программирования. Классические и специальные задачи линейного программирования. Структура допустимого множества и типы решений.

Элементы теории графов. Сетевое планирование и управление проектами. Задачи анализа и оптимизации сетевых графиков.

Тема 3 – Современные технологии обработки данных (BigData, CloudComputing и др). в информационном обеспечении сложных систем

Понятие «большие данные». Проблема больших данных. Методы и средства работы с большими данными. Информационное обеспечение управленческих структур Данные для автоматизированных систем управления, уровни информации для обеспечения деятельности различных потребителей. Информационные базы для анализа производства и реализации продукции. Размерностные модели.

OLAP-куб. Таблица размерностей. Таблица фактов. Сравнительный анализ OLAP и OLTP-систем. Понятие бизнес-аналитики. Классификация средств «бизнес-аналитики». Этапы анализа данных.

Общая характеристика задач кластерного анализа. Метрики кластерного анализа. Методы определения близости между кластерами. Иерархическая кластеризация. Метод к-средних. Ассоциативные правила. Метрики построения ассоциативных правил.

Общая характеристика деревьев решений. Алгоритмы построения деревьев решений. Оценка качества классификации. Задачи классификации. ROC-кривая. Таблица сопряженности.

Классификация регрессионных моделей. Модель парной регрессии. Метод наименьших квадратов. Показатели качества регрессии. Коэффициент детерминации. Коэффициент парной корреляции. Оценка адекватности модели. Критерий Фишера. Ошибка оценки. Показатели абсолютной и относительной ошибки. Логистическая регрессионная модель. Использование логистической модели для классификации.

Понятие «прогнозирование». Виды и назначение прогнозов. Классификация методов прогнозирования. Определение и типология временных рядов. Модели временных рядов. Составляющие модели временных рядов. Основные характеристики временных рядов. Особенности простых методов прогнозирования. Методы интерполяции. Прогнозирование на основе показателей динамики. Базисные и цепные показатели. Прогнозирование на основе показателей динамики. Понятие «сглаживание». Методы сглаживания. Линейные фильтры. Метод скользящего среднего. Адаптивные методы сглаживания.

Тема 4 – Заключительный. Подведение и анализ промежуточных результатов освоения дисциплины

5. Образовательные технологии

В программе данного курса предусмотрено использование в учебном процессе активных форм проведения занятий и организации самостоятельной работы. В учебном процессе предусмотрено использование технологий проблемного обучения, а также предметно-ориентированных технологий обучения, в том числе математического моделирования конфликтных ситуаций.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: технологии смешанного обучения, мультимедиа технологии, облачные технологии, технологии визуализации (инфографика, дашборды).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине осуществляется в следующих формах:

– повторение материала с использованием конспектов лекций;

– изучение и анализ предложенных электронных образовательных ресурсов, содержащих информацию по методологии системного анализа сложных систем;

– реферирование и аннотирование литературы, посвященной методологии системного анализа сложных систем;

– выполнение заданий, из которых складывается портфолио студента, включающее обязательные и дополнительные (определяемые студентами совместно с преподавателем) материалы.

Задания и результаты их выполнения составляют часть информационного ресурса кафедры математики, информатики и методики обучения и хранятся на сервере кафедры, доступ к ним обеспечен с компьютеров в компьютерном классе.

Полностью весь методический материал по обеспечению самостоятельной работы студентов приводится в приложении 1 к настоящей программе. Доступ к методическим материалам осуществляется при помощи электронной информационно-образовательной среды Шуйского филиала ИвГУ.

7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет с оценкой) проводится с использованием рейтинговой оценки.

Промежуточная аттестация аспирантов предполагает зачет с оценкой в форме выполнения тестового задания, примерный вариант которого представлен в Приложении 2.

Критерии оценки:

– оценка «отлично» выставляется аспиранту, если аспирант выполнил тестового задание на 85 или более процентов;

– оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если аспирант выполнил тестового задание на 71 или более процентов;

– оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если аспирант выполнил тестового задание на 61 или более процентов;

– оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, если аспирант выполнил тестовое задание на менее чем 61 процент;

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Вдовин, В. М. Теория систем и системный анализ : учебник / В. М. Вдовин, Л. Е. Суркова, В. А. Валентинов. – 6-е изд., стер. – Москва : Дашков и К°, 2022. – 643 с. : ил., табл., схем., граф. – (Учебные издания для бакалавров). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=684426. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-394-04581-3. – Текст : электронный.

2. Матвеев, А. В. Системный анализ : учебное пособие : [16+] / А. В. Матвеев. – Омск : Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (ОмГУ), 2019. – 56 с. : табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=613839. – ISBN 978-5-7779-2381-3. – Текст : электронный.

3. Теория систем и системный анализ : учебник : [16+] / С. И. Маторин, А. Г. Жихарев, О. А. Зимовец [и др.] ; под ред. С. И. Маторина. – Москва ; Берлин : Директмедиа Паблишинг, 2019. – 509 с. : 509 – Режим доступа: по подписке. – URL:

https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641. – Библиогр.: с. 477-489. – ISBN 978-5-4499-0675-5. – DOI 10.23681/574641. – Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1. Анфилатов, В. С. Системный анализ в управлении : учебное пособие для вузов / В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин. - Москва : Финансы и статистика, 2007. - 368 с.

2. Бутаков, Н. А. Обработка больших данных с Apache Spark : учебно-методическое пособие : [16+] / Н. А. Бутаков, М. В. Петров, Д. Насонов. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 52 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=566771. – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

3. Каштанов, В. А. Теория надежности сложных систем : учебное пособие / В. А. Каштанов, А. И. Медведев. – Москва : Физматлит, 2010. – 607 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68415. – ISBN 978-5-9221-1132-4. – Текст : электронный.

4. Марусева, И. В. Управление сложными системами: (введение в основы автоматики и информатики) / И. В. Марусева, Ю. П. Петров ; под общ. ред. И. В. Марусевой. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. – 180 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564356. – Библиогр.: с. 176-179.

5. Силич, М. П. Основы теории систем и системного анализа : учебное пособие / М. П. Силич, В. А. Силич ; Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : ТУСУР, 2013. – 340 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480615. – Библиогр.: с. 333-337. – ISBN 978-5-86889-663-7. – Текст : электронный.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:
Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:
ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru
Национальный цифровой ресурс Руконт - https://rucont.ru/default.aspx
Электронная библиотека ИвГУ http://lib.ivanovo.ac.ru
Электронный каталог НБ ИвГУ http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории:

– для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;

– для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: электронные пособия (презентации), аудио-визуальные пособия (видеоматериалы), печатные пособия (таблицы, схемы)).

Автор(ы) рабочей программы дисциплины: профессор кафедры математики, информатики и методики обучения, доктор технических наук, профессор Привалов А. Н.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры математики, информатики и методики обучения «02» марта 2022 г., протокол № 8

Программа обновлена
протокол заседания кафедры № 8 от «22» марта 2023 г.
Согласовано:
Руководитель ОП _____ А.Н. Привалов
(подпись)

Программа обновлена
протокол заседания кафедры № 7 от «9» февраля 2024 г.
Согласовано:
Руководитель ОП _____ А.Н. Привалов
(подпись)

Программа обновлена
протокол заседания кафедры № 9 от «20» марта 2025 г.
Согласовано:
Руководитель ОП _____ А.Н. Привалов
(подпись)

Программа обновлена
протокол заседания кафедры № 9 от «18» марта 2026 г.
Согласовано:
Руководитель ОП _____ А.Н. Привалов
(подпись)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Шуйский филиал ИвГУ

Кафедра математики, информатики и методики обучения

Приложение 1
к рабочей программе дисциплины

Методические указания
для обучающихся по освоению дисциплины
МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Уровень высшего образования:	Подготовка кадров высшей квалификации
Научная специальность:	2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей
Направленность образовательной программы:	
Срок освоения образовательной программы:	3 года

Шуя

1. Методические указания к проработке лекционного материала по дисциплине

Общий план лекций включает следующие составные элементы:

Название этапа	**Содержание**	**Время, мин.**
Вступительная часть	Приветствие. Контроль посещаемости. Постановка темы, цели, основных задач.	4-7
Актуальность и основные понятия	Формулирование проблемы; основные понятия и суть изучаемого вопроса.	8-10
Основная часть	Представление материала лекции в соответствии с программой	60-65
Закрепление полученной информации	Вопрос-ответ, фронтальный опрос, разбор ошибок, допущенных при ответах	5-8
Подведение итогов	Сопоставление результатов лекции с установленной целью и намеченными задачами.	3

В рамках проведения занятий по дисциплине предполагается чтение следующих лекций:
Лекция 1. Введение в методологию системного анализа сложных систем
Тезисы лекции:

- Проблема принятия решения. Операционные модели. Исследователь операции и оперирующая сторона. Различия в информированности и ответственности. Риски и рациональное поведение.
- Исходная информация для выработки решения производственной, экономической или управленческой задачи, основные виды и способы ее получения. Цели управления и организационного развития системы управления. Одношаговые и многошаговые процедуры принятия управленческих решений. Априорная и текущая информация
- Сложные системы. Сущность и принципы системного анализа. Управляемость и наблюдаемость объектов. Непрерывность и дискретность. Описание внешней среды. Примеры описаний автоматизированных информационных систем.

Слайды презентации к лекции:



Введение

- Конечной целью системного анализа является разрешение проблемной ситуации, возникшей перед объектом проводимого системного исследования (обычно это конкретная организация, коллектив, предприятие, отдельный регион, социальная структура и т.п.). Системный анализ занимается изучением проблемной ситуации, выяснением ее причин, выработкой вариантов ее устранения, принятием решения и организацией дальнейшего функционирования системы, разрешающего проблемную ситуацию. Начальным этапом любого системного исследования является изучение объекта проводимого системного анализа с последующей его формализацией. На этом этапе возникают задачи, в корне отличающие методологию системных исследований от методологии других дисциплин, а именно, в системном анализе решается двуединая задача.
- С одной стороны, необходимо формализовать объект системного исследования, с другой стороны, формализации подлежит процесс исследования системы, процесс постановки и решения проблемы.

- Приведем пример из теории проектирования систем. Современная теория автоматизированного проектирования сложных систем может рассматриваться как одна из частей системных исследований. Согласно ей проблема проектирования сложных систем имеет два аспекта.
- Во-первых, требуется осуществить формализованное описание объекта проектирования. Причем на этом этапе решаются задачи формализованного описания как статической составляющей системы (в основном формализации подлежит ее структурная организация), так и ее поведение во времени (динамические аспекты, которые отражают ее функционирование).
- Во-вторых, требуется формализовать процесс проектирования. Составными частями процесса проектирования являются методы формирования различных проектных решений, методы их инженерного анализа и методы принятия решений по выбору наилучших вариантов реализации системы.

- Важное место в процедурах системного анализа занимает проблема принятия решения. В качестве особенности задач, встающих перед системными аналитиками, необходимо отметить требование оптимальности принимаемых решений.
- В настоящее время приходится решать задачи оптимального управления сложными системами, оптимального проектирования систем, включающих в себя большое количество элементов и подсистем.
- Развитие техники достигло такого уровня, при котором создание просто работоспособной конструкции само по себе уже не всегда удовлетворяет ведущие отрасли промышленности. Необходимо в ходе проектирования обеспечить наилучшие показатели по ряду характеристик новых изделий, например, добиться максимального быстродействия, минимальных габаритов, стоимости и т.п. при сохранении всех остальных требований в заданных пределах.

- Таким образом, практика предъявляет требования разработки не просто работоспособного изделия, объекта, системы, а создания оптимального проекта. Аналогичные рассуждения справедливы и для других видов деятельности.
- Системным анализом называется логически связанная совокупность теоретических и эмпирических положений из области математики, естественных наук и опыта разработки сложных систем, обеспечивающая повышение обоснованности решения конкретной проблемы.
- Дальнейшее изучение дисциплины будет сопровождаться примерами касательно Информационных систем (ИС).

Основные понятия системного анализа

В состав задач системного анализа в процессе создания ИС входят задачи декомпозиции, анализа и синтеза.

- *Задача декомпозиции* означает представление системы в виде подсистем, состоящих из более мелких элементов. Часто задачу декомпозиции рассматривают как составную часть анализа.
- *Задача анализа* состоит в нахождении различного рода свойств системы или среды, окружающей систему. Целью анализа может быть определение закона преобразования информации, задающего поведение системы. В последнем случае речь идет об *агрегации* (композиции) системы в один-единственный элемент.
- *Задача синтеза* системы противоположна задаче анализа. Необходимо по описанию закона преобразования построить систему, фактически выполняющую это преобразование по определенному алгоритму. При этом должен быть предварительно определен класс элементов, из которых строится искомая система, реализующая алгоритм функционирования.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ

- Системы принято подразделять на физические и абстрактные, динамические и статические, простые и сложные, естественные и искусственные, с управлением и без управления, непрерывные и дискретные, детерминированные и стохастические, открытые и замкнутые.
- Деление систем на *физические и абстрактные* позволяет различать реальные системы (объекты, явления, процессы) и системы, являющиеся определенными отображениями (моделями) реальных объектов.
- Для реальной системы может быть построено множество систем - моделей, различаемых по цели моделирования, по требуемой степени детализации и по другим признакам.
- Например, реальная ЛВС, с точки зрения системного администратора, - совокупность программного, математического, информационного, лингвистического, технического и других видов обеспечения, с точки зрения противника, - совокупность объектов, подлежащих разведке, подавлению (блокированию), уничтожению, с точки зрения технического обслуживания, - совокупность исправных и неисправных средств.

- Деление систем на *простые и сложные (большие)* подчеркивает, что в системном анализе рассматриваются не любые, а именно сложные системы большого масштаба. При этом выделяют структурную и функциональную (вычислительную) сложность.
- Общепризнанной границы, разделяющей простые, большие и сложные системы, нет. Однако условно будем считать, что сложные системы характеризуются тремя основными признаками: свойством робастности, наличием неоднородных связей и эмерджентностью.
- Во-первых, сложные системы обладают свойством *робастности* - способностью сохранять частичную работоспособность (эффективность) при отказе отдельных элементов или подсистем.
- Оно объясняется функциональной избыточностью сложной системы и проявляется в изменении степени деградации выполняемых функций, зависящей от глубины возмущающих воздействий.
- Простая система может находиться не более чем в двух состояниях: полной работоспособности (исправном) и полного отказа (неисправном).

- Во-вторых, в составе сложных систем кроме значительного количества элементов присутствуют многочисленные *и разные по типу (неоднородные) связи* между элементами. Основными типами считаются следующие виды связей: структурные (в том числе иерархические), функциональные, каузальные (причинно-следственные, отношения истинности), информационные, пространственно-временные. По этому признаку будем отличать сложные системы от больших систем, представляющих совокупность однородных элементов, объединенных связью одного типа.
- В-третьих, сложные системы обладают свойством, которое отсутствует у любой из составляющих ее частей. Это интегративность (целостность), или *эмерджентность*. Другими словами, отдельное рассмотрение каждого элемента не дает полного представления о сложной системе в целом. Эмерджентность может достигаться за счет обратных связей, играющих важнейшую роль в управлении сложной системой.
- Считается, что структурная сложность системы должна быть пропорциональна объему информации, необходимой для ее описания (снятия неопределенности).

- Сложные системы допустимо делить на *искусственные* и *естественные* (природные).
- Искусственные системы, как правило, отличаются от природных наличием определенных целей функционирования (назначением) и наличием управления.
- Рассмотрим еще один важный признак классификации систем.
- Принято считать, что система с управлением, имеющая нетривиальный входной сигнал *x{t)* и выходной сигнал *y{t),* может рассматриваться как преобразователь информации, перерабатывающий поток информации (исходные данные) *x{t)* в поток информации (решение по управлению) *y(t).*
- В соответствии с типом значений *x{t), y{t) и t* системы делятся на непрерывные(системы с непрерывной переменной) и дискретные (Изменения состояния этих систем происходят не непрерывно, а в дискретные моменты времени, по принципу «от события к событию»).
- Такое деление проводится в целях выбора математического аппарата моделирования.

- Системы с нетривиальным входным сигналом *x(t),* источником которого нельзя управлять (непосредственно наблюдать), или системы, в которых неоднозначность их реакции нельзя объяснить разницей в состояниях, называются *открытыми.*
- Признаком, по которому можно определить открытую систему, служит наличие взаимодействия с внешней средой. Взаимодействие порождает проблему «предсказуемости» значений выходных сигналов и, как следствие, - трудности описания открытых систем.
- **Детерминированная система** - система, состояния выходов которой однозначно определяются оказанными на нее управляющими воздействиями.
- Вероятностная или стохастическая система – это система, поведение которой описывается законами теории вероятностей.

Основные определения системного анализа

- *Элемент* - некоторый объект (материальный, энергетический, информационный), обладающий рядом важных свойств и реализующий в системе определенный закон функционирования, внутренняя структура которого не рассматривается. Иными словами, элемент - это неделимая наименьшая функциональная часть исследуемой системы.
- *Подсистема* - часть системы, выделенная по определенному признаку, обладающая некоторой самостоятельностью и допускающая разложение на элементы в рамках данного рассмотрения.
- Система может быть разделена на элементы не сразу, а последовательным расчленением на подсистемы - совокупности элементов.
- Такое расчленение, как правило, производится на основе определения независимой функции, выполняемой данной совокупностью элементов совместно для достижения некой частной цели, обеспечивающей достижение общей цели системы. Подсистема отличается от простой группы элементов, для которой не выполняется условие целостности.

- Последовательное разбиение системы в глубину приводит к иерархии подсистем, нижним уровнем которых является элемент.
- *Характеристика* -то, что отражает некоторое свойство элемента системы. Характеристики делятся на количественные и качественные в зависимости от типа отношений на множестве их значений.
- Если на множестве значений заданы метризованные отношения, когда указывается не только факт выполнения отношения, но также и степень количественного превосходства, то характеристика является *количественной.*
- Если пространство значений не метрическое, то характеристика называется *качественной.*
- Количественная характеристика называется *параметром.*
- Характеристики элемента являются зависимыми переменными и отражают свойства элемента.

- Под *свойством* понимают сторону объекта, обусловливающую его отличие от других объектов или сходство с ними и проявляющуюся при взаимодействии с другими объектами.
- Свойства задаются с использованием отношений одного из основных математических понятий, используемых при анализе и обработке информации. На языке отношений единым образом можно описать воздействия, свойства объектов и связи между ними, задаваемые различными признаками. Существует несколько форм представления отношений: функциональная (в виде функции, функционала, оператора), матричная, табличная, логическая, графовая, представление сечениями, алгоритмическая (в виде словесного правила соответствия).
- Свойства классифицируют на *внешние,* проявляющиеся в форме выходных характеристик только при взаимодействии с внешними объектами, и *внутренние,* проявляющиеся в форме переменных состояния при взаимодействии с внутренними элементами рассматриваемой системы и являющиеся причиной внешних свойств.
- Одна из основных целей системного анализа - выявление внутренних свойств системы, определяющих ее поведение.

- По структуре свойства делят на простые и сложные (интегральные).
- Внешние простые свойства доступны непосредственному наблюдению, внутренние свойства конструируются в нашем сознании логически и не доступны наблюдению.
- Следует помнить о том, что свойства проявляются только при взаимодействии с другими объектами или элементами одного объекта между собой.
- Формально свойства могут быть представлены также и в виде
- закона функционирования элемента.
- *Законом функционирования,* описывающим процесс функционирования элемента системы во времени, называется зависимость оператор *которой* преобразует независимые переменные в зависимые и отражает *поведение элемента* (системы) во времени – процесс изменения состояния элемента (системы), оцениваемый по степени достижения цели его функционирования.
- Понятие поведения принято относить только к целенаправленным системам и оценивать по показателям.

- *Цель* - ситуация или область ситуаций, которая должна быть достигнута при функционировании системы за определенный промежуток времени.
- Цель может задаваться требованиями к показателям результативности, ресурсоемкости, оперативности функционирования системы либо к траектории достижения заданного результата. Как правило, цель для системы определяется старшей системой, а именно той, в которой рассматриваемая система является элементом.
- *Показатель* - характеристика, отражающая качество системы или целевую направленность процесса (операции), реализуемого системой.
- Вид отношений между элементами, который проявляется как некоторый обмен (взаимодействие), называется *связью*. Как правило, в исследованиях выделяются внутренние и внешние связи.
- Внешние связи системы - это ее связи со средой. Они проявляются в виде характерных свойств системы. Определение внешних связей позволяет отделить систему от окружающего мира и является необходимым начальным этапом исследования.

