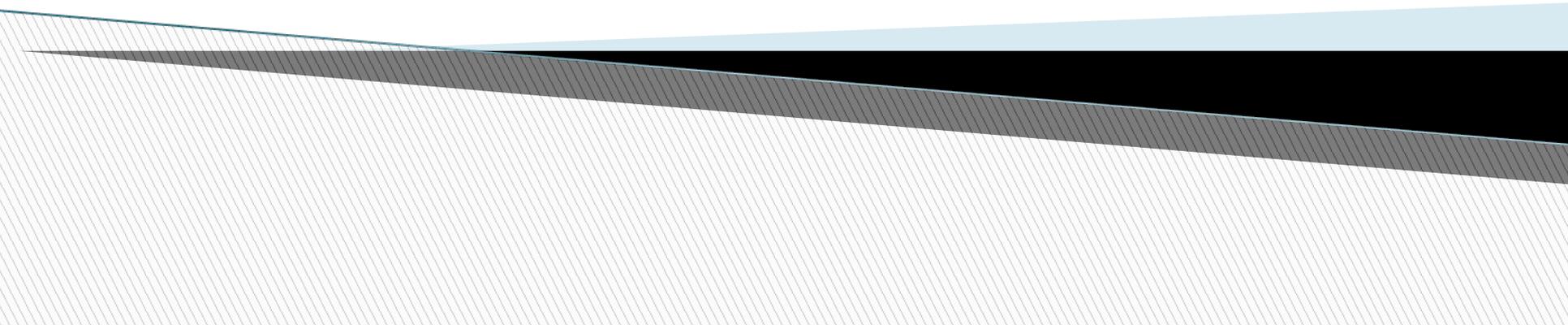


# Моделирование

Глава 3, 10 класс  
32 часа



# Планирование

*-владение опытом построения и использования компьютерно-математических моделей, проведения экспериментов и статистической обработки данных с помощью компьютера, интерпретации результатов, получаемых в ходе моделирования реальных процессов; умение оценивать числовые параметры моделируемых объектов и процессов.*

№ темы	Раздел/Тема урока	Теория	Практика
	<b>Модель и моделирование</b>	<b>17</b>	<b>15</b>
1	Модель и моделирование. Основные понятия	2	
2	Системный подход в моделировании	2	
3	Моделирование различных систем. Модель <u>Вольтерра–Лотки</u>	2	2
4	Имитационное моделирование	2	2
5	<u>Агентная модель перемещения людей</u>	2	2
6	Простейшая модель распространения эпидемии	2	2
7	Дискретно-событийная модель работы учреждения	2	2
8	Системно-динамическое моделирование	2	2
9	Управление и управляемые системы	1	3

## Глава 3

# Модель и моделирование

### § 11

## Модель и моделирование

- Многообразии моделей
- Классификация моделей по целям создания

Одно из ключевых понятий современной науки — это понятие модели.

*Моделью называют упрощенное подобие некоторого объекта, воспроизводящее существенные с точки зрения цели моделирования свойства исходного объекта.* Исходные объекты моделирования могут быть самой разной природы — это предметы или явления материального мира, проекты, представления людей. В качестве объекта моделирования может восприниматься и сложная система.

*Моделирование — это деятельность по созданию и использованию моделей.*

Более точное определение принадлежит А. А. Ляпунову: «*Моделирование — это опосредованное практическое или теоретическое исследование объекта, при котором непосредственно изучается не сам интересующий нас объект, а некоторая вспомогательная искусственная или естественная система (модель):*

- 1) *находящаяся в некотором объективном соответствии с познаваемым объектом;*
- 2) *способная замещать его в определенных отношениях;*
- 3) *дающая при ее исследовании, в конечном счете, информацию о самом моделируемом объекте».*

Моделирование востребовано во многих отраслях профессиональной и научной деятельности человека и считается одним из методов научного познания.

Использованные в определении слова «объект», «свойство», «система» должны быть вам знакомы из курса информатики основной школы, но тем не менее далее они еще раз получают достаточно строгие определения.



**Ляпунов Алексей Андреевич** (1911–1973, Россия) — выдающийся советский математик, один из основоположников кибернетики, член-корреспондент АН СССР. Специалист в области теории функций вещественного переменного и математических вопросов кибернетики. Основные труды относятся к теории множеств, теоретическим вопросам программирования, общим вопросам кибернетики, машинному переводу и математической лингвистике, кибернетическим вопросам биологии, философским и методологическим проблемам науки. Широко пропагандировал применение математических методов в различных областях естествознания — математической статистике, теории стрельбы, топографии, геофизике, биологии и других.

Из приведенного определения модели вытекает несколько важных следствий.

Во-первых, любая модель — это упрощение исходного объекта. Рассматривая только интересующие нас характеристики, мы неизбежно теряем те, которые существенными не считаем. Приведем примеры.

1. При описании некоторого объекта в виде текста на естественном языке трудно описать сложную форму. Как правило, используется прием подобия, заранее предполагается вариативность представления.
2. Модель внешнего вида реального судна не будет воспроизводить его внутреннего устройства.
3. Математическая модель рельефа морского дна никак не описывает обитателей самого дна.

Такое упрощение делается умышленно. Во-первых, моделируемые объекты, как правило, слишком сложны, чтобы можно было в полном объеме их представлять или исследовать<sup>1</sup>.

Во-вторых, модель имеет искусственный характер. Даже если ее компоненты имеют естественное происхождение<sup>2</sup>, то

<sup>1</sup> Хотя иллюзия полного понимания объекта вполне может возникнуть.

<sup>2</sup> Например, модель горы может быть сделана из глины.

Далее обсуждаются некоторые устойчивые группы существующих моделей (рис. 14) и цели моделирования. При объяснении учителю следует пользоваться структурно-логическими схемами, это сделает материал нагляднее.