- В ряде случаев считается достаточным исследование всей системы ограничить установлением ее закона функционирования.
- Однако в задачах анализа обычно требуется выяснить, какими внутренними связями обусловливаются интересующие исследователя свойства системы. Поэтому основным содержанием системного анализа является определение структурных, функциональных, каузальных, информационных и пространственно-временных внутренних связей системы.
- Структурные связи обычно подразделяют на иерархические, сетевые, древовидные и задают в графовой или матричной форме.
- Функциональные и пространственно-временные связи задают как функции, функционалы и операторы.
- Каузальные (причинно-следственные) связи описывают на языке формальной логики. Для описания информационных связей разрабатываются инфологические модели.
- Выделение связей разных видов наряду с выделением элементов является существенным этапом системного анализа и позволяет судить о сложности рассматриваемой системы.

- Важным для описания и исследования систем является *понятие алгоритм функционирования*, под которым понимается метод получения выходных характеристик с учетом входных воздействий, управляющих воздействий и воздействий внешней среды.
- По сути, алгоритм функционирования раскрывает механизм проявления внутренних свойств системы, определяющих ее поведение в соответствии с законом функционирования. Один и тот же закон функционирования элемента системы может быть реализован различными способами, т. е. с помощью множества различных алгоритмов функционирования.
- Наличие выбора алгоритмов приводит к тому, что системы с одним и тем же законом функционирования обладают разным качеством и эффективностью процесса функционирования.
- *Качество* - совокупность существенных свойств объекта, обусловливающих его пригодность для использования по назначению.
- Оценка качества может производиться по одному интегральному свойству, выражаемому через обобщенный показатель качества системы.

- *Процессом* называется совокупность состояний системы, упорядоченных по изменению какого-либо параметра, определяющего свойства системы.
- Формально процесс функционирования как последовательная смена состояний интерпретируется как координаты точки в n-мерном фазовом пространстве. Причем каждой реализации процесса будет соответствовать некоторая фазовая траектория.
- Совокупность всех возможных значений состояний называется пространством состояний системы.
- *Эффективность процесса* - степень его приспособленности к достижению цели.
- Принято различать эффективность процесса, реализуемого системой, и качество системы. Эффективность проявляется только при функционировании и зависит от свойств самой системы, способа ее применения и от воздействий внешней среды.
- *Критерий эффективности* - обобщенный показатель и правило выбора лучшей системы (лучшего решения). Например, $Y = \max\{Yi\}$.

- Если решение выбирается по качественным характеристикам, то критерий называется решающим правилом.
- Описание закона функционирования системы наряду с аналитическим, графическим, табличным и другими способами в ряде случаев может быть получено через состояние системы.
- *Состояние системы* - это множество значений характеристик системы в данный момент времени.
- *Структура* - совокупность образующих систему элементов
- и связей между ними. В структуре системы существенную роль играют связи. Так, изменяя связи при сохранении элементов, можно получить другую систему, обладающую новыми свойствами или реализующую другой закон функционирования.
- Необходимость одновременного и взаимоувязанного рассмотрения состояний системы и среды требует определения понятий «ситуация» и «проблема».
- *Ситуация* - совокупность состояний системы и среды в один и тот же момент времени.
- *Проблема* - несоответствие между существующим и требуемым (целевым) состоянием системы при данном состоянии среды в рассматриваемый момент времени.

- Если решение выбирается по качественным характеристикам, то критерий называется решающим правилом.
- Описание закона функционирования системы наряду с аналитическим, графическим, табличным и другими способами в ряде случаев может быть получено через состояние системы.
- *Состояние системы* - это множество значений характеристик системы в данный момент времени.
- *Структура* - совокупность образующих систему элементов
- и связей между ними. В структуре системы существенную роль играют связи. Так, изменяя связи при сохранении элементов, можно получить другую систему, обладающую новыми свойствами или реализующую другой закон функционирования.
- Необходимость одновременного и взаимоувязанного рассмотрения состояний системы и среды требует определения понятий «ситуация» и «проблема».
- *Ситуация* - совокупность состояний системы и среды в один и тот же момент времени.
- *Проблема* - несоответствие между существующим и требуемым (целевым) состоянием системы при данном состоянии среды в рассматриваемый момент времени.

МОДЕЛИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

- Под *моделированием* понимается процесс исследования реальной системы, включающий построение модели, изучение ее свойств и перенос полученных сведений на моделируемую систему.
- Общими функциями моделирования являются описание, объяснение и прогнозирование поведения реальной системы.
- Типовыми целями моделирования могут быть поиск оптимальных или близких к оптимальным решений, оценка эффективности решений, определение свойств системы (чувствительности к изменению значений характеристик и др.), установление взаимосвязей между характеристиками системы, перенос информации во времени.
- *Модель* – это объект, который имеет сходство в некоторых отношениях с прототипом и служит средством описания и/или объяснения, и/или прогнозирования поведения прототипа.
- Сложные системы характеризуются выполняемыми процессами (функциями), структурой и поведением во времени.

- Для адекватного моделирования этих аспектов в автоматизированных информационных системах различают функциональные, информационные и поведенческие модели, пересекающиеся друг с другом.
- *Функциональная* модель системы описывает совокупность выполняемых системой функций, характеризует морфологию системы (ее построение) - состав функциональных подсистем, их взаимосвязи.
- *Информационная* модель отражает отношения между элементами системы в виде структур данных (состав и взаимосвязи).
- *Поведенческая (событийная)* модель описывает информационные процессы (динамику функционирования), в ней фигурируют такие категории, как состояние системы, событие, переход из одного состояния в другое, условия перехода, последовательность событий.

КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ

- Классификация видов моделирования может быть проведена по разным основаниям. Один из вариантов классификации приведен на рис. 1
- В соответствии с классификационным признаком полноты моделирование делится на полное, неполное и приближенное. При *полном* моделировании модели идентичны объекту во времени и пространстве. Для *неполного* моделирования эта идентичность не сохраняется. В основе *приближенного* моделирования лежит подобие, при котором некоторые стороны реального объекта не моделируются совсем.
- *Детерминированное* моделирование отображает процессы, в которых предполагается отсутствие случайных воздействий.
- *Стохастическое* моделирование учитывает вероятностные процессы и события. *Статическое* моделирование служит для описания состояния объекта в фиксированный момент времени, а *динамическое* - для исследования объекта во времени. При этом оперируют аналоговыми (непрерывными), дискретными и смешанными моделями.



Рис. 1.7. Классификация видов моделирования

В зависимости от формы реализации носителя и сигнатуры моделирование классифицируется на мысленное и реальное.

- *Мысленное* моделирование применяется тогда, когда модели не реализуемы в заданном интервале времени либо отсутствуют условия для их физического создания (например, ситуация микромира).
- Мысленное моделирование реальных систем реализуется в виде наглядного, символического и математического. Для представления функциональных, информационных и событийных моделей этого вида моделирования разработано значительное количество средств и методов.
- При *наглядном* моделировании на базе представлений человека о реальных объектах создаются наглядные модели, отображающие явления и процессы, протекающие в объекте. Примером таких моделей являются учебные плакаты, рисунки, схемы, диаграммы.
- В основу *гипотетического* моделирования закладывается гипотеза о закономерностях протекания процесса в реальном объекте, которая отражает уровень знаний исследователя об объекте и базируется на причинно-следственных связях между входом и выходом изучаемого объекта.

- Этот вид моделирования используется, когда знаний об объекте недостаточно для построения формальных моделей. *Аналоговое* моделирование основывается на применении аналогий различных уровней. Для достаточно простых объектов наивысшим уровнем является полная аналогия.
- С усложнением системы используются аналогии последующих уровней, когда аналоговая модель отображает несколько (или только одну) сторон функционирования объекта. *Макетирование* применяется, когда протекающие в реальном объекте процессы не поддаются физическому моделированию или могут предшествовать проведению других видов моделирования. В основе построения мысленных макетов также лежат аналогии, обычно базирующиеся на причинно-следственных связях между явлениями и процессами в объекте.
- *Символическое* моделирование представляет собой искусственный процесс создания логического объекта, который замещает реальный и выражает его основные свойства с помощью определенной системы знаков и символов. В основе *языкового* моделирования лежит некоторый тезаурус, который образуется из набора понятий исследуемой предметной области, причем этот набор должен быть фиксированным.

- Под *тезаурусом* понимается словарь, отражающий связи между словами или иными элементами данного языка, предназначенный для поиска слов по их смыслу.
- Если ввести условное обозначение отдельных понятий, т.е. знаки, а также определенные операции между этими знаками, то можно реализовать *знаковое* моделирование и с помощью знаков отображать набор понятий - составлять отдельные цепочки из слов и предложений. Используя операции объединения, пересечения и дополнения теории множеств, можно в отдельных символах дать описание какого-то реального объекта.
- *Математическое* моделирование - это процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью. В принципе, для исследования характеристик любой системы математическими методами, включая и машинные, должна быть обязательно проведена формализация этого процесса, т.е. построена математическая модель. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и от задач исследования объекта, от требуемой достоверности и точности решения задачи.

- Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект с некоторой степенью приближения.
- Для *аналитического* моделирования характерно то, что в основном моделируется только функциональный аспект системы. При этом глобальные уравнения системы, описывающие закон (алгоритм) ее функционирования, записываются в виде некоторых аналитических соотношений (алгебраических, интегродиф-ференциальных, конечноразностных и т.д.) или логических условий.
- При *имитационном* моделировании воспроизводится алгоритм функционирования системы во времени - поведение системы, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы.
- *Комбинированное (аналитико-имитационное)* моделирование позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования.

- При построении комбинированных моделей производится предварительная декомпозиция процесса функционирования объекта на составляющие подпроцессы, и для тех из них, где это возможно, используются аналитические модели, а для остальных подпроцессов строятся имитационные модели.
- *Информационное {кибернетическое)* моделирование связано с исследованием моделей, в которых отсутствует непосредственное подобие физических процессов, происходящих в моделях, реальным процессам. В этом случае стремятся отобразить лишь некоторую функцию, рассматривают реальный объект как «черный ящик», имеющий ряд входов и выходов, и моделируют некоторые связи между выходами и входами.
- *Структурное* моделирование системного анализа базируется на некоторых специфических особенностях структур определенного вида, которые используются как средство исследования систем или служат для разработки на их основе специфических подходов к моделированию с применением других методов формализованного представления систем (теоретико-множественных, лингвистических, кибернетических и т.п.). Развитием структурного моделирования является *объектно-ориентированное* моделирование.

- *Ситуационное* моделирование опирается на модельную теорию мышления, в рамках которой можно описать основные механизмы регулирования процессов принятия решений. В центре модельной теории мышления лежит представление о формировании в структурах мозга информационной модели объекта и внешнего мира. Эта информация воспринимается человеком на базе уже имеющихся у него знаний и опыта. Целесообразное поведение человека строится путем формирования целевой ситуации и мысленного преобразования исходной ситуации в целевую. Основой построения модели является описание объекта в виде совокупности элементов, связанных между собой определенными отношениями, отображающими семантику предметной области.
- При *реальном* моделировании используется возможность исследования характеристик либо на реальном объекте целиком, либо на его части.
- *Натурным* моделированием называют проведение исследования на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента на основе теории подобия. Натурное моделирование подразделяется на научный эксперимент, комплексные испытания и производственный эксперимент.

- **Принципы и подходы к построению математических моделей**
- Принципы определяют те общие требования, которым должна удовлетворять правильно построенная модель. Рассмотрим эти принципы.
- 1. *Адекватность.* Этот принцип предусматривает соответствие модели целям исследования по уровню сложности и организации, а также соответствие реальной системе относительно выбранного множества свойств. До тех пор, пока не решен вопрос, правильно ли отображает модель исследуемую систему, ценность модели незначительна.
- 2. *Соответствие моделиреишемой задаче.* Модель должна строиться для решения определенного класса задач или конкретной задачи исследования системы. Попытки создания универсальной модели, нацеленной на решение большого числа разнообразных задач, приводят к такому усложнению, что она оказывается практически непригодной. Этот принцип связан с принципом адекватности.
- 3. *Упрощение при сохранении существенных свойств системы.* Модель должна быть в некоторых отношениях проще прототипа - в этом смысл моделирования.

- Чем сложнее рассматриваемая система, тем по возможности более упрощенным должно быть ее описание, умышленно утрирующее типичные и игнорирующее менее существенные свойства. Этот принцип может быть назван принципом абстрагирования от второстепенных деталей.
- 4. *Соответствие между требуемой точностью результатов моделирования и сложностью модели.* Модели по своей природе всегда носят приближенный характер. Возникает вопрос, каким должно быть это приближение. С одной стороны, чтобы отразить все сколько-нибудь существенные свойства, модель необходимо детализировать. С другой стороны, строить модель, приближающуюся по сложности к реальной системе, очевидно, не имеет смысла. Она не должна быть настолько сложной, чтобы нахождение решения оказалось слишком затруднительным.
- 5. *Баланс погрешностей различных видов.* В соответствии с принципом баланса необходимо добиваться, например, баланса систематической погрешности моделирования за счет отклонения модели от оригинала и погрешности исходных данных, точности отдельных элементов модели, систематической погрешности моделирования и случайной погрешности при интерпретации и осреднении результатов.

- 6. *Многовариантность реализаций элементов модели.* Разнообразие реализаций одного и того же элемента, отличающихся по точности (а следовательно, и по сложности), обеспечивает регулирование соотношения «точность/сложность».
- 7. *Блочное строение.* При соблюдении принципа блочного строения облегчается разработка сложных моделей и появляется возможность использования накопленного опыта и готовых блоков с минимальными связями между ними. Выделение блоков производится с учетом разделения модели по этапам и режимам функционирования системы.

Этапы построения математической модели

- Сущность построения математической модели состоит в том, что реальная система упрощается, схематизируется и описывается с помощью того или иного математического аппарата. Можно выделить следующие основные этапы построения моделей.
- 1. *Содержательное описание моделируемого объекта.* Объекты моделирования описываются с позиций системного подхода.
- Исходя из цели исследования устанавливаются совокупность элементов, взаимосвязи между элементами, возможные состояния каждого элемента, существенные характеристики состояний и соотношения между ними.
- 2. *Формализация операций.* На основе содержательного описания определяется исходное множество характеристик системы. Для выделения существенных характеристик необходим хотя бы приближенный анализ каждой из них. При проведении анализа опираются на постановку задачи и понимание природы исследуемой системы. После исключения несущественных характеристик выделяют управляемые и неуправляемые параметры и производят символизацию. Затем определяется система ограничений на значения управляемых параметров. Если ограничения не носят принципиальный характер, то ими пренебрегают.

- 3. *Проверка адекватности модели.* Требование адекватности
- находится в противоречии с требованием простоты, и это нужно
- учитывать при проверке модели на адекватность. Исходный вариант
- модели предварительно проверяется по следующим основным
- аспектам:
- • Все ли существенные параметры включены в модель?
- • Нет ли в модели несущественных параметров?
- • Правильно ли отражены функциональные связи между
- параметрами?
- • Правильно ли определены ограничения на значения параметров?
- 4. *Корректировка модели.* При корректировке модели могут
- уточняться существенные параметры, ограничения на значения
- управляемых параметров, показатели исхода операции, связи
- показателей исхода операции с существенными параметрами,
- критерий эффективности. После внесения изменений в модель
- вновь выполняется оценка адекватности.

- 5. *Оптимизация модели.* Сущность оптимизации моделей состоит в их упрощении при заданном уровне адекватности. Основными показателями, по которым возможна оптимизация модели, выступают время и затраты средств для проведения исследований на ней. В основе оптимизации лежит возможность преобразования моделей из одной формы в другую. Преобразование может выполняться либо с использованием математических методов, либо эвристическим путем.

- **ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**
- Принципы системного анализа - это некоторые положения общего характера, являющиеся обобщением опыта работы человека со сложными системами. Различные авторы излагают принципы с определенными отличиями, поскольку общепринятых формулировок на настоящее время нет. Однако так или иначе все формулировки описывают одни и те же понятия.
- Наиболее часто к системным причисляют следующие принципы: принцип конечной цели, принцип измерения, принцип эквифинальности, принцип единства, принцип связности, принцип модульного построения, принцип иерархии, принцип функциональности, принцип развития (историчности, открытости), принцип децентрализации, принцип неопределенности.
- *Принцип конечной цели.* Это абсолютный приоритет конечной (глобальной) цели.

- *Принцип измерения.* О качестве функционирования какой-либо системы можно судить только применительно к системе более высокого порядка. Другими словами, для определения эффективности функционирования системы надо представить ее как часть более общей и проводить оценку внешних свойств исследуемой системы относительно целей и задач суперсистемы.
- *Принцип эквифинальности.* Система может достигнуть требуемого конечного состояния, не зависящего от времени и определяемого исключительно собственными характеристиками системы при различных начальных условиях и различными путями. Это форма устойчивости по отношению к начальным и граничным условиям.
- *Принцип единства.* Это совместное рассмотрение системы как целого и как совокупности частей (элементов). Принцип ориентирован на «взгляд внутрь» системы, на расчленение ее с сохранением целостных представлений о системе.
- *Принцип связности.* Рассмотрение любой части совместно с ее окружением подразумевает проведение процедуры выявления связей между элементами системы и выявление связей с внешней средой (учет внешней среды).

- В соответствии с этим принципом систему в первую очередь следует рассматривать как часть (элемент, подсистему) другой системы, называемой суперсистемой или старшей системой.
- *Принцип модульного построения.* Полезно выделение модулей в системе и рассмотрение ее как совокупности модулей. Принцип указывает на возможность вместо части системы исследовать совокупность ее входных и выходных воздействий (абстрагирование от излишней детализации).
- *Принцип иерархии.* Полезно введение иерархии частей и их ранжирование, что упрощает разработку системы и устанавливает порядок рассмотрения частей.
- *Принцип функциональности.* Это совместное рассмотрение структуры и функции с приоритетом функции над структурой. Принцип утверждает, что любая структура тесно связана с функцией системы и ее частей. В случае придания системе новых функций полезно пересматривать ее структуру, а не пытаться втиснуть новую функцию в старую схему.
- *Принцип развития.* Это учет изменяемости системы, ее способности к развитию, адаптации, расширению, замене частей, накапливанию информации. В основу синтезируемой системы требуется закладывать возможность развития, наращивания,

- *Принцип децентрализации.* Это сочетание в сложных системах централизованного и децентрализованного управления, которое, как правило, заключается в том, что степень централизации должна быть минимальной, обеспечивающей выполнение поставленной цели.
- *Принцип неопределенности.* Это учет неопределенностей и случайностей в системе. Принцип утверждает, что можно иметь дело с системой, в которой структура, функционирование или внешние воздействия не полностью определены.

- **СТРУКТУРА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**
- Общий подход к решению проблем может быть представлен как цикл (рис. 2). При этом в процессе функционирования реальной системы выявляется проблема практики как несоответствие существующего положения дел требуемому. Для решения проблемы проводится системное исследование (декомпозиция, анализ и синтез) системы, снимающее проблему. В ходе синтеза осуществляется оценка анализируемой и синтезируемой систем.
- Реализация синтезированной системы в виде предлагаемой физической системы позволяет провести оценку степени снятия проблемы практики и принять решение на функционирование модернизированной (новой) реальной системы.
- При таком представлении становится очевидным еще один аспект определения системы: система есть средство решения проблем.
- Основные задачи системного анализа могут быть представлены в виде трехуровневого дерева функций (рис. 3).