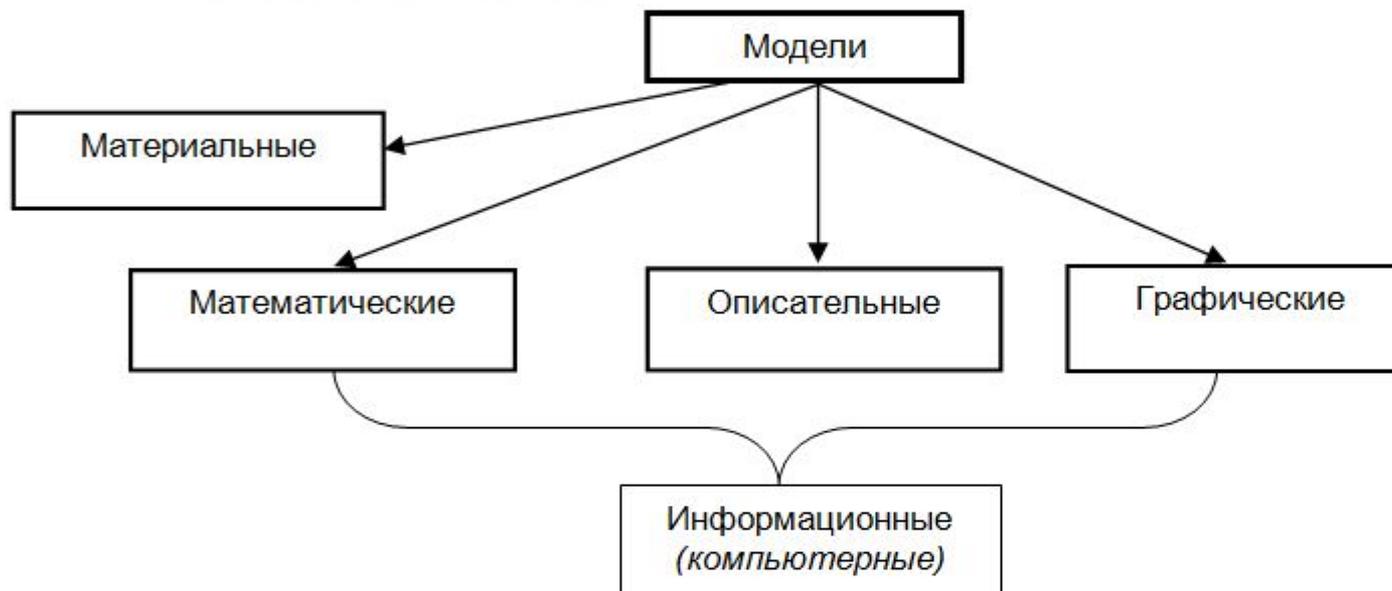


Рис. 14. Виды моделей

Цели моделирования:

- описание характеристик реальных объектов;
- исследование поведения объекта;
- предсказать поведение моделируемого объекта.

# О системах и системном подходе

- ❑ **Система** совокупность связанных между собой в единое целое отдельных частей (элементарных, неделимых объектов, процессов, явлений), причем совокупность, обладающую свойствами, которыми элементы по отдельности не обладают.
- ❑ Система также включает в себя *компоненты, осуществляющие взаимодействие между ее элементами, а также между системой и окружающей средой*. Такие компоненты называются **связями**. Фактически, связи и есть то, что отличает систему от просто набора отдельных частей.

№	По направлению	По содержанию	По порядку
1	Исходящие	Материальные	Первого порядка (определяющие структуру и поведение системы)
2	Входящие	Энергетические	Второго порядка (дополнительные)
3	Двусторонние	Информационные	Третьего порядка (случайные)

- ❑ *Относительно устойчивая система связей между элементами системы называется **структурой системы***.
- ❑ Процесс выделения компонентов и связей между ними носит название **системного анализа**, а процесс сбора модели из компонентов – **синтеза**.
- ❑ **Общесистемные закономерности:**  
эмерджентность, целостность, иерархичность.

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ. Популяционная динамика

Название модели	Что описывает	Формула	Особенности
Модель Мальтуса	Неограниченный рост популяции	$N(t) = N_0 e^{\alpha(t-t_0)}$	Жесткая математическая модель
Модель Ферхюльста	Рост популяции ограничен ресурсами	$N_{i+1} = N_i \cdot \alpha \cdot \left(1 - \frac{N_i}{K}\right)$	Мягкая математическая модель
Модель Вольтерра–Лотки	Рассматривается взаимодействие с другой популяцией	$\begin{cases} x' = ax - cxy; \\ y' = -by + dxy. \end{cases}$	Динамическая система, может быть структурно устойчивой или структурно неустойчивой

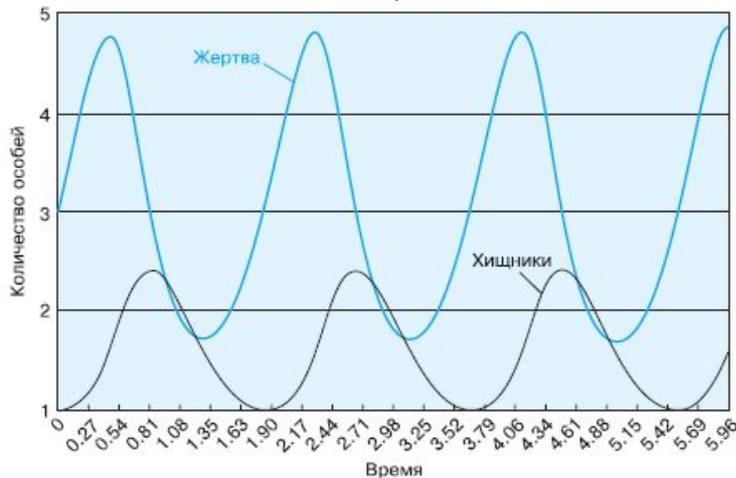


Рис. 3.1. Численность «хищников и жертв» с течением времени

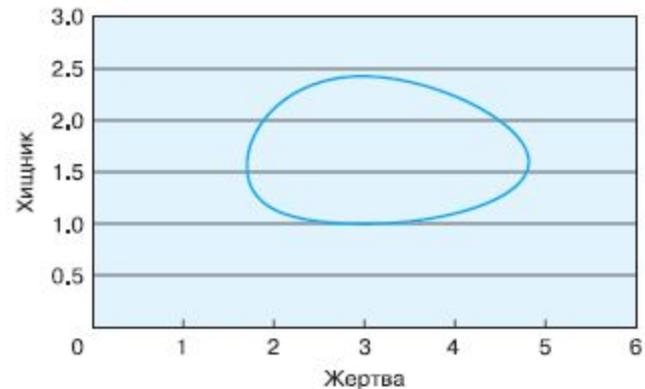


Рис. 3.2. Фазовый портрет модели

# Имитационное моделирование

Позволяет:

- *изучить поведение системы, не имея общих аналитических соотношений;*
- *проследить поведение системы в динамике, то есть на каждом шаге процесса;*
- *исследовать поведение системы, в которой возможны случайные вариации поведения объектов.*
  
- **Дискретно-событийные модели.** Такие модели описывают поведение системы как набор последовательных событий. Например, так можно описать рост пшеницы (процесс состоит из хорошо известных стадий) или работу учреждения (его работа описана инструкциями и регламентами). В такой системе описываются состояния (например, ожидание поступления на склад запасной части) и события, то есть изменения состояния.
- **Агентные модели.** Такие модели построены в виде набора взаимодействующих отдельных объектов (агентов), каждый из которых имеет какие-то заданные правила поведения и на основе поступающих сведений принимает решение об их применении. Например, такой агент может описывать поведение особи в стаде или человека в толпе. Поведение всей системы будет складываться как результат взаимодействия агентов, но спрогнозировать его математическим соотношением трудно. Например, поведение толпы на выходе из здания.
- **Модели системной динамики.** Этот метод предназначен для исследования поведения сложных систем с большим количеством обратных связей и зависимых параметров, например, крупного города, большого производства, демографической ситуации.. При таком виде моделирования систему представляют в виде взаимодействующих объектов. Каждый объект на самом деле может быть очень крупной системой, но при моделировании мы считаем его единым целым, пропускающим через себя, формирующим или поглощающим потоки разного рода (финансовые, материальные и другие).