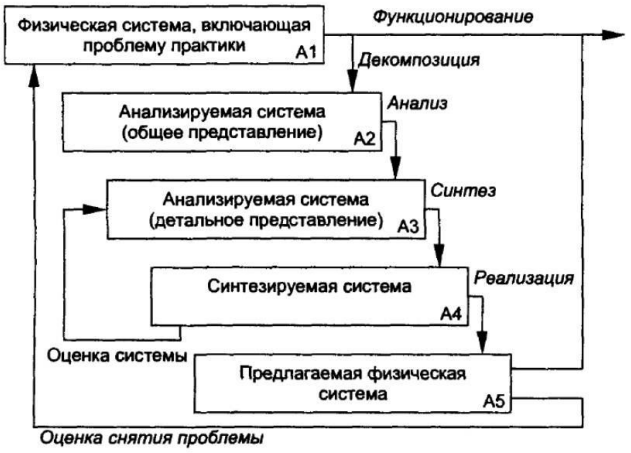


Рис. 1.8. Общий подход к решению проблем



Рис. 1.9. Дерево функций системного анализа

- На этапе *декомпозиции,* обеспечивающем общее представление системы, осуществляются:
- 1. Определение и декомпозиция общей цели исследования и основной функции системы как ограничение траектории в пространстве состояний системы или в области допустимых ситуаций. Наиболее часто декомпозиция проводится путем построения дерева целей и дерева функций.
- 2. Выделение системы из среды (разделение на систему/«несистему») по критерию участия каждого рассматриваемого элемента в процессе, приводящем к результату на основе рассмотрения системы как составной части надсистемы.
- 3. Описание воздействующих факторов.
- 4. Описание тенденций развития, неопределенностей разного рода.
- 5. Описание системы как «черного ящика».
- 6. Функциональная (по функциям), компонентная (по виду элементов) и структурная (по виду отношений между элементами) декомпозиции системы.

- Рассмотрим некоторые наиболее часто применяемые стратегии декомпозиции.
- *Функциональная декомпозиция.* Декомпозиция базируется на анализе функций системы. При этом ставится вопрос *что* делает система, независимо от того, *как* она работает. Основанием разбиения на функциональные подсистемы служит общность функций, выполняемых группами элементов.
- *Декомпозиция по жизненному циклу.* Признак выделения подсистем - изменение закона функционирования подсистем на разных этапах цикла существования системы «от рождения до гибели». *Декомпозиция по физическому процессу.* Признак выделения подсистем - шаги выполнения алгоритма функционирования подсистемы, стадии смены состояний.
- *Декомпозиция по подсистемам (структурная декомпозиция).* Признак выделения подсистем - сильная связь между элементами по одному из типов отношений (связей), существующих в системе (информационных, логических, иерархических, энергетических и т.п.).

- На этапе *анализа,* обеспечивающем формирование детального представления системы, осуществляются:
- 1. Функционально-структурный анализ существующей системы, позволяющий сформулировать требования к создаваемой системе. Он включает уточнение состава и законов функционирования элементов, алгоритмов функционирования и взаимовлияний подсистем, разделение управляемых и неуправляемых характеристик, задание пространства состояний, задание параметрического пространства, анализ целостности системы, формулирование требований к создаваемой системе.
- 2. Морфологический анализ - анализ взаимосвязи компонентов.
- 3. Генетический анализ - анализ предыстории, причин развития ситуации, имеющихся тенденций, построение прогнозов.
- 4. Анализ аналогов.
- 5. Анализ эффективности (по результативности, ресурсоемкости, оперативности).
- 6. Формирование требований к создаваемой системе, включая выбор критериев оценки и ограничений.

- Этап *синтеза* системы, решающей проблему, представлен в виде упрощенной функциональной диаграммы на рис. 4.
- На этом этапе осуществляются:
- 1. Разработка модели требуемой системы (выбор математического аппарата, моделирование, оценка модели по критериям адекватности, простоты, соответствия между точностью и сложностью, баланса погрешностей, многовариантности реализаций, блочности построения).
- 2. Синтез альтернативных структуры ситемы, снимающей проблему.
- 3. Синтез параметров системы, снимающей проблему.
- 4. Оценивание вариантов синтезированной системы (обоснование схемы оценивания, реализация модели, проведение эксперимента по оценке, обработка результатов оценивания, анализ результатов, выбор наилучшего варианта).

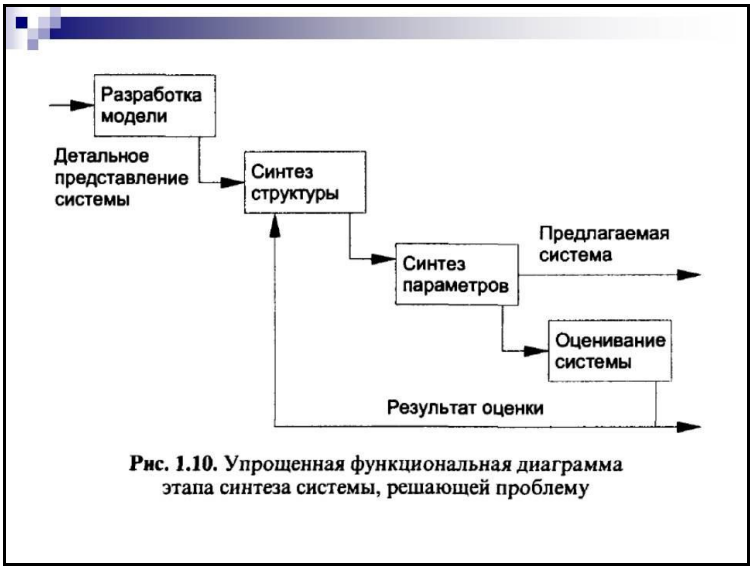


Рис. 1.10. Упрощенная функциональная диаграмма этапа синтеза системы, решающей проблему

Литература: Вдовин, В. М. Теория систем и системный анализ : учебник / В. М. Вдовин, Л. Е. Суркова, В. А. Валентинов. – 6-е изд., стер. – Москва : Дашков и К°, 2022. – 643 с. : ил., табл., схем., граф. – (Учебные издания для бакалавров). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=684426. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-394-04581-3. – Текст : электронный.

Лекция 2. Методология моделирования сложных систем

Тезисы лекции:

- Классификация математических моделей: статические и динамические, непрерывные и дискретные, линейные и нелинейные, сетевые, детерминированные и недетерминированные, имитационные модели систем управления.
- Методы моделирования сложных объектов и систем управления: структурные, функциональные, матричные, графовые и сетевые методы моделирования, модели систем массового обслуживания. Имитационное моделирование.
- Общая постановка задач конечномерной оптимизации со связями и ограничениями. Допустимое множество. Типы экстремумов: внутренний и граничный, единственный и неединственный, глобальный и локальный. Последовательная оптимизация как способ аналитического решения задач малой размерности. Геометрическое отыскание экстремума в двумерных задачах.
- Формулировка общей задачи математического программирования. Классические и специальные задачи линейного программирования. Структура допустимого множества и типы решений.
- Элементы теории графов. Сетевое планирование и управление проектами. Задачи анализа и оптимизации сетевых графиков.

Слайды презентации к лекции:

Методология моделирования сложных систем



Методология моделирования сложных систем
Моделирование систем и процессов

- *Понятие модели. Виды моделирования. Классификация моделей. Принципы и этапы построения моделей. Примеры построения и использования моделей в практической деятельности.*



Методология моделирования сложных систем

- **Понятие модели и моделирования**

- **Модель** — способ замещения реального объекта, используемый для его изучения и исследования, когда эксперимент невозможен, дорог, опасен, долговременен.

- Модель вместо исходного объекта используется в случаях, когда натуральный эксперимент ***невозможен: опасен, дорог, происходит в неудобном масштабе пространства и времени*** (долговременен, слишком кратковременен, протяжен…), ***неповторим, ненагляден*** и т. д.

Методология моделирования сложных систем

- **Ситуации, когда эксперимент:**
- «***опасен***» — при деятельности в агрессивной среде вместо человека лучше использовать его макет; примером может служить луноход;
- «***дорог***» — прежде чем использовать идею в реальной экономике страны, лучше опробовать её на математической или имитационной модели экономики, просчитав на ней все «за» и «против» и получив представление о возможных последствиях;
- «***кратковременен***» — изучать детали протекания процесса обработки металлов взрывом лучше на модели, поскольку такой процесс скоротечен во времени;
- «***долговременен***» - поскольку процесс коррозии металлов происходит медленно, то его изучают на модели, в уменьшенном масштабе времени;
- «***протяжен в пространстве***» — для изучения космогонических процессов удобны математические модели, поскольку реальные полёты к звёздам (пока) невозможны;
- «***микроскопичен***» — для изучения взаимодействия атомов удобно воспользоваться их моделью;
- «***невозможен***» — часто человек имеет дело с ситуацией, когда объекта нет, он ещё только проектируется. При проектировании важно не только представить себе будущий объект, но и испытать его виртуальный аналог до того, как дефекты проектирования проявятся в оригинале.

Методология моделирования сложных систем

- Важно:
- моделирование теснейшим образом связано с проектированием. Обычно сначала проектируют систему, потом её испытывают, потом снова корректируют проект и снова испытывают, и так до тех пор, пока проект не станет удовлетворять предъявляемым к нему требованиям. Процесс «проектирование-моделирование» цикличен.
- При этом цикл имеет вид спирали — с каждым повтором проект становится все лучше, так как модель становится все более детальной, а уровень описания точнее;
- «***неповторим***» — это случай, когда эксперимент повторить нельзя; в такой ситуации модель — единственный способ изучения таких явлений. Пример — исторические процессы, — ведь повернуть историю вспять невозможно;
- «***ненагляден***» — модель позволяет заглянуть в детали процесса, в его промежуточные стадии; при построении модели исследователь как бы вынужден описать причинно-следственные связи, позволяющие понять все в единстве, системе. Построение модели дисциплинирует мышление. Важно: модель играет системообразующую и смыслообразующую роль в научном познании, позволяет *понять* явление, структуру изучаемого объекта. Не построив модель, вряд ли удастся понять логику действия системы. Это означает, что модель позволяет разложить систему на элементы, связи, механизмы, требует объяснить действие системы, определить причины явлений, характер взаимодействия составляющих.

Методология моделирования сложных систем

Процесс моделирования есть процесс перехода из реальной области в виртуальную (модельную) посредством формализации Далее происходит ***создание модели (собственно моделирование)*** и, наконец, ***интерпретация результатов*** как обратный переход из виртуальной области в реальную. Этот путь заменяет прямое исследование объекта в реальной области, то есть лобовое или интуитивное решение задачи. Итак, в самом простом случае технология моделирования подразумевает 3 этапа: формализация, собственно моделирование, интерпретация.



Методология моделирования сложных систем

- ***Модель является концентрированным выражением сущности предмета или процесса, выделяя только его основные черты.***
- **Знания** — это модели окружающего мира, фиксируемые человеком в его мозгу или на технических носителях. Модели обладают повышенной наглядностью, выделяя главные аспекты сущности, и активно используются в процессах познания и обучения. Человек, решая, как ему поступить в той или иной ситуации, всегда пытается представить себе последствия решения, для этого он проигрывает ситуацию, представляет её себе мысленно, строя модель в голове. Компьютер является усилителем для производства данной деятельности, инструментом информационной технологии. Компьютерные модели ускоряют процесс исследования, делают его более точным.
- **Алгоритмы** — знания, выстраиваемые человеком в цепочку так, чтобы соединить исходное состояние с желаемым, целью; это один из вариантов ряда мероприятий, шагов, приводящих к цели.

Методология моделирования сложных систем

- **Процесс моделирования состоит из трёх стадий:**
- формализации (переход от реального объекта к модели), моделирования (исследование и преобразования модели), интерпретации (перевод результатов моделирования в область реальности).
- Модель есть зависимость F между входом X и выходом Y. Модель отражает закономерность $Y = F(X)$. Часто модель является законом. Модель верна в рамках допущенных при её построении гипотез. Поэтому модель ограничена некоторой областью и адекватна в ней.
- Набор моделей образует научную дисциплину (механика, физика, горное дело и т. д.) Модель может быть расширена путём учёта в ней дополнительных параметров. Тогда область её применения становится шире.

Методология моделирования сложных систем

- **Классификация (типы) моделей**
- **По назначению** модели, если отвлечься от областей, сфер их применения, бывают трех типов: ***познавательные***, ***прагматические*** и ***инструментальные***.
- ***Познавательная модель*** - форма организации и представления знаний, средство соединение новых и старых знаний. Познавательная модель, как правило, подгоняется под реальность и является теоретической моделью.
- ***Прагматическая модель*** - средство организации практических действий, рабочего представления целей системы для ее управления. Реальность в них подгоняется под некоторую прагматическую модель. Это, как правило, прикладные модели.
- ***Инструментальная модель*** - является средством построения, исследования и/или использования прагматических и/или познавательных моделей.
- Познавательные отражают существующие, а прагматические - хоть и не существующие, но желаемые и, возможно, исполнимые отношения и связи.
- **По уровню**, "глубине" моделирования модели бывают:
- ***эмпирические*** - на основе эмпирических фактов, зависимостей,
- ***теоретические*** - на основе математических описаний и
- ***смешанные, полуэмпирические*** - использующие эмпирические зависимости и математические описания.

Методология моделирования сложных систем

- ***Основные требования*** к модели:

-*наглядность построения*; обозримость основных его свойств и отношений;

-*доступность* ее для исследования или воспроизведения;

-*простота исследования*, воспроизведения; сохранение информации, содержавшиеся в оригинале (с точностью рассматриваемых при построении модели гипотез) и получение новой информации.

- **Проблема моделирования** состоит из трех задач:
- построение модели (эта задача менее формализуема и конструктивна, в том смысле, что нет алгоритма для построения моделей);
- исследование модели (эта задача более формализуема, имеются методы исследования различных классов моделей);
- использование модели (конструктивная и конкретизируемая задача).

10

Методология моделирования сложных систем

- Модель называется **статической**, если среди x_i нет временного параметра t. Статическая модель в каждый момент времени дает лишь "фотографию" системы, ее срез.
- Модель - **динамическая**, если среди xi есть временной параметр, т.е. она отображает систему (процессы в системе) во времени.
- Модель - **дискретная**, если она описывает поведение системы только в дискретные моменты времени.
- Модель - **непрерывная**, если она описывает поведение системы для всех моментов времени из некоторого промежутка времени.
- Модель - **имитационная**, если она предназначена для испытания или изучения, проигрывания возможных путей развития и поведения объекта путем варьирования некоторых или всех параметров x_i модели .
- Модель - **детерминированная**, если каждому входному набору параметров соответствует вполне определенный и однозначно определяемый набор выходных параметров; в противном случае - модель *недетерминированная, стохастическая (вероятностная)*.

11

Методология моделирования сложных систем

- **Общие свойства моделей**

- ***конечность***: модель отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений и, кроме того, ресурсы моделирования конечны;
- ***упрощенность***: модель отображает только существенные стороны объекта;
- ***приблизительность***: действительность отображается моделью грубо или приблизительно;
- ***адекватность***: модель успешно описывает моделируемую систему;
- ***информативность***: модель должна содержать достаточную информацию о системе - в рамках гипотез, принятых при построении модели.
-

12

Методология моделирования сложных систем

- **Роль модели**

- Построив модель, исследователь может:
- прогнозировать свойства и поведение объекта как внутри области, в которой построена модель, так и (при обоснованном применении) за её пределами (прогнозирующая роль модели);
- управлять объектом, отбирая наилучшие воздействия путём испытания их на модели (управляющая роль);
- познавать явление или объект, модель которого он построил (познавательная роль модели);
- получать навыки по управлению объектом путём использования модели как тренажёра или игры (обучающая роль);
- улучшать объект, изменяя модель и испытывая её (проектная роль).

13

Методология моделирования сложных систем

- **Жизненный цикл модели**
- 1) Сбор информации об объекте, выдвижение гипотез, предмодельный анализ;
- 2) Проектирование структуры и состава моделей (подмоделей);
- 3) Построение спецификаций модели, разработка и отладка отдельных подмоделей, сборка модели в целом, идентификация (если это нужно) параметров моделей;
- 4) Исследование модели - выбор метода исследования и разработка алгоритма (программы) моделирования;
- 5) Исследование адекватности, устойчивости, чувствительности модели;
- 6) Оценка средств моделирования (затраченных ресурсов);
- 7) Интерпретация, анализ результатов моделирования и установление некоторых причинно - следственных связей в исследуемой системе;
- 8) Генерация отчетов и проектных (народно - хозяйственных) решений;
- 9) Уточнение, модификация модели, если это необходимо, и возврат к исследуемой системе с новыми знаниями, полученными с помощью моделирования.

14

Аналитические и имитационные модели

- Объект может быть представлен в виде аналитической или имитационной модели.
- Аналитическое представление подходит лишь для очень простых и сильно идеализированных задач и объектов, которые, как правило, имеют мало общего с реальной (сложной) действительностью, но обладают высокой общностью. Аналитические модели обычно применяют для описания фундаментальных свойств объектов (поэтому ими так широко пользуется теоретическая физика), так как фундамент прост по своей сути. Сложные объекты редко удаётся описать аналитически.
- Имитационное моделирование позволяет разлагать большую модель на части (объекты, «кусочки»), которыми можно оперировать по отдельности, создавая другие, более простые или, наоборот, более сложные модели. Таким образом, имитационное моделирование тяготеет к объектно-ориентированному представлению, которое естественным образом описывает объекты, их состояние, поведение, а также взаимодействие между ними. Имитационную модель можно постепенно усложнять и усложнять; аналитический способ этого не допускает или допускает, но с большими ограничениями.

15

Методология моделирования сложных систем

- **Имитационное моделирование**

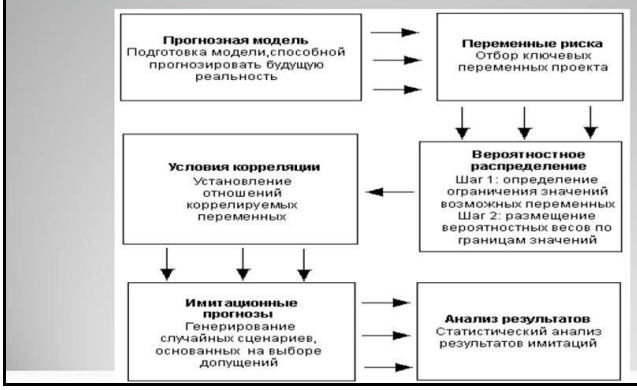
- **Имитационная модель** предназначена для испытания или изучения, проигрывания возможных путей развития и поведения объекта путем варьирования некоторых или всех параметров ***x***; модели ***M***. Имитационное моделирование используется *при отсутствии* строгого и формально записанного алгоритма; при этом главную роль играют **технология и средства моделирования**.

- **Целью имитационного моделирования** является конструирование ИМ объекта и проведение имитационного эксперимента над ней для изучения закона функционирования и поведения с учетом заданных ограничений и целевых функций в условиях имитации и взаимодействия с внешней средой.

16

Методология моделирования сложных систем

Схема работы при имитационном моделировании



Методология моделирования сложных систем

- **Структура имитационной модели**

- Блок *имитации внешних воздействий* (БИВВ) формирует реализации случайных или детерминированных процессов, имитирующих воздействия внешней среды на объект, подает их в Блок *математической модели* объекта (БМО).
- Блок *математической модели* объекта (БМО) проводит вычисления по соответствующей модели, и подает информацию в блок *обработки результатов* (БОР).
- Блок *обработки результатов* (БОР) предназначен для получения информативных характеристик исследуемого объекта.
- Блок *управления ИМ* (*БУИМ*) реализует *способ исследования* имитационной модели, основное его назначение – автоматизация процесса проведения иследования.

18

«Имитационная модель»



19

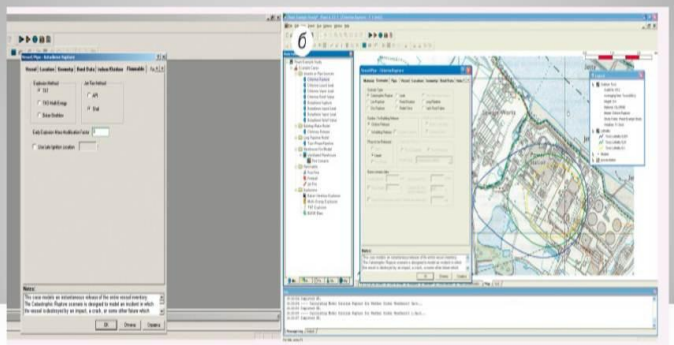
Программные продукты PHAST и SAFETI

- Программные продукты PHAST и SAFETI разработаны фирмой Det Norske Veritas (DNV, EU), одной из ведущих в мире фирм в области оценки риска, специализирующейся в области промышленной безопасности химических, нефтехимических, нефте-газодобывающих производств.
- Методики и программное обеспечение DNV разработаны на основе передового мирового опыта в области моделирования и оценки последствий различных аварийных ситуаций.
- PHAST и SAFETI широко используются в мире в течение более чем 20 лет для оценки последствий и рисков химических и взрыво- пожароопасных объектов. В настоящее время число пользователей PHAST насчитывает более 450 организаций во всем мире, SAFETI - более 120. В числе пользователей такие крупные компаниями, как British Petroleum, Shell, Exxon Mobil, Amoko, BASF, Dow Chemical, Esso, Bayer, Dupon, а также государственные надзорные органы – Объединенный исследовательский центр европейской комиссии, Голландии, Бельгии, Австралии, Венгрии, Малайзии, Филиппин др.
- В России программные продукты DNV появились в результате реализации проекта ТАСИС «Содействие Министерству по чрезвычайным ситуациям в области предупреждения и ликвидации аварий» 2000-2001 гг.

20

Программа “PHAST”

- *ГОСТ Р 22.0.07-95.Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров. Количественная оценка последствий опасных техногенных ситуаций. Оценка ущерба от техногенных ситуаций.*



Литература: Матвеев, А. В. Системный анализ : учебное пособие : [16+] / А. В. Матвеев. – Омск : Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (ОмГУ), 2019. – 56 с. : табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=613839. – ISBN 978-5-7779-2381-3. – Текст : электронный.

Лекция 3. Современные технологии обработки данных (BigData, CloudComputing и др). в информационном обеспечении сложных систем

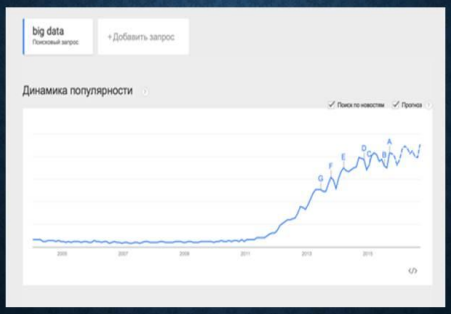
Тезисы лекции:

- Понятие «большие данные». Проблема больших данных. Методы и средства работы с большими данными. Информационное обеспечение управленческих структур Данные для автоматизированных систем управления, уровни информации для обеспечения деятельности различных потребителей. Информационные базы для анализа производства и реализации продукции. Размерностные модели.
- OLAP-куб. Таблица размерностей. Таблица фактов. Сравнительный анализ OLAP и OLTP-систем. Понятие бизнес-аналитики. Классификация средств «бизнес-аналитики». Этапы анализа данных.
- Общая характеристика задач кластерного анализа. Метрики кластерного анализа. Методы определения близости между кластерами. Иерархическая кластеризация. Метод к-средних. Ассоциативные правила. Метрики построения ассоциативных правил.
- Общая характеристика деревьев решений. Алгоритмы построения деревьев решений. Оценка качества классификации. Задачи классификации. ROC-кривая. Таблица сопряженности.
- Классификация регрессионных моделей. Модель парной регрессии. Метод наименьших квадратов. Показатели качества регрессии. Коэффициент детерминации. Коэффициент парной корреляции. Оценка адекватности модели. Критерий Фишера. Ошибка оценки. Показатели абсолютной и относительной ошибки. Логистическая регрессионная модель. Использование логистической модели для классификации.
- Понятие «прогнозирование». Виды и назначение прогнозов. Классификация методов прогнозирования. Определение и типология временных рядов. Модели временных рядов. Составляющие модели временных рядов. Основные характеристики временных рядов. Особенности простых методов прогнозирования. Методы интерполяции. Прогнозирование на основе показателей динамики. Базисные и цепные показатели. Прогнозирование на основе показателей динамики. Понятие «сглаживание». Методы сглаживания. Линейные фильтры. Метод скользящего среднего. Адаптивные методы сглаживания.

Слайды презентации к лекции:

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ (BIGDATA, CLOUDCOMPUTING И ДР). В ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

ЧТО ТАКОЕ BIG DATA



Динамика запросов по Big Data

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

- Большие данные (англ. big data) — серия подходов, инструментов и методов обработки структурированных инеструктурированных данных огромных объёмов и значительного многообразия для получения воспринимаемых человеком результатов, эффективных в условиях непрерывного прироста, распределения по многочисленным узламвычислительной сети, сформировавшихся в конце 2000-х годов, альтернативных традиционным системам управления базами данных и решениям класса Business Intelligence.

ПРИНЦИПЫ BIG DATA

1. Горизонтальная масштабируемость
2. Отказоустойчивость
3. Локальность данных

ЗАДАЧИ BIG DATA

IT

- **1. Хранение и управление**

Объем данных в сотни терабайт или петабайт не позволяет легко хранить и управлять ими с помощью традиционных реляционных баз данных.

- **2. Неструктурированная информация**

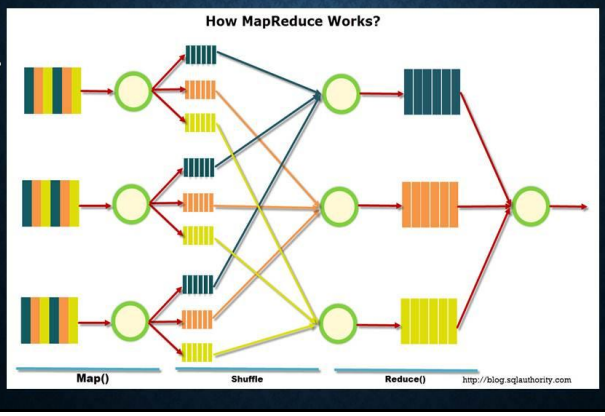
Большинство всех данных Big Data являются неструктурированными. Т.е. как можно организовать текст, видео, изображения, и т.д.?

Статистика

- **3. Анализ Big Data**

Как анализировать неструктурированную информацию? Как на основе Big Data составлять простые отчеты, строить и внедрять углубленные прогностические модели?

BIG DATA – ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ IT: MAPREDUCE И HADOOP



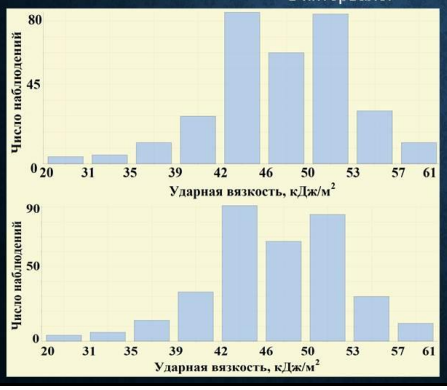
МЕТОДЫ АНАЛИЗА ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В BIG DATA

- Классификация
- Кластерный анализ
- Когнитивная графика и визуализация
- Регрессионный анализ (иногда)
- Рекомендательные системы (нечеткая логика, системная динамика)
- Нейронные сети (машинное обучение)
- Сравнение выборок (A/B statistic)

Сужение поля допуска управляющих параметров для повышения качества стали 38ХН3МФА-Ш

(Управление разбросом ударной вязкости)

Содержание никеля в интервале:



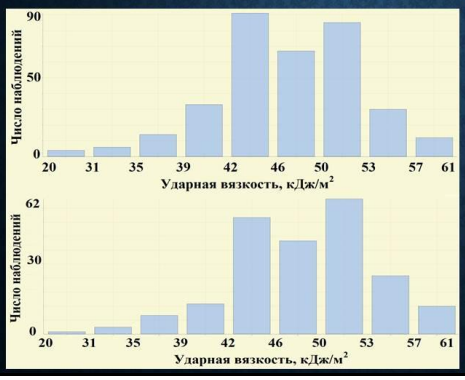
от 3,12 % до 3,45 %

от 3,23 % до 3,45 %

Сужение поля допуска управляющих параметров для повышения качества стали 38ХН3МФА-Ш

(Управление разбросом ударной вязкости)

Содержание серы в интервале:

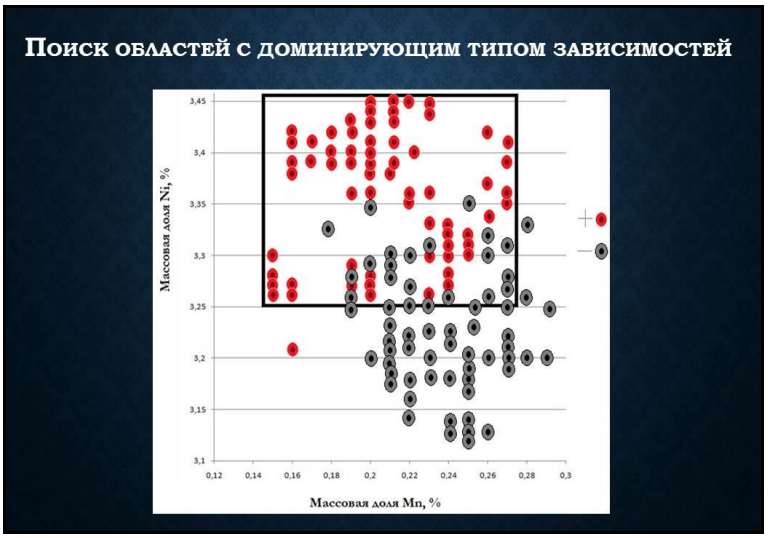


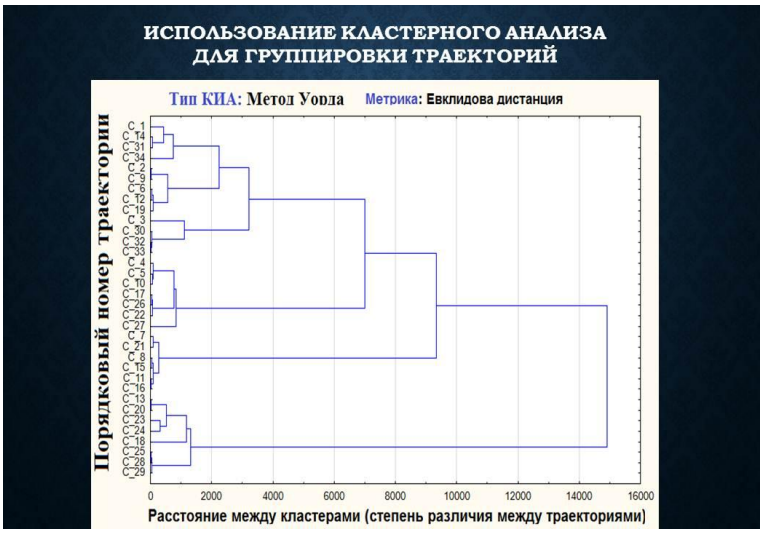
от 0,004 % до 0,01 %

от 0,004 % до 0,006 %


ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА – MAPREDUCE ВРУЧНУЮ
Число наблюдений
90
50
0
28-31 31-35 35-39 39-42 42-46 46-50 50-53 53-57 57-61
Ударная вязкость, кДж/м2
270
0
1 3 4
Балл КИ


Поиск областей с доминирующим типом зависимостей
Среднее время по циклу Ковка, час
20
15
10
5
0
1020 1040 1060 1080 1100 1120 1140
Средняя температура по циклу Ковка,°С


Поиск областей с доминирующим типом зависимостей
Массовая доля Ni, %
3,45
3,4
3,35
3,3
3,25
3,2
3,15
3,1
0,12 0,14 0,16 0,18 0,2 0,22 0,24 0,26 0,28 0,3
Массовая доля Mn, %

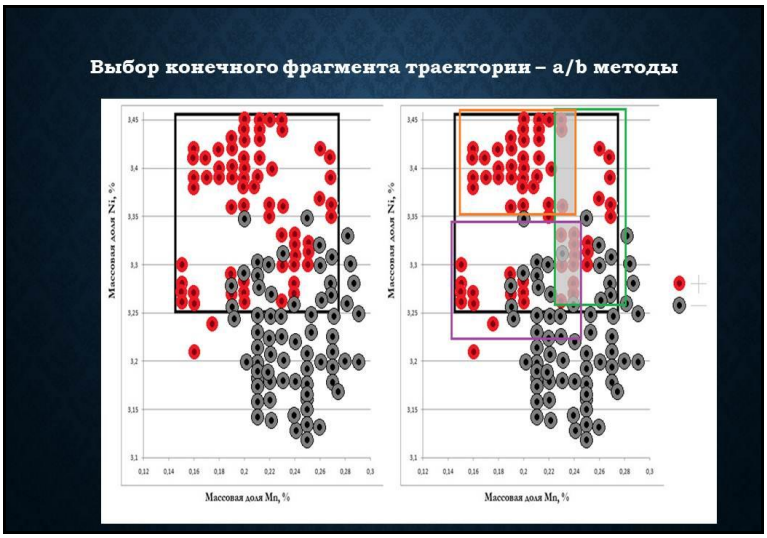




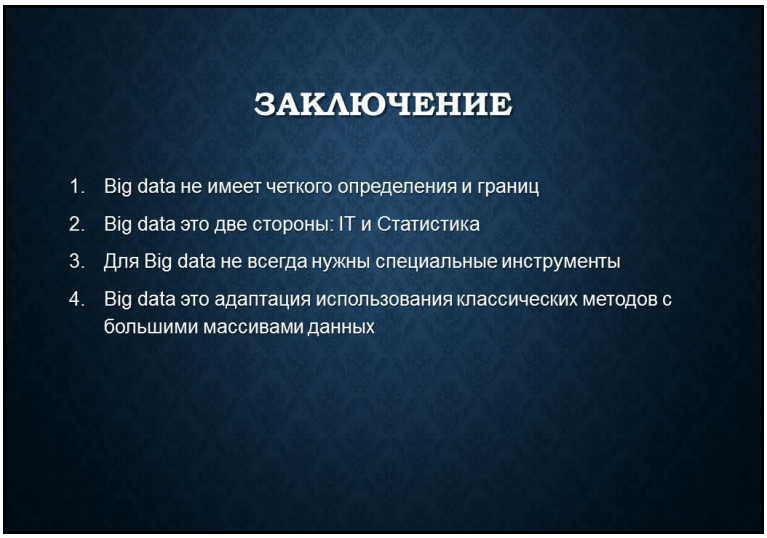


Параметр	Фрагмент траектории №1 Мин	Фрагмент траектории №1 Max	Фрагмент траектории №2 Мин	Фрагмент траектории №2 Max
Т 1-ой зоны, °С	630	840	790	890
Т 2-ой зоны, °С	840	1250	1020	1070
Т 3-ой зоны, °С	1150	1230	1150	1230
Т 4-ой зоны, °С	1180	1240	1210	1280
Время подогрева, час	7,4	15,3	3,35	11
Время в зонах с 2 по 4, час	7,4	19	7	15
Т начала ковки, °С	1030	1060	1030	1060
Т конца ковки, °С	920	990	920	960
Температура в ковше, °С	1570	1600	1600	1640
Массовая доля Mn, %	0,15	0,2	0,25	0,3

Параметр	Фрагмент траектории №1 Мин	Фрагмент траектории №1 Max	Фрагмент траектории №2 Мин	Фрагмент траектории №2 Max
Т 1-ой зоны, °С	640	760	800	880
Т 2-ой зоны, °С	960	1040	1020	1070
Т 3-ой зоны, °С	1180	1200	1190	1220
Т 4-ой зоны, °С	1200	1210	1210	1265
Время подогрева, час	9,4	11,3	4,35	8,4
Время в зонах с 2 по 4, час	8,4	15	8,2	9
Т начала ковки, °С	1030	1060	1030	1060
Т конца ковки, °С	920	980	920	980
Температура в ковше, °С	1570	1600	1600	1640
Массовая доля Mn, %	0,15	0,2	0,25	0,3







Литература: Теория систем и системный анализ : учебник : [16+] / С. И. Маторин, А. Г. Жихарев, О. А. Зимовец [и др.] ; под ред. С. И. Маторина. – Москва ; Берлин : Директмедиа

Паблишинг, 2019. – 509 с. : 509 – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641. – Библиогр.: с. 477-489. – ISBN 978-5-4499-0675-5. – DOI 10.23681/574641. – Текст : электронный.

Лекция 4. Итоговая лекция. Подведение и анализ промежуточных результатов освоения дисциплины

Итоговая лекция завершает изучение дисциплины, обобщает пройденное за весь период. При ее подготовке учитываются пробелы в знаниях аспирантов, выявленные на практических занятиях и при оценке самостоятельной работы. Аспиранты получают установку на их устранение и на дальнейшее совершенствование своей подготовки в данной области. На лекции подводятся итоги изучения дисциплины, показывается ее значение в профессиональной сфере и формировании научного мировоззрения, обсуждается вопрос о подведении итогов изучения дисциплины – сдаче зачета или экзамена.

2. Методические указания по подготовке к занятиям семинарского типа

2.1. Планы и (или) методические рекомендации к практическим занятиям

В рамках проведения занятий по дисциплине предполагается организация следующих практических занятий:

Практическое занятие 1. Введение в методологию системного анализа сложных систем

Тематика: Сложные системы. Сущность и принципы системного анализа.

Текст задания:

а) Выбрать любые три темы из данного списка. Представить основные моменты выбранных тем в виде презентации.

1. Процесс системного анализа сложных систем.
2. Классификация сложных систем.
3. Закономерности сложных систем.
4. Методы и объекты системного анализа сложных систем.
5. Системный анализ технологических процессов как объектов управления.
6. Структурные методы моделирования сложных объектов и систем управления.
7. Функциональные методы моделирования сложных объектов и систем управления.
8. Матричные методы моделирования сложных объектов и систем управления, графовые и сетевые методы моделирования.
9. Модели систем массового обслуживания.
10. Современные организационные структуры управления, их свойства и направления развития информационного обеспечения.
11. Проверка моделей сложных систем.
12. Внедрение результатов системного анализа сложных систем.

б) Найти определения следующих понятий:

- целостность системы;
- эмерджентность;
- предел предсказуемости;
- лицо, принимающее решение (ЛПР);
- лицо, влияющее на решение (ЛВР);
- коэффициент Гурвица;
- критерий Вальда;

- критерий Сэвиджа;
- минимакс;
- диакоптика;
- бизнес-анализ.

Шкала оценивания:

Оценка «отлично» за практическую работу выставляется, если на все вопросы дан полный, обоснованный и правильный ответ;

Оценка «хорошо» выставляется, если при создании презентации аспирант недостаточно полно представил выбранные темы, ошибки или неточности в определениях отсутствуют;

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если в сформулированных определениях присутствуют ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если аспирант не выполнил или выполнил работу не полностью.

Практическое занятие 2. Методология моделирования сложных систем

Тематика: Имитационное моделирование.

Цель работы: Получить практические навыки построения дискретно-событийных моделей систем в среде AnyLogic.

Порядок выполнения работы

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо научиться создавать дискретно-событийные модели с помощью библиотеки Enterprise Library.

При выполнении лабораторной работы студент сначала выполняет общее задание, а затем индивидуальное задание. Краткое описание некоторых элементов библиотеки Enterprise Library приводится в приложение 1.

Общие сведения о создании моделей в AnyLogic

Модель AnyLogic представляет собой файл с именем, заданным пользователем, и расширением *.alp*. При создании новой модели нужно сразу указать полный путь и имя каталога, в котором будет находиться ваша модель.

1. Запустите AnyLogic.