□

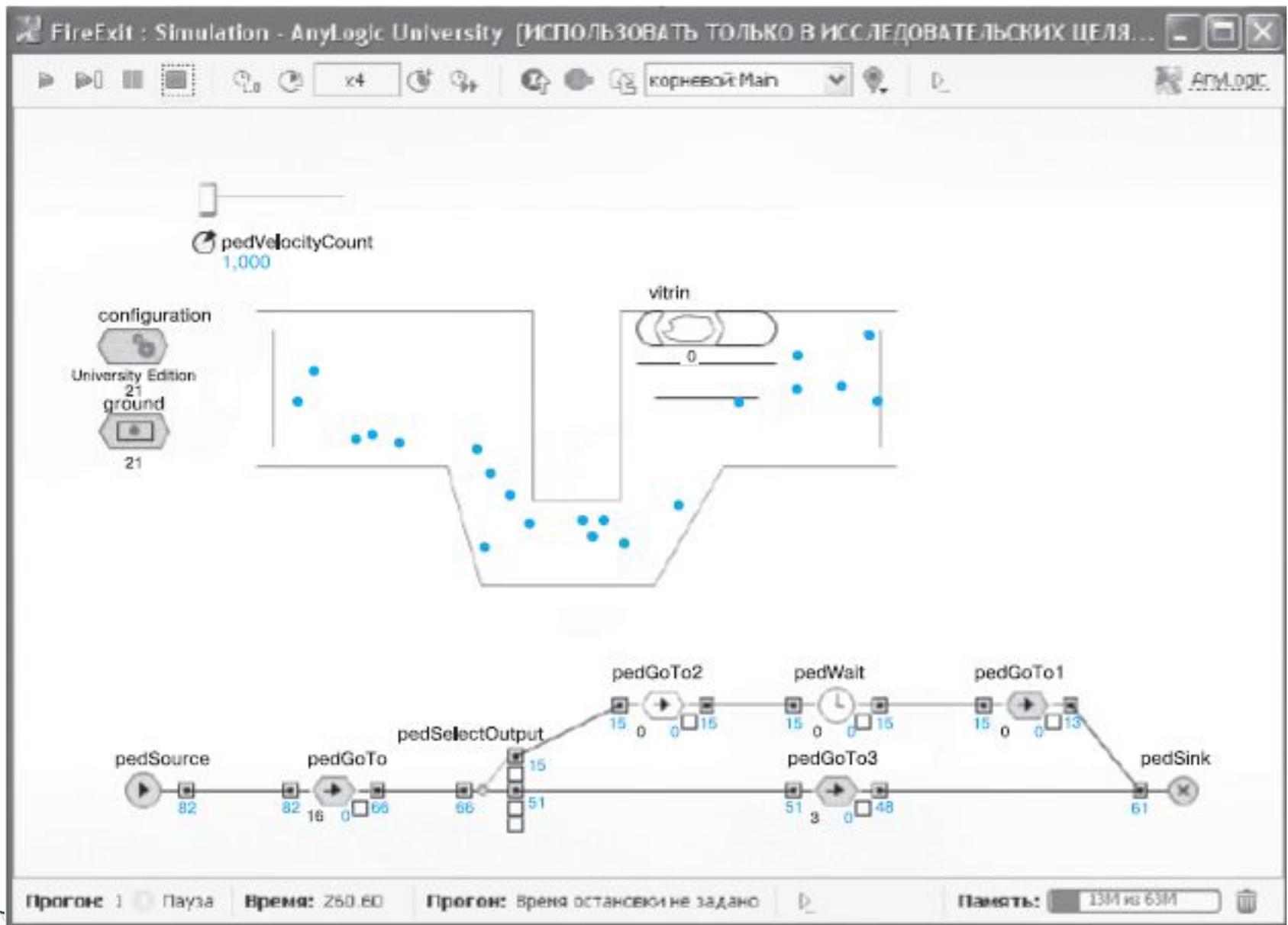


Рис. 3.4. Исследование модели (этап 1)

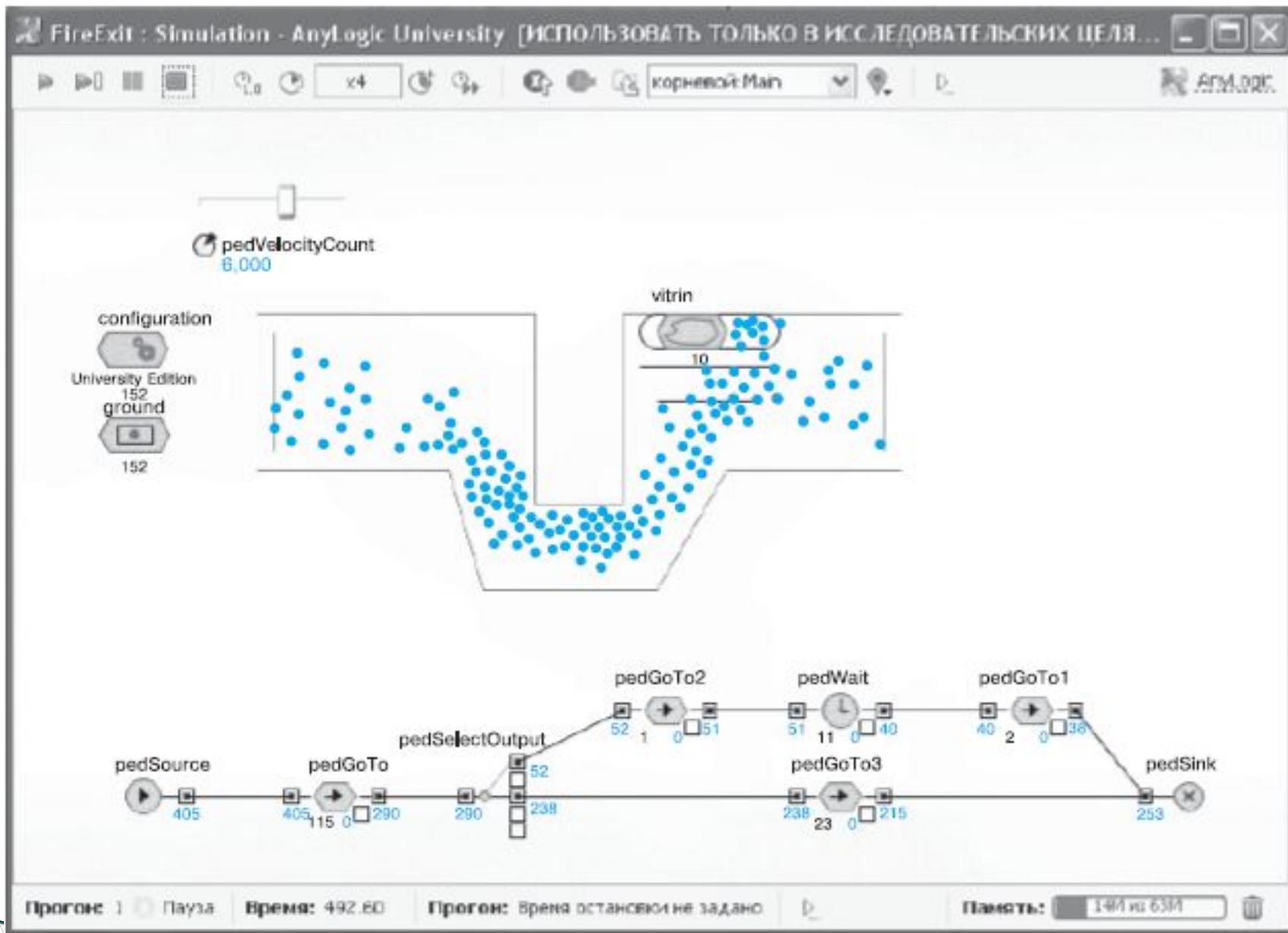
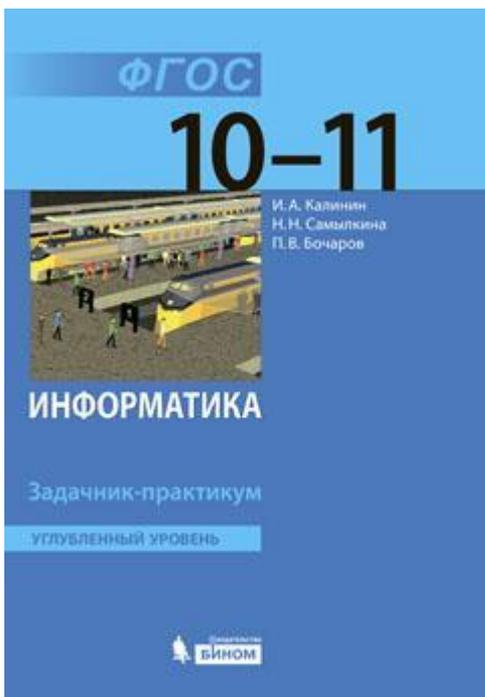