2. Для создания новой модели щелкните мышью по кнопке **Создать модель**. Появится диалоговое окно (см. рис.1), в котором вы должны будете дать имя файлу вашей модели и выбрать каталог, где он будет храниться. Щелкните по кнопке **Далее.**

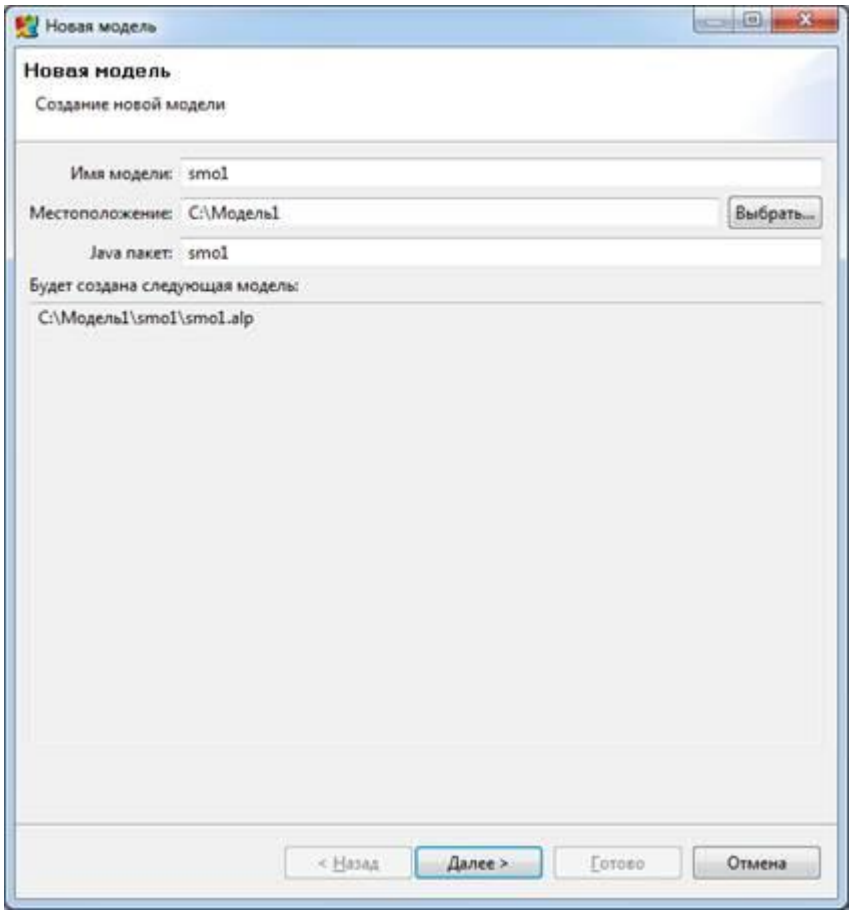


Рис. 1.

3. Выберите Начать создание модели «с нуля». Щелкните по кнопке **Готово.**
4. Откроется рабочее окно AnyLogic (см. рис. 2).

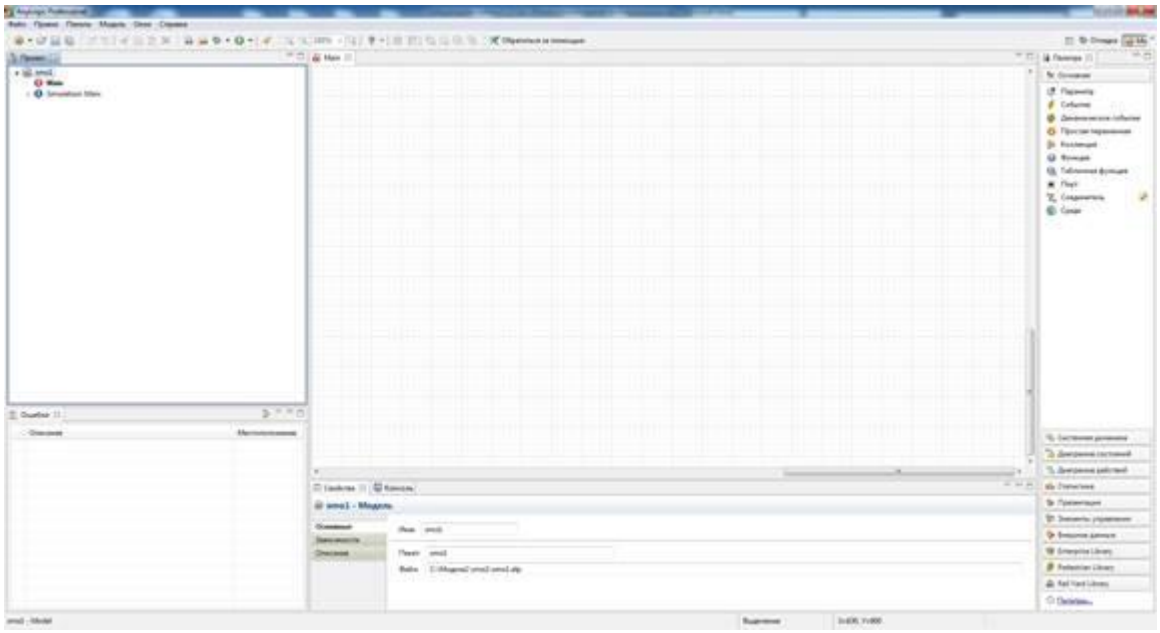


Рис. 2.

В левой части рабочей области находится панель «Проект». Панель «Проект» обеспечивает навигацию по элементам модели, открытых в текущий момент времени. Поскольку модель организована иерархически, то она отображается в виде дерева: сама модель образует верхний уровень дерева; эксперименты, классы активных объектов и Java-классы образуют следующий уровень; элементы, входящие в состав активных объектов, вложены в соответствующую подветвь дерева класса активного объекта и т.д.

В правой рабочей области отображается панель «Палитра», а внизу – панель «Свойства». Панель «Палитра» содержит разделенные по категориям элементы, которые могут быть добавлены на диаграмму класса активного объекта или эксперимента. Панель «Свойства» используется для просмотра и изменения свойств выбранного в данный момент элемента (или элементов) модели.

В центре рабочей области AnyLogic открывается графический редактор диаграммы класса активного объекта *Main*.

Чтобы добавить объект на блок-схему модели, щелкните по объекту в окне палитры **Enterprise Library**и перетащите его мышью на структурную диаграмму. При этом его свойства будут отображены на панели «Свойства». В этом окне вы можете изменять свойства элемента в соответствии с требованиями вашей модели. Позднее для изменения свойств элемента нужно будет сначала щелчком мыши выделить его на диаграмме или в дереве проекта.

Объекты должны взаимодействовать между собой, поэтому вы должны будете соединять их друг с другом. Можно соединять объекты с помощью мыши, перетаскиванием порта одного объекта на порт другого или с помощью специального средства «Соединитель». Чтобы соединить порты объектов, щелкните мышью по кнопке панели инструментов **Соединитель**, а затем щелкните мышью поочередно по обоим портам. Точку изгиба можно создать с помощью мыши.

Модель выполняется в соответствии с набором конфигурационных установок, называемым экспериментом. Вы можете создать несколько экспериментов и изменять рабочую конфигурацию модели, просто меняя текущий эксперимент модели. Один эксперимент, названный *Simulation*, создается автоматически. Выберите его щелчком мыши по элементу дерева и изучите настройки модели в окне **Свойства**(рис. 3). Окно **Свойства**имеет вкладки: основные, дополнительные, модельное время, презентация, окно, параметры, описание.

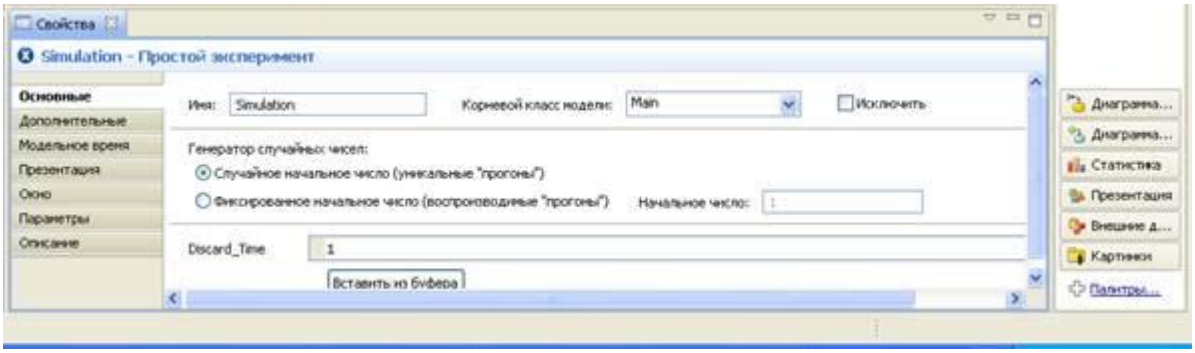


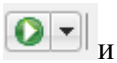
Рис. 3.

На вкладке **Основные** можно выбрать класс, который будет запущен при запуске модели. По умолчанию в качестве корневого объекта выбран объект класса *Main*, автоматически создаваемого в каждой модели. Вы можете переименовывать классы модели. Для этого нужно выделить класс щелчком мыши по значку класса в дереве модели и затем изменить его имя в окне **Свойства**.

Дополнительные свойства эксперимента (вкладка **Дополнительные**) позволяют управлять выполнением модели. Можно задать действие перед и после запуска модели, а также задать численные методы для прогона и точность получаемых значений.

На вкладке **Модельное время** можно:
1) задать единицу модельного времени;
2) задать интервал времени моделирования.

На вкладе **Презентация** можно определить вид и скорость выполнения прогона. В режиме реального времени задается связь модельного времени с физическим, т.е. задается количество единиц модельного времени, выполняемых в одну секунду. Режим реального времени лучше всего подходит для показа анимации. В режиме виртуального времени модель выполняется без привязки к физическому времени – она выполняется так быстро, как это возможно. Данный режим лучше всего подходит, когда требуется моделировать работу системы в течение достаточно длительного периода времени.

Чтобы запустить модель, нажмите кнопку **Запустить**  и выберите из открывшегося списка эксперимент, который Вы хотите запустить. До запуска модели постройте Вашу модель с помощью кнопки панели инструментов **Построить модель**  (при этом в рабочей области AnyLogic должен быть выбран какой-то элемент именно этой модели). Если в модели есть какие-нибудь ошибки, то построение не будет завершено, и в панель **Ошибки** будет выведена информация об ошибках, обнаруженных в модели. Двойным щелчком мыши по ошибке в этом списке Вы можете перейти к предполагаемому месту ошибки, чтобы исправить ее.

При работе с моделью, не забывайте сохранять производимые Вами изменения с помощью кнопки панели инструментов **Сохранить модель**. По окончании работы с моделью используйте команды **Файл | Сохранить все**, затем **Файл | Закрыть все**.

Построим с помощью элементов библиотеки Enterprise Library модель простой системы массового обслуживания – модель банковского отделения.

В банковском отделении находятся банкомат и стойки банковских кассиров, которые предназначены для быстрого обслуживания посетителей банка. Операции с наличностью клиенты банка производят с помощью банкомата, а более сложные операции, такие как оплата счетов, – с помощью кассиров.

1. Создайте новую модель. В свойствах эксперимента *Simulation* задайте выполнение модели в режиме реального времени с выполнением одной единицы модельного времени в одну секунду. В этой модели под единицей модельного времени мы будем понимать одну минуту работы банковского отделения.

2. Создайте блок-схему модели, которая пока будет состоять только из банкомата. Для этого перетащите в окно структуры элементы библиотеки Enterprise Library и соедините их так, как показано на рис. 4.

Объект *source* генерирует заявки (entities) определенного типа через заданный временной интервал. Заявки представляют собой объекты, которые производятся, обрабатываются, обслуживаются или еще каким-нибудь образом подвергаются воздействию моделируемого процесса: это могут быть клиенты в системе обслуживания, детали в модели производства, документы в модели документооборота и др. В нашем примере заявками будут посетители банка, а объект *source* будет моделировать их приход в банковское отделение.

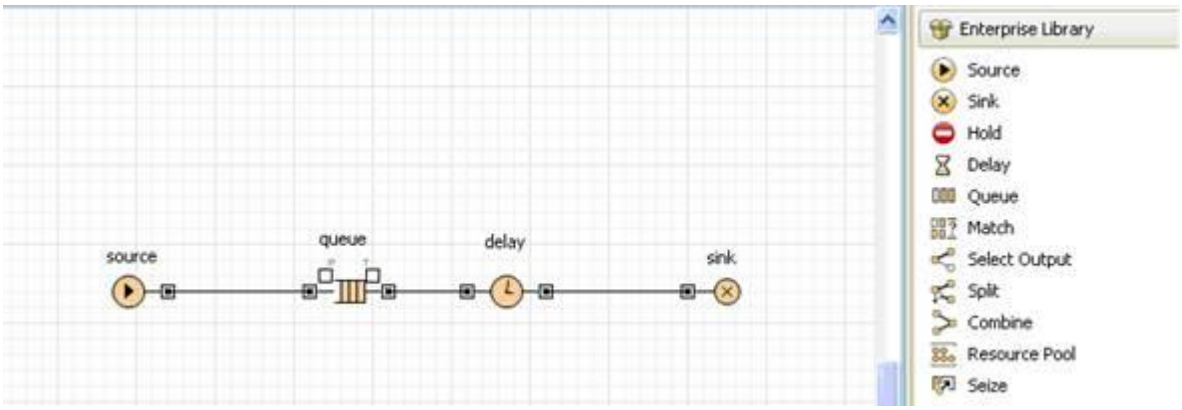


Рис. 4.

Объект *queue* моделирует очередь клиентов, ожидающих обслуживания.

Объект *delay* моделирует задержку. В нашем примере он будет имитировать банкомат, тратящий определенное время на обслуживание клиента.

Объект *sink* обозначает конец блок-схемы.

3. Запустите модель.

Для каждой модели, созданной в Enterprise Library, автоматически создается блок-схема с наглядной визуализацией процесса, с помощью которой вы можете изучить текущее состояние модели, например, длину очереди, количество обслуженных человек и т.д.

Для запуска модели щелкните мышью по кнопке **Запустить**. Откроется окно с презентацией запущенного эксперимента. AnyLogic автоматически помещает на презентацию каждого простого эксперимента заголовок и кнопку, позволяющую запустить модель и перейти на презентацию (рис. 5), нарисованную вами для главного класса активного объекта этого эксперимента (*Main*). Щелкните по этой кнопке. AnyLogic переключится в режим работы модели. С помощью визуализированной блок-схемы проследите, сколько человек находится в очереди, сколько человек в данный момент обслуживается и т.д.

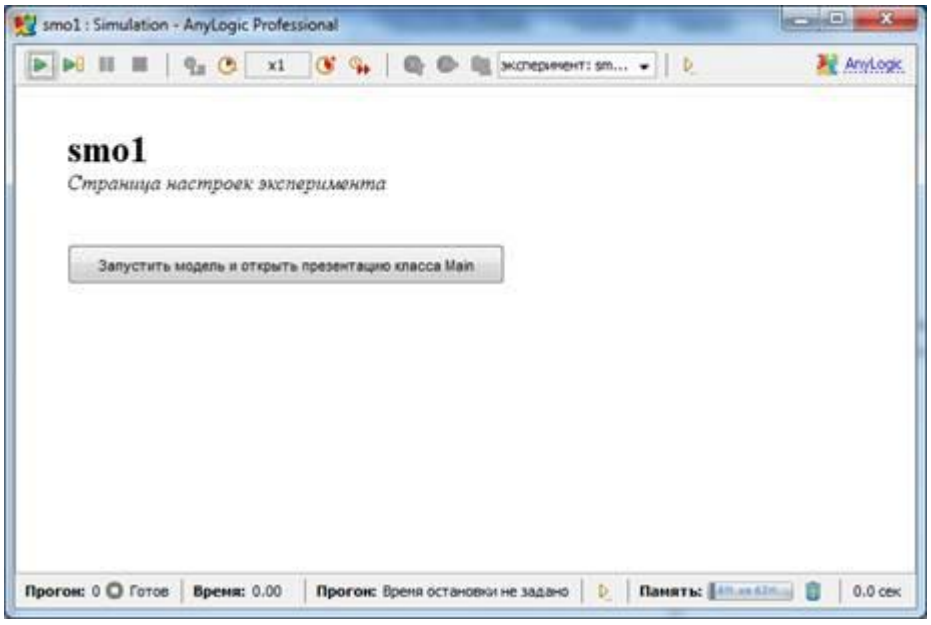


Рис. 5.

Попробуйте изменить скорость выполнения модели, переключиться в виртуальный режим. Во время выполнения модели можно следить за состоянием любого блока диаграммы процесса с помощью окна *инспекта* этого объекта (рис. 6). Чтобы открыть окно инспекта, щелкните мышью по значку блока. В окне инспекта будет отображена базовая информация по выделенному блоку, например, для блока *Queue* будет отображена вместимость очереди, количество заявок, прошедшее через каждый порт объекта, и т.д.

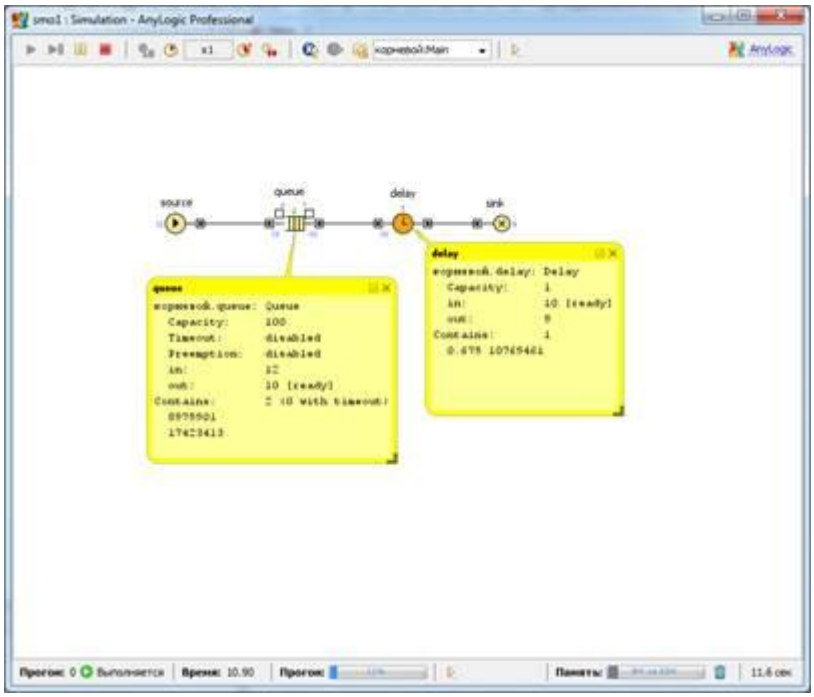


Рис. 6.

Встройте в файл отчета полученные характеристики процесса обслуживания. Сколько клиентов пришло в банк и сколько обслужилось на момент окончания прогона модели?

4. Задайте данные модели, изменяя свойства созданных объектов (рис. 7).

Откройте окно свойств объекта *source*, перейдите на вкладку **Параметры**. В свойстве *interarrivalTime* укажите, как часто в отделение приходят клиенты – *exponential*(0.67).

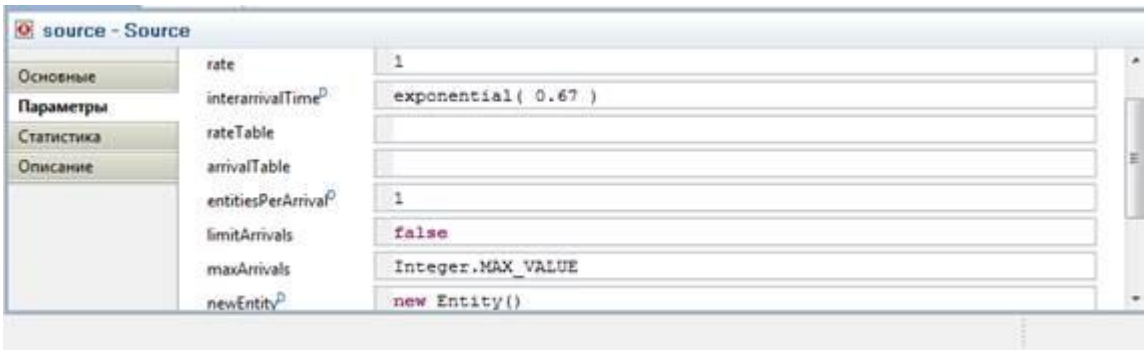


Рис. 7.

Интервал между приходом клиентов распределен экспоненциально со средним значением, равным 1.5 единицы модельного времени. Заметьте, что аргумент функции *exponential*() равен 0.67, потому что в качестве аргумента задается интенсивность прихода клиентов.

Функция *exponential*() является стандартной функцией генератора случайных чисел AnyLogic. AnyLogic предоставляет функции и других случайных распределений, таких как нормальное, равномерное, треугольное и т.д. За детальным описанием функций и их параметров обращайтесь к руководству пользователя или справочнику классов (см. методы класса *Func*). Для вызова руководства пользователя, справочника классов AnyLogic выберите соответствующие пункты меню **Справка**.

В свойстве *capacity* объекта *queue* (рис. 8) задайте максимальную длину очереди – 15.

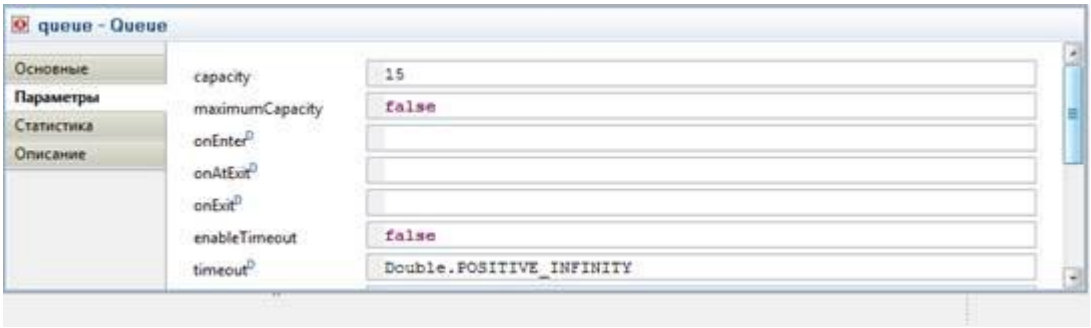


Рис. 8.

В свойстве *delayTime* объекта *delay* (рис. 9) задайте время задержки (время обслуживания) – *triangular*(0.8, 1, 1.3).

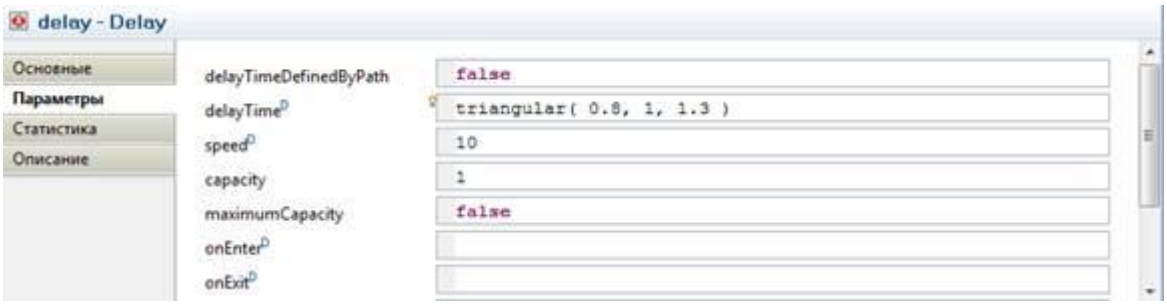


Рис. 9.

Обслуживание одного клиента занимает примерно 1 минуту. Здесь время обслуживания распределено по треугольному закону со средним значением, равным 1 минуте, минимальным – 0.8 и максимальным – 1.3 минуты.

5. Запустите модель и проанализируйте ее работу. Как изменились характеристики процесса обслуживания? Сравните результаты с предыдущим прогоном.

6. Включите сбор статистики для блоков *queue* и *delay*.

AnyLogic позволяет производить сбор сложной статистики. Для этого нужно лишь включить у объекта режим сбора статистики, поскольку по умолчанию он отключен для повышения скорости выполнения модели.

В системе собирается статистика по длине очереди для блока *queue* (*length*) и статистика по коэффициенту использования для блока *delay* (*utilization*). Чтобы включить сбор статистики для объекта, установите переключатель **Включить сбор статистики** на вкладке **Основные** свойств объекта.

Запустите модель и просмотрите в окне инспекта статистику для блоков *queue* и *delay*. Каковы средняя длина очереди посетителей к банкомату и загрузка банкомата?

7. Добавьте в модель банковских кассиров.

Можно моделировать число кассиров, как и банкомат, с помощью объектов *delay*. Но удобнее моделировать число кассиров с помощью ресурсов (многоканальное устройство). Ресурс

– это специальный объект Enterprise Library, который может потребоваться заявке для выполнения какой-то задачи. В нашем примере посетителям банковского отделения (заявкам) необходимо получить помощь у банковских служащих (ресурсов).

Добавьте на диаграмму следующие объекты:

1) *selectOutput* – является блоком принятия решения. В зависимости от заданного вами условия, заявка, поступившая в этот объект, будет поступать на один из двух выходов объекта. Оставьте все свойства объекта без изменений. Пусть выход true выбирается **С заданной вероятностью**, а Вероятность [0..1] равна 0.5. В этом случае к кассирам и банкомату будет приходить примерно равное количество клиентов;

2) *service* – блок захватывает для заявки заданное количество ресурсов, задерживает заявку, а затем освобождает захваченные ею ресурсы. В нашей модели этот объект будет моделировать обслуживание клиента кассиром (или каким-то другим служащим банковского отделения). Задайте следующие свойства объекта: укажите, что в очереди к кассирам может находиться до 20 человек (свойство ***queueCapacity***); задайте время обслуживания (свойство ***delayTime***). Будем полагать, что время обслуживания имеет треугольное распределение с минимальным средним значением 2.5, средним – 6 и максимальным – 11 минут;

3) *ResourcePool* – задает ресурсы определенного типа. Он должен быть подсоединен к объектам, моделирующим занятие и освобождение ресурсов (в нашем случае это объект *Service*). В нашем случае моделирует банковских кассиров. Перейдите в окно свойств объекта и задайте число кассиров (свойство ***capacity***) – 4.

Соедините объекты соответствующим образом (рис. 10).

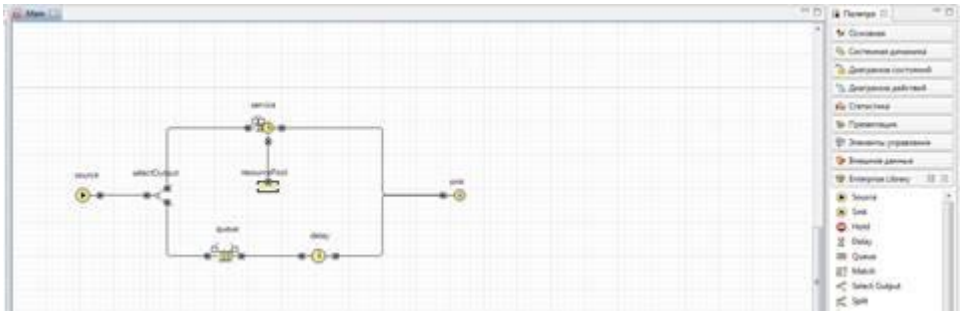


Рис. 10.

8. Запустите модель. Сколько посетителей обслужилось у банковских работников и сколько у банкомата? Какова средняя длина очереди к банкомату? Оцените занятость кассиров и банкомата.

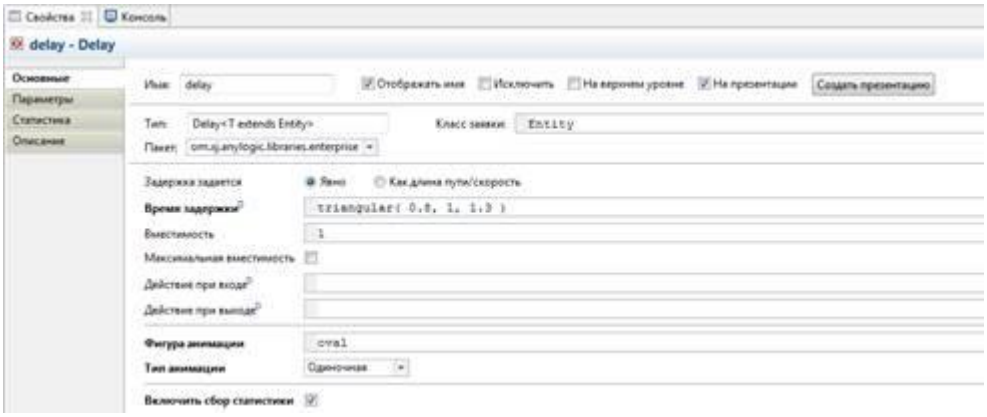
9. Создайте анимацию модели.

Сначала изобразим на анимации следующие элементы: банкомат (в виде кружка) и ведущую к нему очередь клиентов (в виде ломаной); клиентов анимируем человечками; две диаграммы для отображения статистики занятости банкомата и очереди к банкомату. Анимация модели рисуется в той же диаграмме (в графическом редакторе), в которой задается и диаграмма моделируемого процесса (см. рис. 11).

1) Перетащите элемент **Овал** из палитры **Презентация** на диаграмму класса активного объекта.

2) Перейдите на страницу **Динамические** панели свойств данной фигуры. В поле **Цвет заливки** введите следующую строку: *delay.size*() > 0 ? *red* : *green*. Здесь *delay* – это имя нашего объекта Delay. Функция *size*() возвращает число человек, обслуживаемых в данный момент времени. Во время моделирования будет меняться цвет фигуры. Если банкомат занят, то цвет кружка будет красным, в противном случае – зеленым.

3) На странице свойств объекта *delay* введите в поле **Фигура анимации** имя нашего овала: *oval*. Выберите из выпадающего списка **Тип анимации** – Одиночная.



4) Нарисуйте ломаную, которая будет обозначать на анимации очередь к банкомату (см. рис. 12). Чтобы нарисовать ломаную, сделайте двойной щелчок мышью по элементу **Ломаная** в палитре (при этом его значок должен поменяться на этот:). Далее рисуйте ломаную точка за точкой, последовательно щелкая мышью в тех точках диаграммы, куда Вы хотите поместить вершины ломаной. Чтобы завершить рисование, добавьте последнюю точку ломаной двойным щелчком мыши. Очень важно, какую точку ломаной Вы создаете первой. Заявки будут располагаться вдоль нарисованной Вами ломаной в направлении от конечной к начальной. Поэтому рисуйте ломаную слева направо и поместите рядом с банкоматом конечную точку ломаной, которая будет соответствовать в этом случае началу очереди.

5) На странице свойств объекта *queue* введите *polyline* в поле **Фигура анимации.**

6) Создайте анимацию клиента. Откройте палитру **Картинки**. Эта палитра содержит набор картинок, которые наиболее часто используются пользователями AnyLogic при создании моделей. Перетащите элемент **Человек** из палитры на диаграмму графического редактора и поместите ее за границу видимой области презентации (т.е. выше верхней границы презентации). Для этого понадобится передвинуть весь холст диаграммы немного вниз (нажмите правую кнопку мыши и перетащите мышь, не отпуская кнопки), затем поднимите холст обратно. По умолчанию эта картинка будет называться *person.*

7) Перейдите в окно свойств объекта *source*. В поле **Фигура анимации заявки** введите имя нашей фигурки человека: *person.*

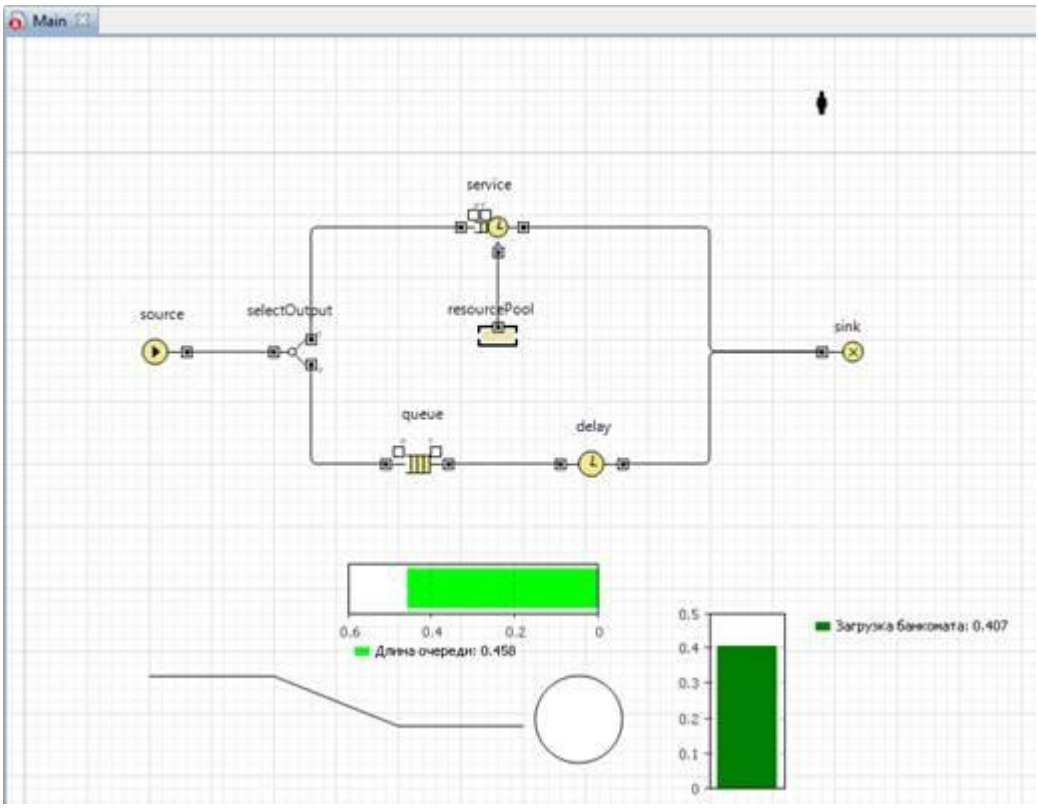


Рис. 11.

8) Перейдите в окно свойств эксперимента. На вкладке модельное время в выпадающем меню **Остановить** выберите – **нет.**

9) Запустите модель. Увеличьте скорость выполнения модели. Пронаблюдайте за анимацией Вашей модели.

10) Добавьте диаграмму для отображения средней занятости банкомата. Для этого перетащите элемент **Столбиковая диаграмма** из палитры **Статистика** на диаграмму класса и поместите ее справа от фигуры банкомата.

11) Перейдите на страницу **Основные** панели свойств диаграммы. Щелкните мышью по кнопке **Добавить элемент данных**. При этом появится секция свойств того элемента данных, который будет отображаться на этой диаграмме. Измените **Заголовок** на *Загрузка банкомата*.

12) Введите *delay.statsUtilization.mean*() в поле **Значение**. Здесь *delay* – это имя нашего объекта *Delay*. У каждого объекта *Delay* есть встроенный набор данных *statsUtilization*, занимающийся сбором статистики использования этого объекта. Функция *mean*() возвращает среднее из всех измеренных этим набором данных значений. Вы можете использовать и другие методы сбора статистики, такие, как *min*() или *max*(). Полный список методов можно найти на странице документации этого класса набора данных: *StatisticsContinuous* (на английском языке).

13) Перейдите на страницу **Внешний вид** панели свойств. Измените расположение легенды диаграммы (справа относительно диаграммы) с помощью кнопок **Расположение**. Измените размер диаграммы, как показано на рис. 11.

14) Аналогичным образом добавьте еще одну столбиковую диаграмму для отображения средней длины очереди. Измените ее размер, как показано на рис. 11. Перейдите на страницу **Внешний вид** панели свойств диаграммы и измените направление столбцов диаграммы так, чтобы столбцы столбиковой диаграммы росли влево.

15) Добавьте элемент данных, который будет отображаться на диаграмме. Задайте **Заголовок:** *Длина очереди* и задайте **Значение:** *queue.statsSize.mean*(). Здесь *statsSize* – это имя

объекта типа «статистика» *StatisticsContinuous*, производящего сбор статистики размера очереди объекта *Queue*.

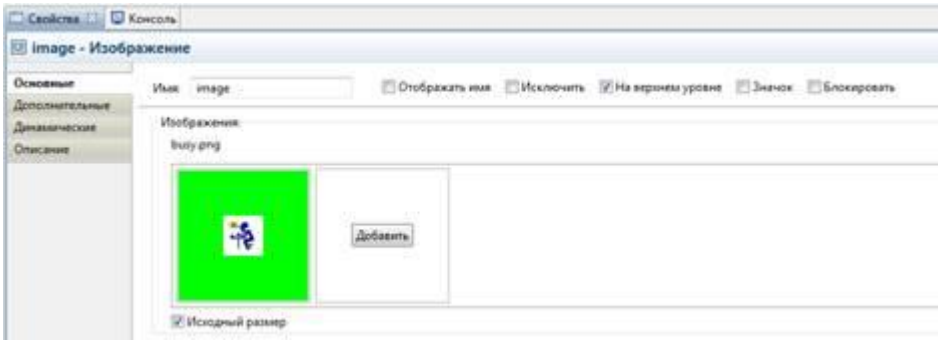
16) Запустите модель и пронаблюдайте за занятостью банкомата и средней длиной очереди с помощью только что созданных диаграмм.

Теперь добавим анимацию для банковских кассиров (см. рис. 12):

17) Нарисуйте ломаную, которая будет отображать очередь клиентов, ожидающих обслуживания кассирами. Рисуйте ее, как и раньше, слева направо.

18) Справа от этой ломаной нарисуйте еще одну, из четырех точек, чтобы указать на анимации места, в которых будут находиться банковские служащие.

19) Нарисуйте на презентации кассиров. Будем отображать их одной из двух картинок – одна будет показывать занятого кассира, а другая – свободного. Для этого перетащите элемент **Изображение** из палитры **Презентация** в то место диаграммы, где у нас находится человечек. Перейдите в панель **Свойства**. Щелкните мышью по кнопке **Добавить** и выберите файл изображения, которое будет отображать данная фигура. Картинка busy.png (изображение занятого клерка) находится в каталоге <каталог AnyLogic>\resources\tutorials\Bank Office. Чтобы сохранить исходный размер изображения, установите флажок **Исходный размер.**



20) Аналогичным образом добавьте изображение занятого кассира (клерка).

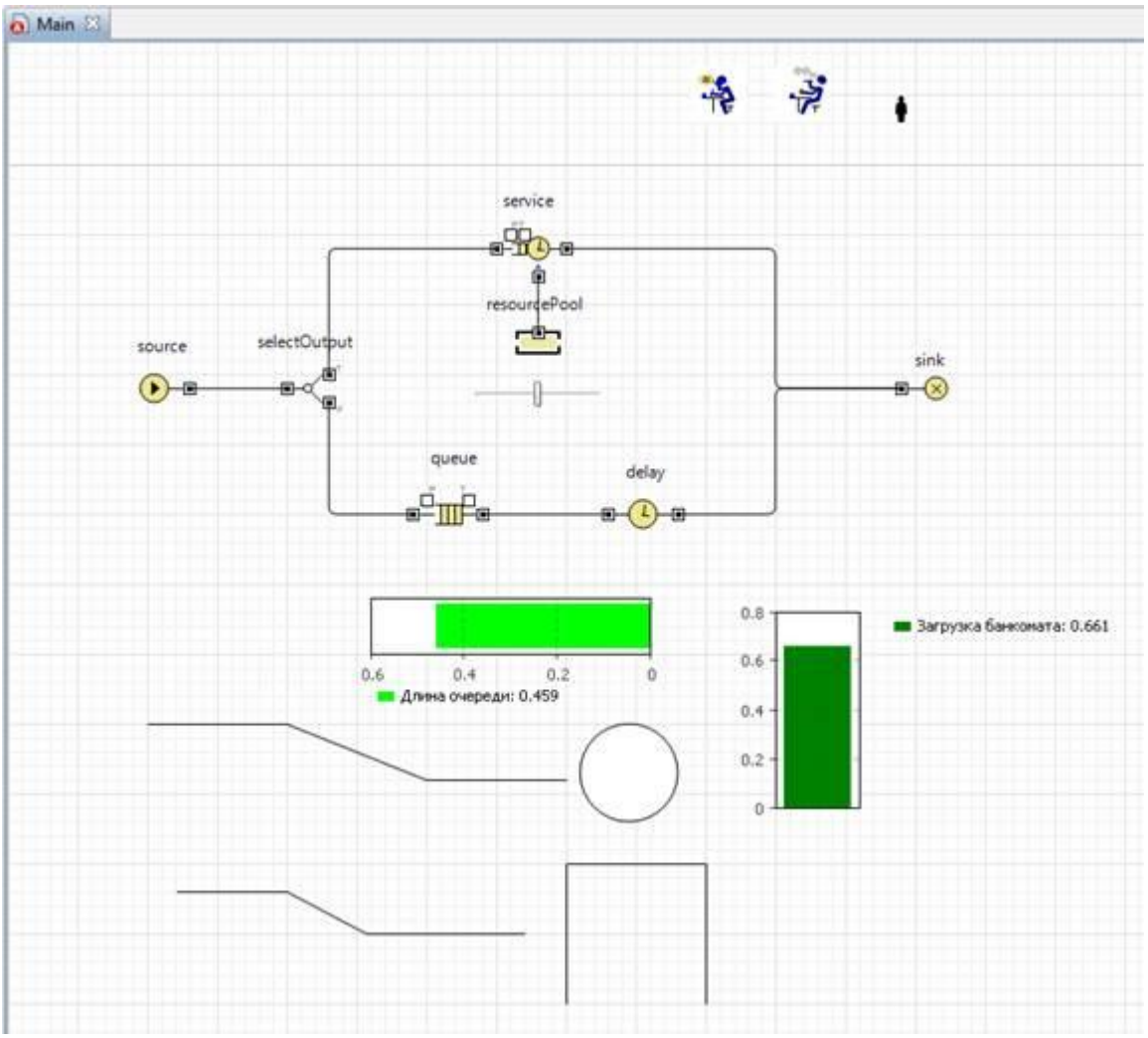
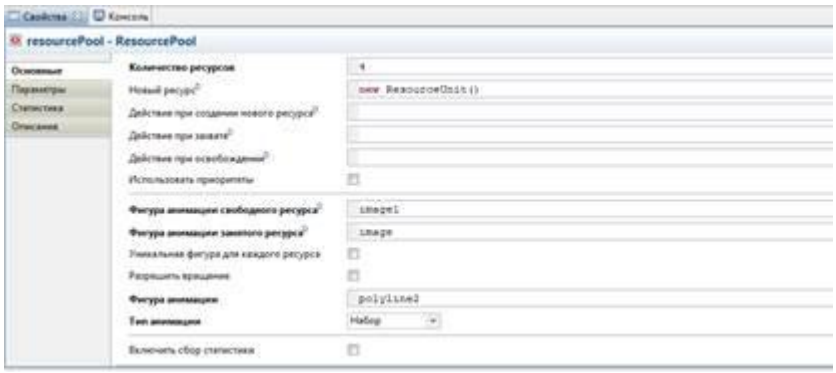


Рис. 12.