Рис. 3.5. Исследование модели (этап 2)



**Задачник-практикум** (проект «Моделирование») по этой теме включает в себя рассмотрение трех указанных основных видов имитационных моделей, что позволяет проиллюстрировать и основные подходы, и сам метод моделирования на практических, жизненных примерах с использованием современной и гибкой среды имитационного моделирования AnyLogic. Для задачника-практикума компания-производитель предоставила специализированную школьную версию среды, что позволяет воспользоваться этой средой без дополнительных затрат. В практикум входят четыре проектные задачи, к каждой из которых предусмотрены дополнительные задания.

Задача 1. Изучение движения учащихся через турникеты с помощью агентной модели.

Задача 2. Простейшая модель распространения эпидемии (агентная модель).

Задача 3. Дискретно-событийная модель работы медицинского учреждения.

Задача 4. Системно-динамическое моделирование (организация работы компании сотовой связи в крупном городе).

Можно организовать защиту проектов на школьной научной конференции. Умение представлять результаты исследования — важный компонент успешности будущей профессиональной деятельности. Об этом следует заранее договориться с учащимися, запланировать дату, регламент работы, определить выступающих.

В повседневном режиме сдача выполненных работ учителю осуществляется индивидуально. Каждый учащийся сдает каждую выполненную работу-задачу. Учитель задает 2–3 вопроса или одно небольшое практическое задание, чтобы понять степень самостоятельности выполнения работ.



Проекты

- school1
  - Main
    - Вложенные объекты
      - pedSource
      - pedSelectOutput
      - pedGoTo
      - pedGoTo1
      - pedSink
      - pedSink1
      - pedConfiguration
      - ground1
      - pedArea
      - pedArea1
      - pedWait
      - pedWait1
      - pedSelectOutput1
      - pedSelectOutput2
      - pedGoTo2
      - pedGoTo3
      - pedGoTo4
      - pedSink2
    - Соединители
    - Статистика
    - Презентация
    - schoolPed
    - Simulation: Main
  - superMarket1
    - Queue
    - Simulation: Queue

Ошибки

Ошибок нет

Описание	Мес
----------	-----

Новая модель

Создание новой модели

Имя модели: SchoolSecurity1

Местоположение: C:\Users\Илья\Models

Java пакет: schoolsecurity1

Будет создана следующая модель:

C:\Users\Илья\Models\SchoolSecurity1\SchoolSecurity1.alp

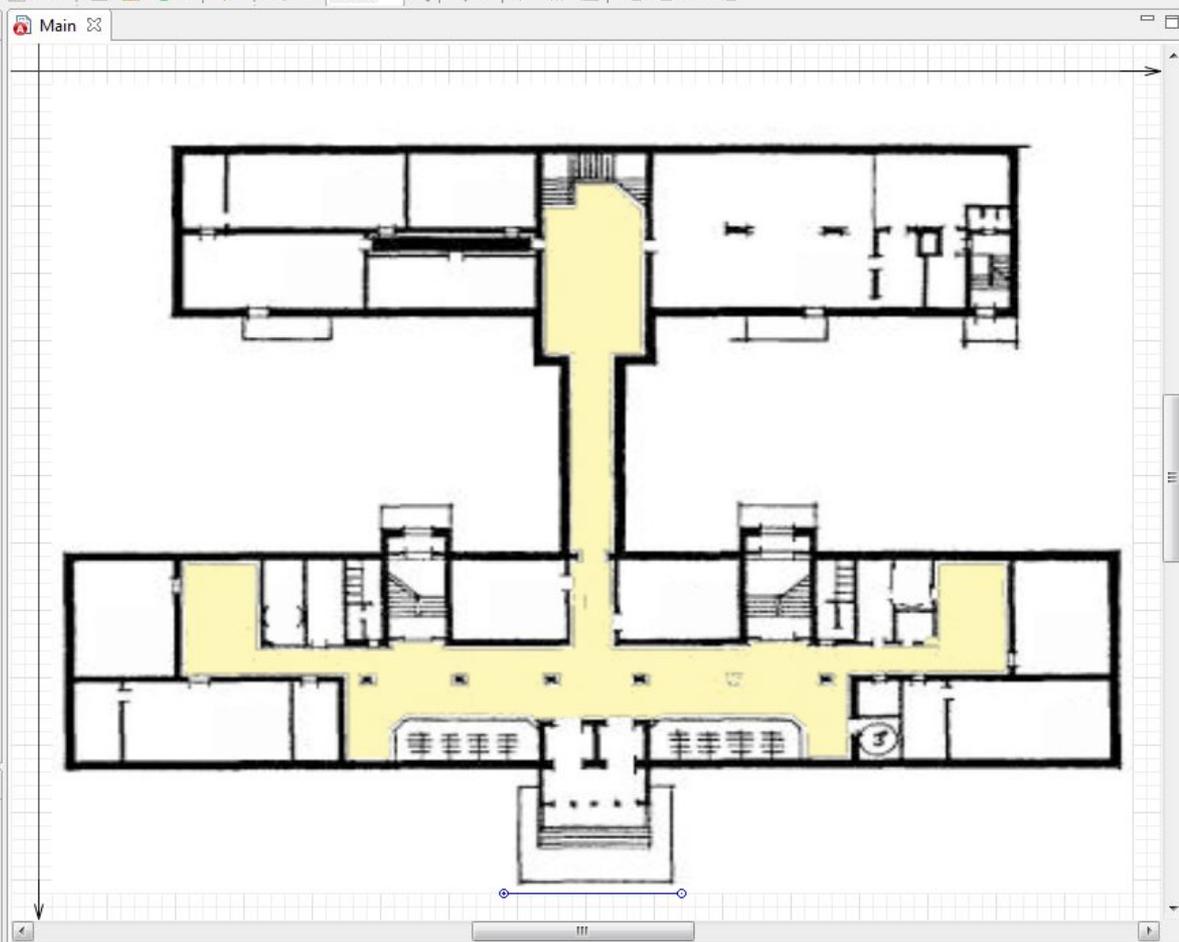
Палитра

- Основная
  - Параметр
  - Событие
  - Динамическое собы...
  - Переменная
  - Коллекция
  - Функция
  - Табличная функция
  - Расписание
  - Порт
  - Соединитель
  - Среда
  - Популяция агентов
- Системная динамика
- Диаграмма состояний
- Диаграмма действий
- Статистика
- Презентация
- 3D
- Элементы управления
- Внешние данные
- Основная библиотека
- Пешеходная библио...
- Железнодорожная б...
- Картинки
- 3D Объекты
- Палитры...



Проекты

- school1
  - Main
    - Вложенные объекты
    - Соединители
    - Статистика
    - Презентация
  - schoolPed
  - Simulation: Main
- superMarket1
  - Queue
  - Simulation: Queue
- SchoolSecurity1\*
  - Main
  - Simulation: Main



Палитра

- Основная
- Системная динамика
- Диаграмма состояний
- Диаграмма действий
- Статистика
- Презентация
  - Линия
  - Ломаная
  - Кривая
  - Прямоугольник
  - Скругленный п...
  - Овал
  - Дуга
  - Точка
  - Текст
  - Изображение
  - Группа
  - Область просмотра
  - Чертеж САПР
  - Карта ГИС
- 3D
  - Элементы управления
  - Внешние данные
  - Основная библиотека
  - Пешеходная библио...
  - Железнодорожная б...
  - Картинки
  - 3D Объекты
  - Палитры...

Ошибки

Ошибок нет

Описание
----------

Свойства Консоль

line - Линия

Основные Имя: enter  Отображать имя  Исключить  На верхнем уровне  Значок  Блокирс

Дополнительные  Отображать на 3D сцене

Динамические

Описание Цвет линии: black Толщина линии: 1 pt 1 pt

Стиль линии:

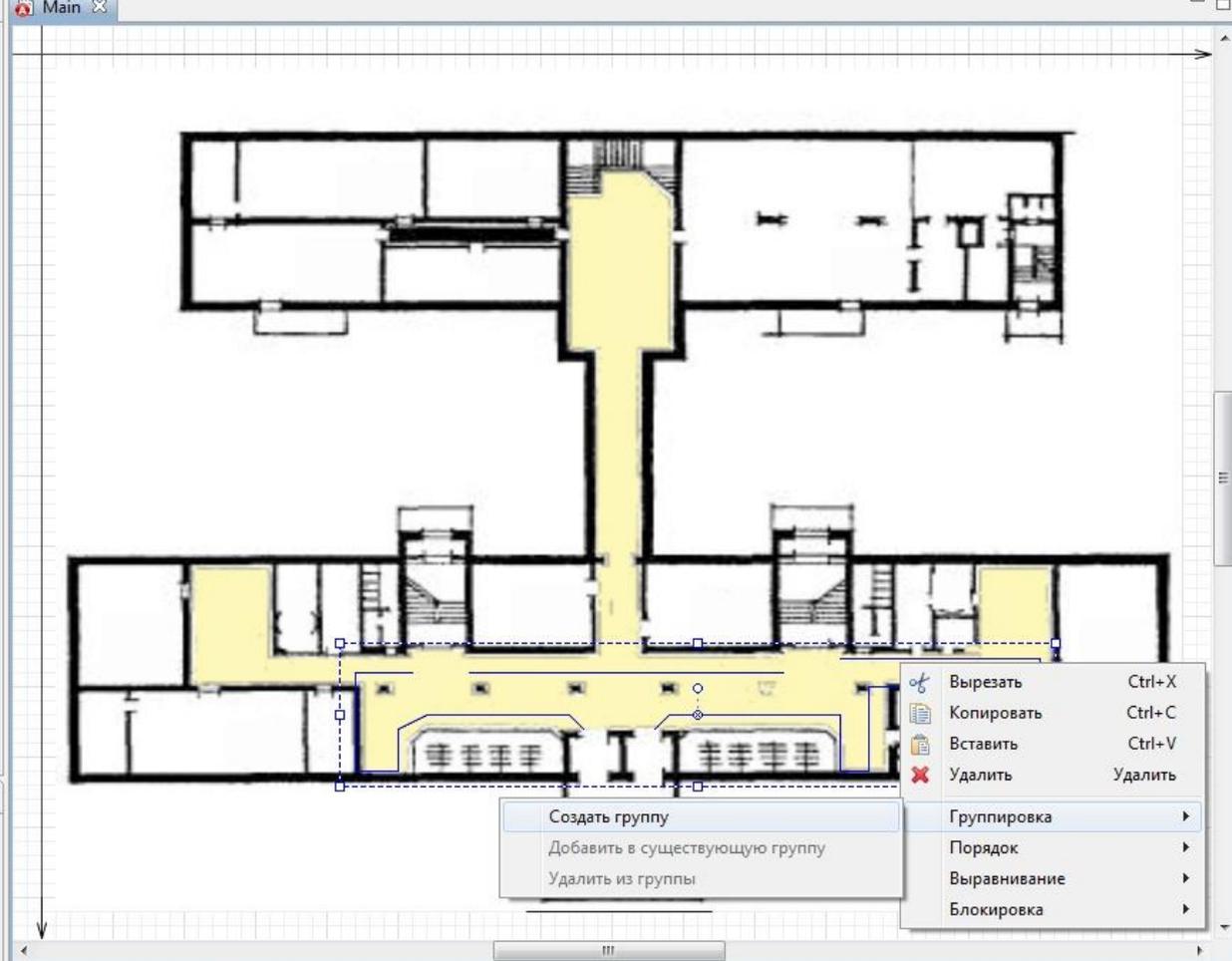
Проекты

- school1
  - Main
    - Вложенные объекты
    - Соединители
    - Статистика
    - Презентация
  - schoolPed
  - Simulation: Main
- superMarket1
  - Queue
  - Simulation: Queue
- SchoolSecurity1\*
  - Main
  - Simulation: Main

Ошибки

Ошибок нет

Описание
----------



Палитра

- Основная
- Системная динамика
- Диаграмма состояний
- Диаграмма действий
- Статистика
- Презентация
  - Линия
  - Ломаная
  - Кривая
  - Прямоугольник
  - Скругленный п...
  - Овал
  - Дуга
  - Точка
  - Текст
  - Изображение
  - Группа
  - Область просмотра
  - Чертеж САПР
  - Карта ГИС
- 3D
- Элементы управления
- Внешние данные
- Основная библиотека
- Пешеходная библио...
- Железнодорожная б...
- Картинки
- 3D Объекты
- Палитры...

Свойства Консоль

Выбрано 3 элемента(ов)

Основные Имя: polyline  Отображать имя  Исключить  На верхнем уровне  Значок  Блокировка