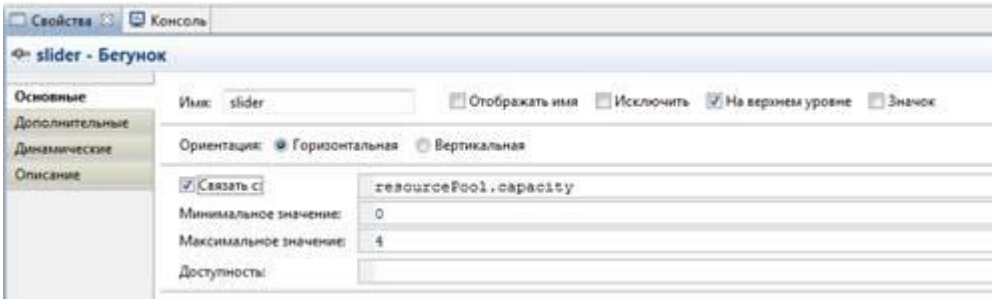
21) Перейдите в окно свойств объекта *service*. Введите *polyline*1 (имя ломаной, задающей форму очереди, ведущей к кассирам) в поле **Фигура анимации (queue).**

22) Перейдите в окно свойств объекта *resourcePool*. В поле **Фигура анимации** введите имя ломаной, задающей местоположение кассиров на презентации: *polyline*2. Выберите **Набор** из выпадающего списка **Тип анимации**. В поле **Фигура анимации свободного ресурса** введите имя изображения свободного клерка: *image*1. В поле **Фигура анимации занятого ресурса** введите *image.*



23) Откройте палитру **Элементы управления** и перетащите элемент **Бегунок** из палитры на нашу диаграмму. Поместите бегунок под объектом *ResourcePool*, чтобы было понятно, что с помощью этого бегунка будет меняться количество ресурсов, задаваемых именно этим объектом (см. рис. 12).

24) Перейдите в окно свойств данного элемента. Введите 4 в поле **Максимальное значение** (будем варьировать количество клерков от 0 до 4). Введите *resourcePool.capacity* в поле **Связать с**.



10. Запустите модель. Пронаблюдайте за созданной анимацией. Попробуйте изменить количество кассиров. Образуется ли очередь перед кассирами? Сделайте вывод о том, сколько служащих необходимо для нормальной работы банковского отделения при заданной интенсивности прихода клиентов. Как посмотреть статистику занятости каждого кассира?

11. Добавьте в модель сбор статистики о времени обслуживания клиента.

Необходимо определить, сколько времени клиент проводит в банковском отделении и сколько времени он теряет, ожидая своей очереди. Такая статистика собирается с помощью специальных объектов сбора данных. Собранная статистика распределения времени обслуживания клиентов отображается с помощью гистограмм.

1) Создайте класс сообщения *Customer* (сообщения этого класса будут представлять клиентов банковского отделения). Для этого в панели **Проект**, щелкните правой кнопкой мыши по элементу модели и выберите **Создать | Java класс** из контекстного меню. В диалоговом окне **Новый Java класс в** поле **Имя** введите имя нового класса *Customer* (рис. 13); выберите из выпадающего списка **Базовый класс** полное имя данного класса: *com.xj.anylogic.libraries.enterprise.Entity* (этот класс будет наследоваться от базового класса заявки *Entity*). Щелкните по кнопке **Далее**.

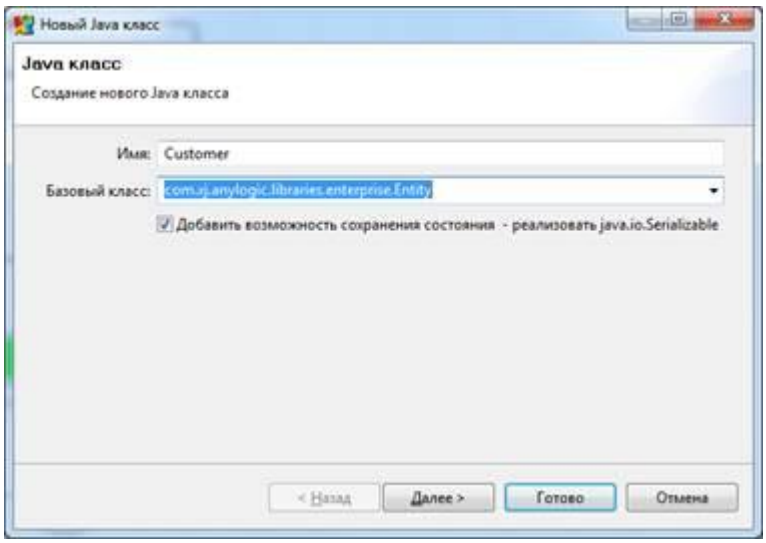


Рис. 13

2) На второй странице мастера задайте параметры создаваемого Java-класса: *enteredSystem* тип *double* для сохранения момента времени, когда клиент пришел в банковское отделение; *startWaiting* тип *double* для сохранения момента времени, когда клиент встал в очередь к банкомату (рис. 14).

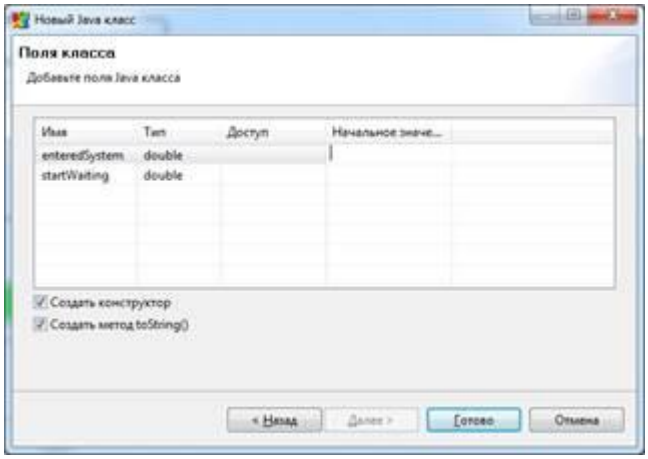
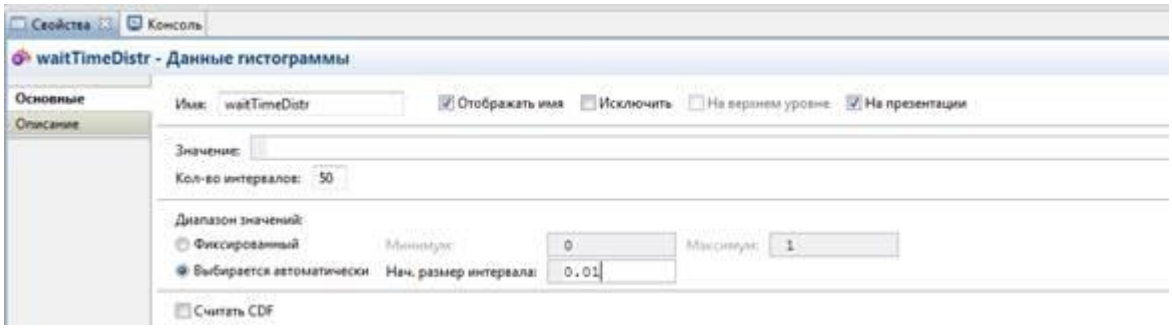


Рис. 14

3) Щелкните по кнопке **Готово**. Откроется редактор кода созданного класса (можно его закрыть).

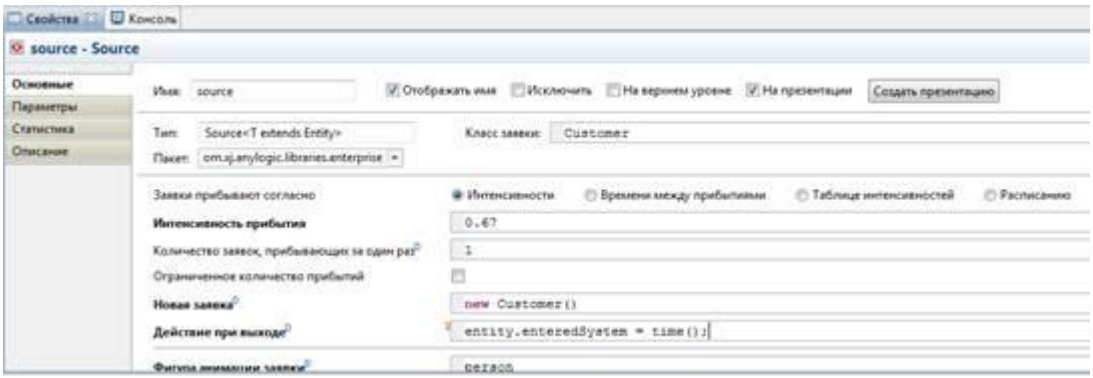
Добавим элементы сбора статистики. Эти элементы будут запоминать соответствующие значения времени для каждого клиента и предоставят пользователю стандартную статистическую информацию: среднее, минимальное, максимальное из измеренных значений, среднеквадратичное отклонение, доверительный интервал для среднего и т.п.

4) Перетащите элемент **Данные гистограммы** с палитры **Статистика** на диаграмму класса *Main*. Задайте свойства элемента: **Кол-во интервалов** – 50; **Нач. размер интервала** – 0.01; измените Имя на *waitTimeDistr*.



5) Создайте еще один элемент сбора данных гистограммы (**Ctrl** + перетащите только что созданный объект данных гистограммы, чтобы создать его копию). Измените **Имя** этого элемента на *timeInSystemDistr*.

6) Перейдите в свойства блока *source* и задайте новые свойства. Измените поле **Класс заявки** на Customer. В поле **Новая заявка** – введите new Customer(). Это позволит напрямую обращаться к полям класса заявки *Customer* в коде динамических параметров этого объекта. В поле **Действие при выходе** Введите entity.enteredSystem = time()**;**. Этот код будет сохранять время создания заявки-клиента в переменной enteredSystem нашего класса заявки *Customer*. Функция time() возвращает текущее значение модельного времени.



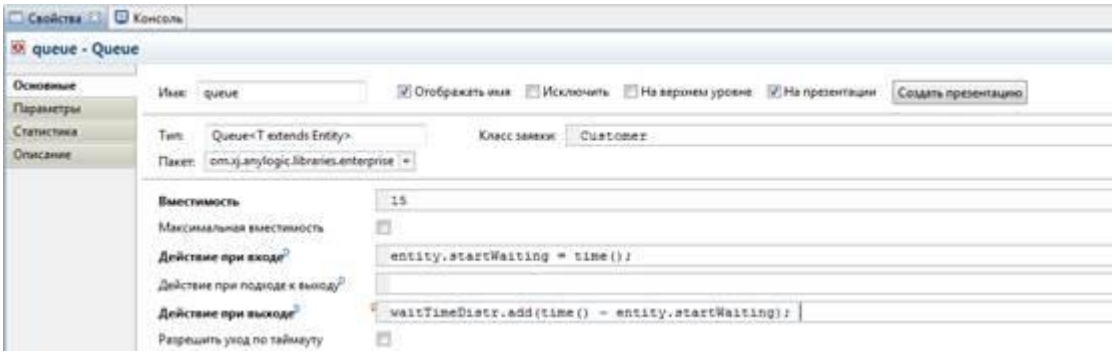
7) Измените свойства блока *queue*. Введите Customer в поле **Класс заявки**. Добавьте код в поля:

Действие при входе: entity.startWaiting = time()**;**

Действие при выходе:

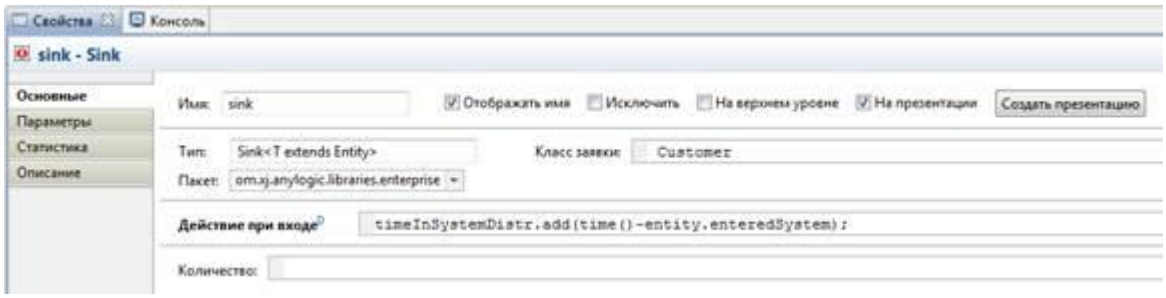
waitTimeDistr.add(time()-entity.startWaiting)**;**

Данный код добавляет время, в течение которого клиент ожидал обслуживания, в объект сбора данных *waitTimeDistr*;



8) Измените свойства блока *sink*. Введите Customer в поле **Класс заявки**. Введите в поле **Действие при входе** следующий код:

timeInSystemDistr.add(time()-entity.enteredSystem)**;.**Этот код добавляет полное время пребывания клиента в банковском отделении в объект сбора данных гистограммы *timeInSystemDistr*.



9) Запустите модель и просмотрите статистику с помощью окон инспекта (открыть окно инспекта можно, щелкнув мышью по значку **Данные гистограммы**). Зафиксируйте в отчете статистическую информацию для значений, собранных в данных объектах сбора статистики.

10) Добавьте гистограмму для отображения распределения времени ожидания клиента в очереди. Перетащите элемент **Гистограмма** из палитры **Статистика**. Поместите ее под

элементом сбора данных (см. рис. 15). В свойствах гистограммы щелкните мышью по кнопке **Добавить данные** и введите в поле **Данные** имя соответствующего элемента – *waitTimeDistr*. На гистограмме будет отображаться распределение времени ожидания клиента. Измените **Заголовок** на *Распределение времени ожидания*.

11) Аналогичным образом добавьте еще одну гистограмму, расположите ее под ранее добавленной. В поле **Данные** введите *timeInSystemDistr*. На гистограмме будет отображаться распределение времени пребывания клиента в системе. Измените **Заголовок** на *Распределение времени пребывания*.

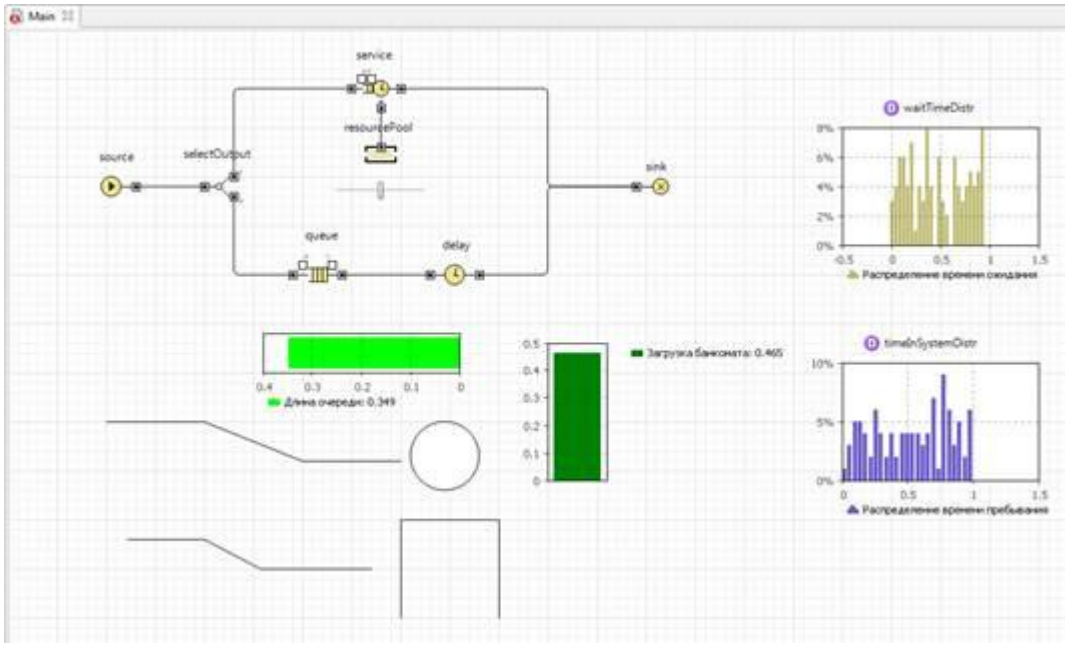


Рис. 15.

12. Запустите модель. Включите режим виртуального времени. Какой вид примет распределение времени ожидания и времени пребывания клиента в системе?

13. Внесите изменения в модель банковского отделения согласно варианту (см. табл. 1). Запустите модель. Сравните результаты прогона модели с исходными и новыми значениями входных данных. Сделайте выводы. Эффективно ли работает система с новыми значениями интенсивностей входного потока и потока обслуживания? Как изменилось среднее время ожидания клиента? Влияет ли количество кассиров на время пребывания клиента в системе?

Таблица 1.

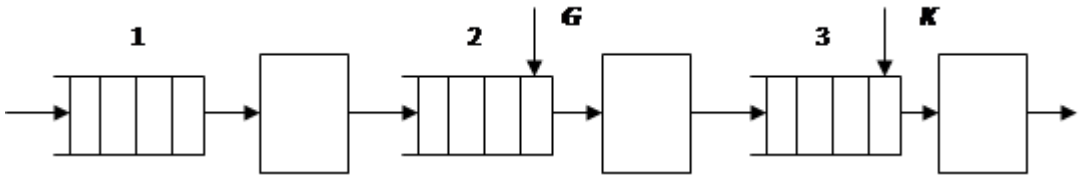
Вари-ант	Распределение вероятности прихода клиентов в банк	Вероятность обращения к кассиру/ к банкомату	Время обслуживания клиента кассиром	Количе-ство кассиров
	Экспоненциальное	1/1	4 ± 2	
	Экспоненциальное	1/2	6 ± 2	
	Экспоненциальное	2/1	8 ± 2	
	Экспоненциальное	1/3	7 ± 2	
	Экспоненциальное	3/1	9 ± 2	
	Нормальное	1/1	8 ± 2	
	Нормальное	1/2	7 ± 2	
	Нормальное	2/1	9 ± 2	

	Нормальное	1/3	4 ± 2	
	Нормальное	3/1	6 ± 2	
	Треугольное	1/1	2 ± 2	
	Треугольное	1/2	7 ± 2	
	Треугольное	2/1	9 ± 2	
	Треугольное	1/3	4 ± 2	
	Треугольное	3/1	6 ± 2	
	Равномерное	1/1	4 ± 2	
	Равномерное	1/2	6 ± 2	
	Равномерное	2/1	7 ± 2	
	Равномерное	1/3	8 ± 2	
	Равномерное	3/1	9 ± 2	

14. Самостоятельно постройте еще одну новую модель системы массового обслуживания. (Варианты заданий приведены ниже.) Назовите модель *smo*2.*alp*. Создайте анимацию для модели. Анимация модели должна включать следующие элементы: название и описание модели; слайдеры для задания параметров модели; графики и/или диаграммы; анимацию процесса обслуживания. Используйте закрашенные прямоугольники или встройте изображение для задания фона Вашей презентации. Настройте также две области просмотра презентации модели: область просмотра логики (схема процесса) и область просмотра анимации. (Область просмотра задается с помощью палитры Презентация.) Сравните результаты моделирования в GPSS и AnyLogic.