Дополнительные  Отображать на 3D сцене

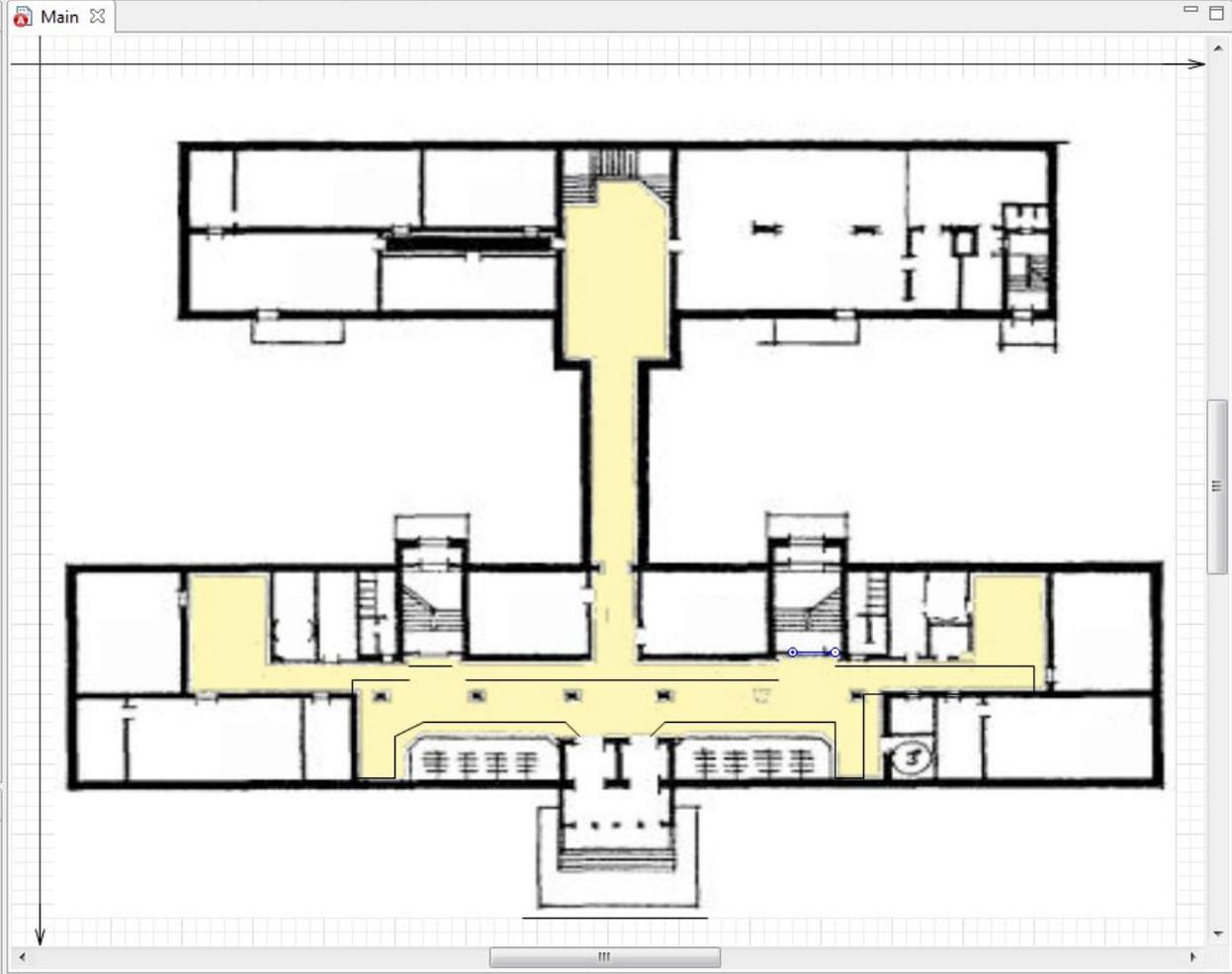
Динамические

Описание Цвет линии: black Толщина линии: 1 pt 1 pt Стиль линии:



Проекты

- school1
  - Main
    - Вложенные объекты
    - Соединители
    - Статистика
    - Презентация
  - schoolPed
  - Simulation: Main
- superMarket1
  - Queue
  - Simulation: Queue
- SchoolSecurity1\*
  - Main
  - Simulation: Main



Палитра

- Основная
- Системная динамика
- Диаграмма состояний
- Диаграмма действий
- Статистика
- Презентация
  - Линия
  - Ломаная
  - Кривая
  - Прямоугольник
  - Скругленный п...
  - Овал
  - Дуга
  - Точка
  - Текст
  - Изображение
  - Группа
  - Область просмотра
  - Чертеж САПР
  - Карта ГИС

Ошибки

Ошибок нет

Описание
----------

Свойства Консоль

line1 - Линия

Основные

Имя: exit2  Отображать имя  Исключить  На верхнем уровне  Значок  Блокирс

Дополнительные

Динамические

Отображать на 3D сцене

Описание

Цвет линии: black

Толщина линии: 1 pt 1 pt

Стиль линии:

- 3D
- Элементы управления
- Внешние данные
- Основная библиотека
- Пешеходная библио...
- Железнодорожная б...
- Картинки
- 3D Объекты
- Палитры...







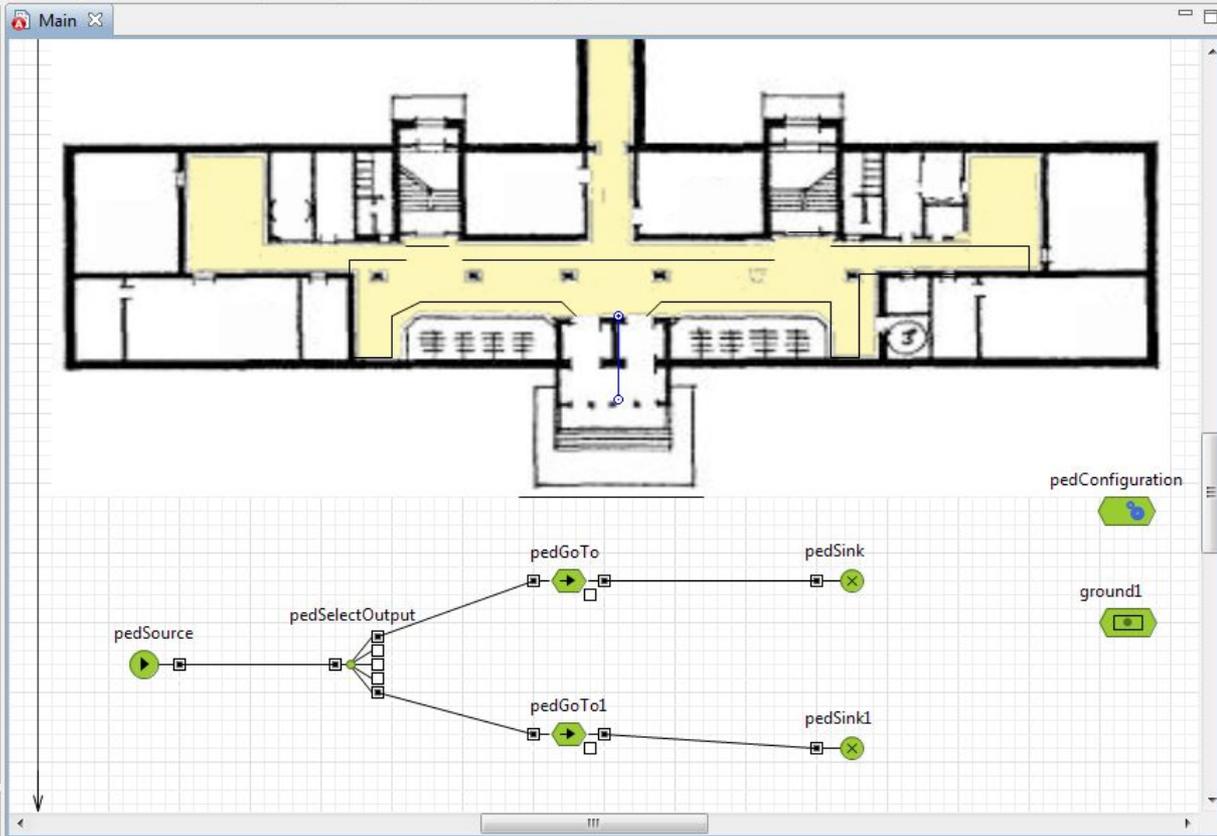






Проекты

- school1
  - Main
    - Вложенные объекты
    - Соединители
    - Статистика
    - Презентация
  - schoolPed
  - Simulation: Main
- superMarket1
  - Queue
  - Simulation: Queue
- SchoolSecurity1\*
  - Main
  - Simulation: Main