Варианты 1, 11

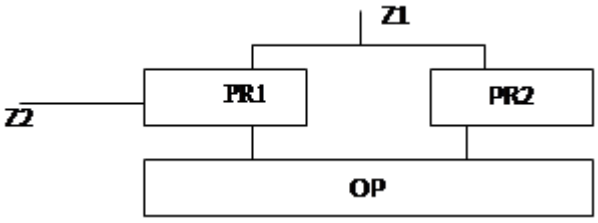
Имеется некоторая конвейерная автоматизированная линия по выпуску баночек фруктового сока.



Пустые баночки для фруктового сока поступают в накопитель 1 автоматизированной линии каждые 3,5 ± 1,1 секунд. После этого в них автоматически заливается сок. Одновременно может заливаться лишь одна баночка, на что расходуется 1,5 секунды. Потом баночки поступают в накопитель 2 для выполнения операции закупоривания. Для этого расходуется 1,6 секунд времени на каждую баночку. Одновременно может обрабатываться одна баночка. Потом они попадают в накопитель 3 для следующей операции. В конце конвейера баночки устанавливаются в ящики. Время установки одной баночки представляет собой равномерно распределенную случайную величину в интервале 2,0 ± 0,8 секунд. Одновременно может устанавливаться в ящик не больше двух баночек. В начале смены в накопителе 2 находится 20 баночек, а в накопителе 3 – 36 баночек. Определите, какие размеры должны иметь накопители. Промоделируйте работу линии на протяжении одной смены (8часов).

Варианты 2, 12

В состав двухпроцессорной системы входят: два процессора под символическими именами *PR*1 и *PR*2 и оперативная память.



Система обрабатывает потока заявок *Z*1 и *Z*2, поступающих в систему по равномерному закону с интервалами 4 ± 2 и 25 ± 2 соответственно. Поток заявок *Z*2 обрабатывается только на *PR*1 и придерживает обработку заявок потока *Z*1, после чего прерванная заявка дообслуживается. Обслуживание заявок потока *Z*1 происходит по условию: если очередь *PR*2 > *PR*1,то обслуживание происходит на *PR*1, иначе на *PR*2. После обработки на процессорах заявка помещается в оперативную память. Смоделируйте систему без потерь.

Варианты 3, 13

В небольшом кафе работают две официантки (*A* и *B*)обслуживая по 5четырехместных столиков. Официантка *A* пользуется большей популярностью, чем официантка *B*. Приходя в кафе, клиент садится за столик официантки *B* только в том случае, если все места за столиками, которые обслуживает официантка *A,* заняты. Клиенты приходят в кафе через 2± 1 минут и, если не застают свободных мест, становятся в очередь. Когда клиент садится на освободившееся место, он ждет, пока к нему подойдет официантка и примет у него заказ. Время приема заказа у официантки *A* занимает 45 ± 15 секунд, у официантки *B* соответственно17 ± 4 секунд. Приняв заказ у клиента, официантки сразу же его выполняют. Время выполнения заказа обеими официантками составляет 160 ± 20секунд. После получения заказа клиент на протяжении 16 ± 4минут обедает и уходит из кафе. Официантки обслуживают клиентов по принципу FIFO и в каждый момент времени могут обслуживать не более одного клиента. Определить время ожидания в очереди и время, которое клиент проводит за столиком кафе. Промоделируйте работу кафе на протяжении 10 ч.

Варианты 4, 14

В студенческом машинном зале расположены две ЭВМ и одно устройство подготовки данных (УПД). Студенты приходят с интервалом в 8 ± 2 мин, и треть из них хочет использовать УПД и ЭВМ, а остальные только ЭВМ. Допустимая очередь в машинном зале составляет четыре человека, включая работающего на УПД. Работа на УПД занимает 8 ± 1 мин, а на ЭВМ – 17 мин. Кроме того, 20% работавших на ЭВМ возвращается для повторного использования УПД и ЭВМ. Смоделируйте работу машинного зала в течение 60 ч. Определите загрузку УПД, ЭВМ и вероятность отказа в обслуживании вследствие переполнения очереди.

Варианты 5, 15

В вычислительном классе на обработку принимаются три класса заданий *A, B, C*. Исходя из наличия оперативной памяти ЭВМ задания классов *A* и *B* могут решаться одновременно, а задания класса *C* монополизируют ЭВМ. Задания класса *A* поступают через 20 ± 5 мин, класса *B* – через 20 ± 10 мин и класса *C* – через 30 ± 10 мин и требуют для выполнения: класс *A* – 20 ± 5 мин, класс *B* – 21 ± 3 мин и класс *C* – 28 ± 5 мин. Задачи класса *C* загружаются в ЭВМ, если она полностью свободна. Задачи класса *A* и *B* могут дозагружаться к решающей задаче. Смоделируйте процесс обслуживания в течение 80 ч. Определите загрузку ЭВМ.

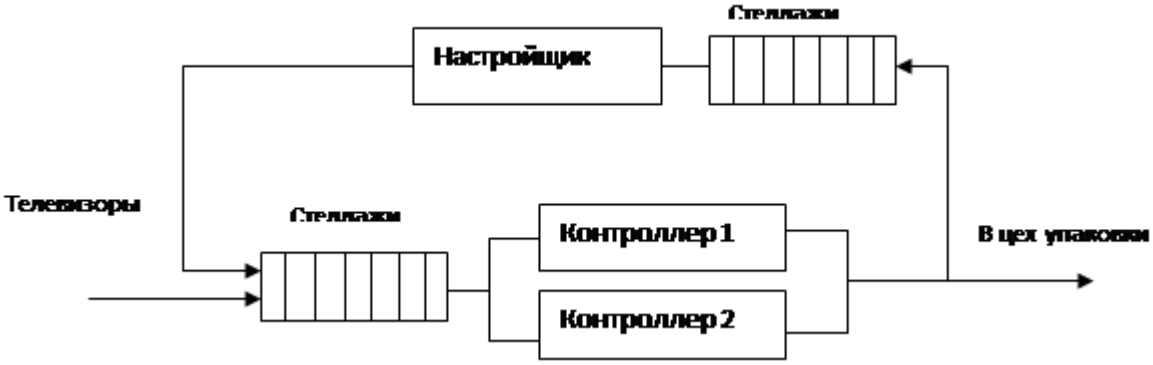
Варианты 6, 16

Пять операторов работают в справочной телефонной сети города, сообщая номера телефонов по запросам абонентов, которые обращаются по одному номеру - 09. Автоматический коммутатор переключает абонента на того оператора, в очереди которого ожидает наименьшее

количество абонентов, причем наибольшая допустимая длина очереди перед оператором – два абонента. Если все очереди имеют максимальную длину, вновь поступивший вызов получает отказ. Обслуживание абонентов операторами длится 30 ± 20 с. Вызовы поступают в справочную через каждые 5 ± 3 с. Смоделируйте обслуживание 200 вызовов. Подсчитайте количество отказов. Определите коэффициенты загрузки операторов справочной.

Вариант 7, 17

Собранные телевизоры проходят серию испытаний на станции технического контроля. Если оказывается, что функционирование телевизора ненормально, то отбракованный телевизор передают в цех наладки, где заменяют неисправные блоки. После наладки телевизор возвращают на станцию контроля и снова проверяют. Со станции технического контроля телевизоры после одной или нескольких проверок поступают в цех упаковки.



Телевизоры попадают на станцию технического контроля каждые 5,5 ± 2,0 минут. На станции работают 2 контролера одинаковой квалификации. Операция контроля одного телевизора состоит из двух проверок:

1) для первой проверки каждому контролеру необходимо 9± 3 минут;

2) для второй проверки на всех контролеров имеется один тестовый прибор (продолжительность тестирования – 1,2 минут).

Приблизительно 85 процентов телевизоров успешно проходят проверку и попадают в цех упаковки, а другие 15 процентов – в цех наладки, в котором находится один рабочий – наладчик. Время наладки (замены) неисправных блоков распределено в соответствии с равномерным законом в интервале 30 ±7 минут. Промоделируйте функционирование станции технического контроля в течение 8 часов.

Вариант 8, 18

Информационно-поисковая библиографическая система построена на базе двух ЭВМ и имеет один терминал для ввода и вывода информации. Первая ЭВМ обеспечивает поиск научно-технической литературы (вероятность обращения к ней – 0,7), а вторая – медицинской (вероятность обращения к ней – 0,3). Пользователи обращаются к услугам системы каждые 5 ± 2 мин. Если в очереди к терминалу ожидают 10 пользователей, то вновь прибывшие пользователи получают отказ в обслуживании. Поиск информации на первой ЭВМ продолжается 6 ± 4 мин, а на второй 3 ± 2 мин. Для установления связи с нужной ЭВМ и передачи текста запроса пользователи тратят 2 ± 1 мин. Вывод результатов поиска происходит за 1 мин. Смоделируйте процесс работы системы за 8 часов.

Вариант 9, 19

Изготовление деталей определенного вида включает длительный процесс сборки, который заканчивается коротким периодом обжига в печи. Поскольку эксплуатация печи обходится очень дорого, несколько сборщиков используют одну печь, в которой одновременно можно обжигать только одну деталь. Сборщик не может начать новую сборку, пока не вытащит из печи предыдущую деталь. Таким образом, сборщик работает в таком режиме:

1) собирает следующую деталь;

2) ожидает возможности использования печи по принципу FIFO;

3) использует печь;

4) возвращается к п. 1.

Время, необходимое на выполнение различных операций: сборка – 30±5 мин.; обжиг – 8±2 мин.

Необходимо построить на GPSS модель описанного процесса. Определить оптимальное число сборщиков, использующих одну печь, т.е. такое количество, которое дает наибольшую прибыль при моделировании в течение 40 часов модельного времени. Предполагается, что в течение рабочего дня нет перерывов, а рабочими днями являются все дни (без выходных).

Варианты 10, 20

В вычислительный зал с интервалом времени 10±5 мин. Заходят пользователи, желающие произвести расчеты на ЭВМ. В зале имеется 8 ЭВМ, к одной ЭВМ подключен принтер. Время, необходимое для решения задачи и вывода результатов на печать, составляет 15±5 мин. Вывод результатов на печать не мешает проведению расчетов, время печати составляет 3±2 мин. В зал не допускается более 10 студентов. Смоделировать процесс обслуживания 100 пользователей. Подсчитать число пользователей, не нашедших свободного места в очереди. Определите среднее число пользователей в очереди, а также коэффициенты загрузки всех ЭВМ и принтера.

Шкала оценивания:

Оценка «отлично» за практическую работу выставляется, если работа выполнена полностью правильно и самостоятельно, а аспирант способен уверенно отвечать на вопросы преподавателя о проделанной работе;

Оценка «хорошо» выставляется, если работа выполнена в целом корректна, но имеются неточности в ответах на вопросе преподавателя или некоторые действия выполнены неоптимально;

Оценка «удовлетворительно» выставляется, когда работа не может быть завершена аспирантом самостоятельно, без помощи преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если работа не была выполнена.

Практическое занятие 3. Современные технологии обработки данных (BigData, CloudComputing и др). в информационном обеспечении сложных систем

Тематика: Метод к-средних.

Ответить и обосновать свой ответ на следующие вопросы:

1. Дана таблица с объектами:

	P1	P2
A	4	2
B	3	2
C	1	-1
D	-1	1
E	0	4

Планируется разбить объекты на 2 кластера. На первой итерации работы алгоритма k-means были выбраны точки (2,3) и (1,1). После первой итерации алгоритма к кластеру, определяемому первой точкой, будут отнесены объекты (используется метрика Манхэттен).

2. Если кластер состоит лишь из одного объекта, то чему равно расстояние от этого объекта до центра кластера?

3. Дана таблица с объектами:

	P1	P2
A	4	2
B	3	2
C	1	-1
D	-1	1
E	0	4

Какие объекты попадают в окружность с центром (1,2) и радиусом 2,5 (используется max-метрика)?

4. Пусть объекты из следующей таблицы образуют один кластер.

Объект	P1	P2	P3
A	1	1	0
B	0	2	-1
C	2	3	1
D	1	0	4

Указжите три числа — координаты центра кластера.

5. Набор объектов A,B,C,D,E,F,G планируется разбить на 3 кластера. Для этого был применен графовый алгоритм и было построено остовное дерево минимального веса, состоящее из ребер AE, BD, CD, DF, ED, EG. Длины ребер соответственно равны 1, 2, 4, 1, 3, 2. Какие объекты попадут в один кластер с объектом A?

6. Расстояния между объектами (в некоторой метрике) приведены в таблице.

	A	B	C	D	E
A	0	3	4	3	1
B	3	0	1	2	5
C	4	1	0	3	3
D	3	2	3	0	4
E	1	5	3	4	0

Представим данные в виде графа и запустим алгоритм кластеризации, в котором число кластеров заранее не задано. Входной параметр алгоритма равен R=2,5. Какие из объектов попадут в один кластер с объектом A?

7. Укажите известные вам модификации модели линейной регрессии (например, лассо)?

8. Даны объекты тренировочной выборки. На вход алгоритму kNN подается объект F с признаками X1=0, X2=0.

Объект	X1	X2	Y
A	-1	0	1
B	1	2	0
C	2	-2	0
D	-3	-1	1
E	3	2	1

К какому классу будет отнесен объект F при k=3? При k=5? При решении задачи использовать евклидову метрику, нормализацию данных не проводить.

Шкала оценивания:

Оценка «отлично» за практическую работу выставляется, если на все вопросы дан полный, обоснованный и правильный ответ;

Оценка «хорошо» выставляется, если аспирант ошибся при ответе на один-два вопроса;

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если аспирант ошибся при ответе на три-четыре вопроса.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если аспирант допустил больше четырех ошибок.

Практическое занятие 4. Заключительное занятие. Подведение и анализ промежуточных результатов освоения дисциплины

При подготовке материалов для заключительного практического занятия, преподаватель учитывает недостаточную степень развития навыков аспирантов, определенную в ходе практических занятий и при оценке самостоятельной работы. На практическом занятии обсуждаются итоги проведения занятий по дисциплине, проверяется полнота и качество собранного аспирантом портфолио материалов и результатов выполнения заданий по дисциплине. Обсуждаются вопросы, вынесенные для проведения зачета с оценкой. Оцениваются индивидуальные достижения, полученные аспирантов в ходе внеурочной работы (сертификаты олимпиад, конкурсов, грантов, написание тезисов/статей в сборники конференций различного уровня).

3. Методические указания по выполнению других видов самостоятельной работы по дисциплине

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ЗАЧЕТА С ОЦЕНКОЙ

1. Методы исследования в системном анализе.
2. Цели управления и организационного развития системы.
3. Методы моделирования сложных объектов и систем.
4. Модели систем массового обслуживания.

5. Имитационное моделирование – основы и сферы применимости для системного анализа
6. Социальные и психологические аспекты возможностей человека, включенного в управленческий цикл
7. Методики выявления личностных и профессионально значимых качеств, критерии психофизиологических возможностей человека
8. Проблема принятия решения. Операционные модели. Исследователь операции и оперирующая сторона
9. Классификация математических моделей: статические и динамические, непрерывные и дискретные, линейные и нелинейные, сетевые, детерминированные и недетерминированные, имитационные модели систем управления.
10. Общая постановка задач конечномерной оптимизации со связями и ограничениями. Допустимое множество.
11. Типы экстремумов: внутренний и граничный, единственный и неединственный, глобальный и локальный.
12. Последовательная оптимизация как способ аналитического решения задач малой размерности.
13. Вычислительные схемы численных методов максимизации (прямых и непрямых): скорейший спуск, проектирование градиента, штрафные функции, метод Ньютона. Поиск глобального максимума в многоэкстремальных задачах.
14. Формулировка общей задачи математического программирования. Классические и специальные задачи линейного программирования.
15. Структура допустимого множества и типы решений.
16. Истоки многокритериальности. Многокритериальная предпочтительность допустимых стратегий. Эффективность (оптимальность) по Парето или Слейтору.
17. Сетевое планирование и управление проектами. Задачи анализа и оптимизации сетевых графиков.
18. Целочисленное программирование. Общая схема ветвей и границ. Оптимальные программы управления во времени
19. Принцип максимума Л.С. Понтрягина и принцип оптимальности Беллмана
20. Понятие и классификация ресурсов.
21. Модель экстремальных задач комбинаторного типа. Задача о назначениях
22. Многошаговые процедуры управления. Игровой и вероятностный подходы к управлению в зависимости от характера информации о возмущениях, диапазонного или вероятностного, и от склонности к риску лица, принимающего решения
23. Математическая игра как модель конфликтной ситуации
24. Базовые понятия теории игр
25. Существование седловой точки в смешанных стратегиях для матричных игр. Связь с прямой и двойственной задачами линейного программирования.

По представленным вопросам предполагается выполнение аспирантом конспектов или повторение материала с использованием конспектов лекций.

4. Примеры контрольных заданий (оценочных средств), используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине

Демоверсия итогового тестирования:

1. В модели обработки запросов сервер представляет собой:

а) однофазную систему массового обслуживания разомкнутого типа с ожиданием и с отказами (правильный ответ);

б) многофазную систему массового обслуживания разомкнутого типа с ожиданием и с отказами;

в) однофазную систему массового обслуживания без отказов;

г) систему массового обслуживания замкнутого типа с ожиданием и с отказами;

д) однофазную систему массового обслуживания разомкнутого типа без ожиданий;

2. Направления связи в модели функционирования:

а) является системой массового обслуживания разомкнутого типа с ожиданием (правильный ответ);

б) предполагает отказы из-за ограниченной ёмкости входного буфера (правильный ответ);

в) допускает временные выходы из строя основного канала (правильный ответ);

г) имеет неограниченный входной буфер;

д) является системой массового обслуживания замкнутого типа (в связи с наличием двух каналов - основного и резервного) с ожиданием;

3. Какие проблемы могут возникать при интеграции программных модулей?

а) языковой несовместимости (правильный ответ);

б) несовместимости API (правильный ответ);

в) переносимости;

г) безопасности типов;

д) несовместимости форматов представления данных (правильный ответ);

4. В чем проявляются недостатки способа решения проблем неоднородности при помощи разработки и поддержки интерфейсов?

а) облегчается перенос приложения на серверы различных платформ;

б) решается проблема совместимости;

в) интерфейсы некоторых компонент приложения могут не являться компонентами языка или среды программирования (правильный ответ);

г) приложения переносятся на различные платформы, что не позволяет им использовать компоненты, языки и интерфейсы;

5. Отметьте значимые события, повлиявшие на формирование тренда больших данных:

а) разработка Hadoop (правильный ответ);

б) изобретение принципа MapReduce (правильный ответ);

в) разработка языка Pyhton;

г) победа Deepblue в матче с Г. Каспаровым;

6. На плоскости даны 8 точек с координатами A(1;1), B(2;2), C(2;4), D(3;3), E(4;2), F(4;4), G(5;5), H(6;6). Изначально центроиды находятся в точках (1;3), (6;4). Применив алгоритм 2-средних с евклидовой метрикой, определите точки, принадлежащие тому же кластеру, что и точка A, при достижении стационарного состояния.

а) Кроме A точек нет;

б) A, B;

в) A, B, C;

г) A, B, C, D;

д) A, B, C, D, E (правильный ответ);

е) A, B, C, D, E, F.

7. Выберите алгоритмы, которые решают задачи кластеризации:
а) K-средних (правильный ответ);
б) Деревья решений;
в) EM-алгоритм (правильный ответ);
г) K-медиан (правильный ответ);
8. Оценка поведения системы при некотором сочетании ее управляемых и неуправляемых параметров, называется:
а) прогнозом (правильный ответ);
б) дискретизацией;
в) калькуляцией;
г) расчетом.

Автор(ы)-составитель(и): *Привалов А.Н.*, профессор кафедры математики, информатики и методики обучения, доктор технических наук, профессор