Палитра

- Основная
- Системная динамика
- Диаграмма состояний
- Диаграмма действий
- Статистика
- Презентация
  - Линия
  - Ломаная
  - Кривая
  - Прямоугольник
  - Скругленный п...
  - Овал
  - Дуга
  - Точка
  - Текст
  - Изображение
  - Группа
  - Область просмотра
  - Чертеж САПР
  - Карта ГИС

Ошибки

Ошибок нет

Описание
----------

Свойства Консоль

line1 - Линия

Основные

Имя: line1  Отображать имя  Исключить  На верхнем уровне  Значок  Блокировать

Дополнительные

Динамические

Описание

Отображать на 3D сцене

Цвет линии: black

Толщина линии: 1 pt

Стиль линии:

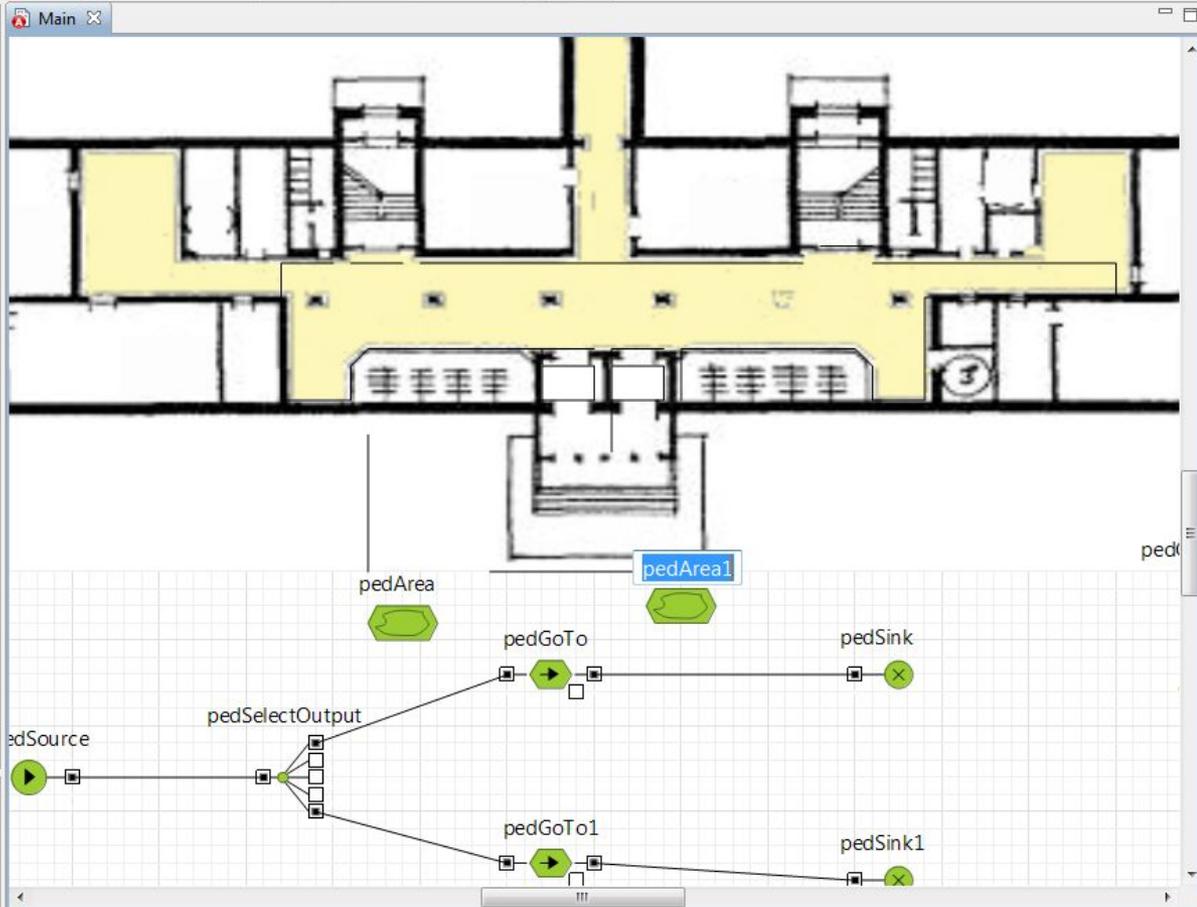
3D

- Элементы управления
- Внешние данные
- Основная библиотека
- Пешеходная библио...
- Железнодорожная б...
- Картинки
- 3D Объекты
- Палитры...



Проекты

- school1
  - Main
    - Вложенные объекты
    - Соединители
    - Статистика
    - Презентация
  - schoolPed
  - Simulation: Main
- superMarket1
  - Queue
  - Simulation: Queue
- SchoolSecurity1\*
  - Main
  - Simulation: Main



Палитра

- Основная
- Системная динамика
- Диаграмма состояний
- Диаграмма действий
- Статистика
- Презентация
- 3D
- Элементы управления
- Внешние данные
- Основная библиотека
- Пешеходная ...
- Ped Configuration
- Ped Ground
- Ped Source
- Ped Sink
- Ped Go To
- Ped Wait
- Ped Service
- Ped Change Ground
- Ped Enter
- Ped Exit
- Ped Select Output
- Ped Area
- Ped Services
- Ped Attractor
- Ped Group Assemble
- Ped Group Change F.
- Ped Group Disassembl
- Ped Flow Statistics
- Ped Density Map Leq
- Железнодорожная б...
- Картинки
- 3D Объекты
- Палитры...

Ошибки

Ошибок нет

Описание
----------

Свойства Консоль

### pedArea1 - PedArea

**Основные**

Имя:   Отображать имя  Исключить  На верхнем уровне  На презентации

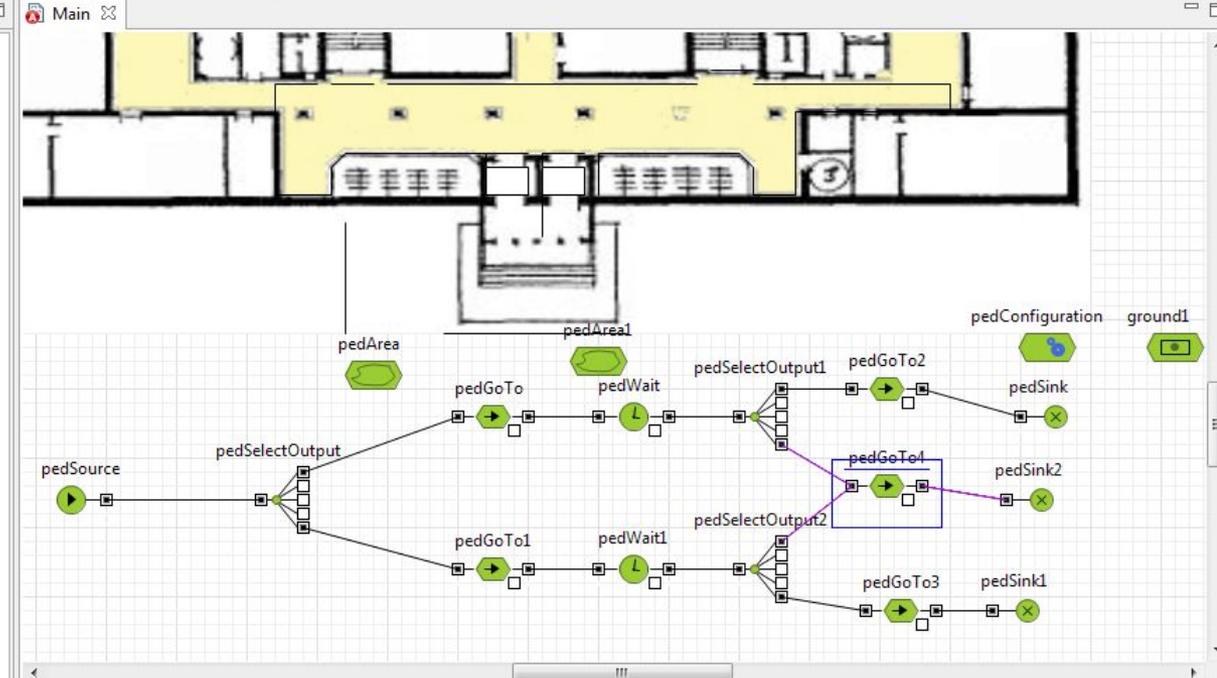
Тип: PedArea<T extends Ped> Класс пешехода:

Фигура (овал, прямоугольник, замкнутая ломаная)



Проекты

- school1
  - Main
    - Вложенные объекты
    - Соединители
    - Статистика
    - Презентация
  - schoolPed
  - Simulation: Main
- superMarket1
  - Queue
  - Simulation: Queue
- SchoolSecurity1\*
  - Main
  - Simulation: Main



Палитра

- Основная
- Системная динамика
- Диаграмма состояний
- Диаграмма действий
- Статистика
- Презентация
- 3D
- Элементы управления
- Внешние данные
- Основная библиотека
- Пешеходная ...
- Ped Configuration
- Ped Ground
- Ped Source
- Ped Sink
- Ped Go To
- Ped Wait
- Ped Service
- Ped Change Ground
- Ped Enter
- Ped Exit
- Ped Select Output
- Ped Area
- Ped Services
- Ped Attractor
- Ped Group Assemble
- Ped Group Change F.
- Ped Group Disassembl
- Ped Flow Statistics
- Ped Density Map Leq
- Железнодорожная б...
- Картинки
- 3D Объекты
- Палитры...

Ошибки

Ошибок нет

Описание
----------

Свойства Консоль

### pedGoTo4 - PedGoTo

Имя: pedGoTo4  Отображать имя  Исключить  На верхнем уровне  На презентации

[Создать презентацию](#)

Тип: PedGoTo<T extends Ped> Класс пешехода: Ped

Цель (точка, линия) denied1

Режим выбора пути  Автоматический  Ручной (ломаная)

Точность достижения цели, в метрах 0.25

Действие при входе C

Действие при выходе C

Действие при отмене C

Таймаут определения блокировки, в секундах 5\*second()



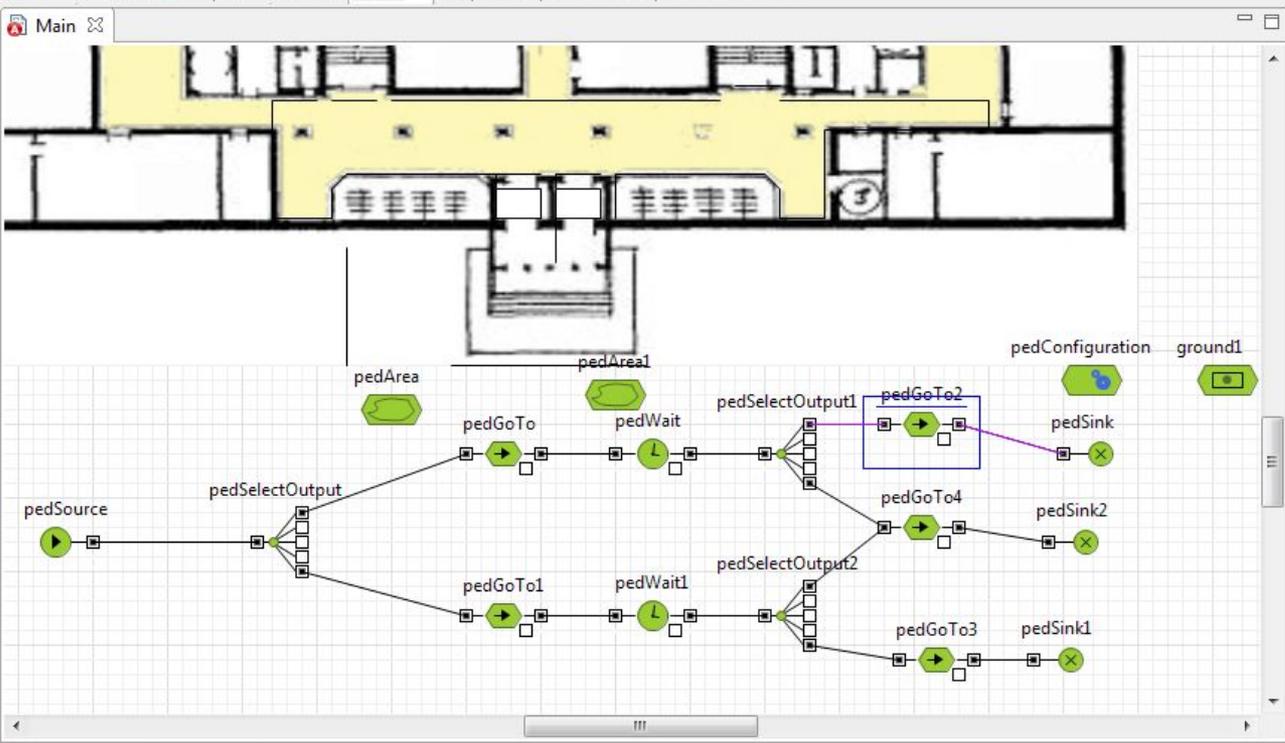






Проекты

- Соединители
- Статистика
- Презентация
- schoolPed
- Simulation: Main
- superMarket1
- Queue
- Simulation: Queue
- SchoolSecurity1\*
- Main
  - Вложенные объекты
    - pedSource
    - pedSelectOutput
    - pedGoTo
    - pedGoTo1
    - pedSink
    - pedSink1
    - pedConfiguration
    - ground1
    - pedArea
    - pedArea1
    - pedWait
    - pedWait1
    - pedSelectOutput1
    - pedSelectOutput2
    - pedGoTo2
    - pedGoTo3
    - pedGoTo4
    - pedSink2



Палитра

- Основная
- Системная динамика
- Диаграмма состояний
- Диаграмма действий
- Статистика
- Презентация
- 3D
- Элементы управления
- Внешние данные
- Основная библиотека
- Пешеходная ...
- Ped Configuration
- Ped Ground
- Ped Source
- Ped Sink
- Ped Go To
- Ped Wait
- Ped Service
- Ped Change Ground
- Ped Enter
- Ped Exit
- Ped Select Output
- Ped Area
- Ped Services
- Ped Attractor
- Ped Group Assemble
- Ped Group Change F.
- Ped Group Disassembl
- Ped Flow Statistics
- Ped Density Map Leq
- Железнодорожна...
- Картинки
- 3D Объекты
- Палитры...

Ошибки

Ошибок нет

Описание
----------

Свойства Консоль

pedGoTo2 - PedGoTo

Основные

Тип: PedGoTo<T extends Ped> Класс пешехода: Ped

Параметры

Цель (точка, линия) exit1

Режим выбора пути  Автоматический  Ручной (ломаная)

Точность достижения цели, в метрах 0.25

Действие при входе C

Действие при выходе C

Действие при отмене C

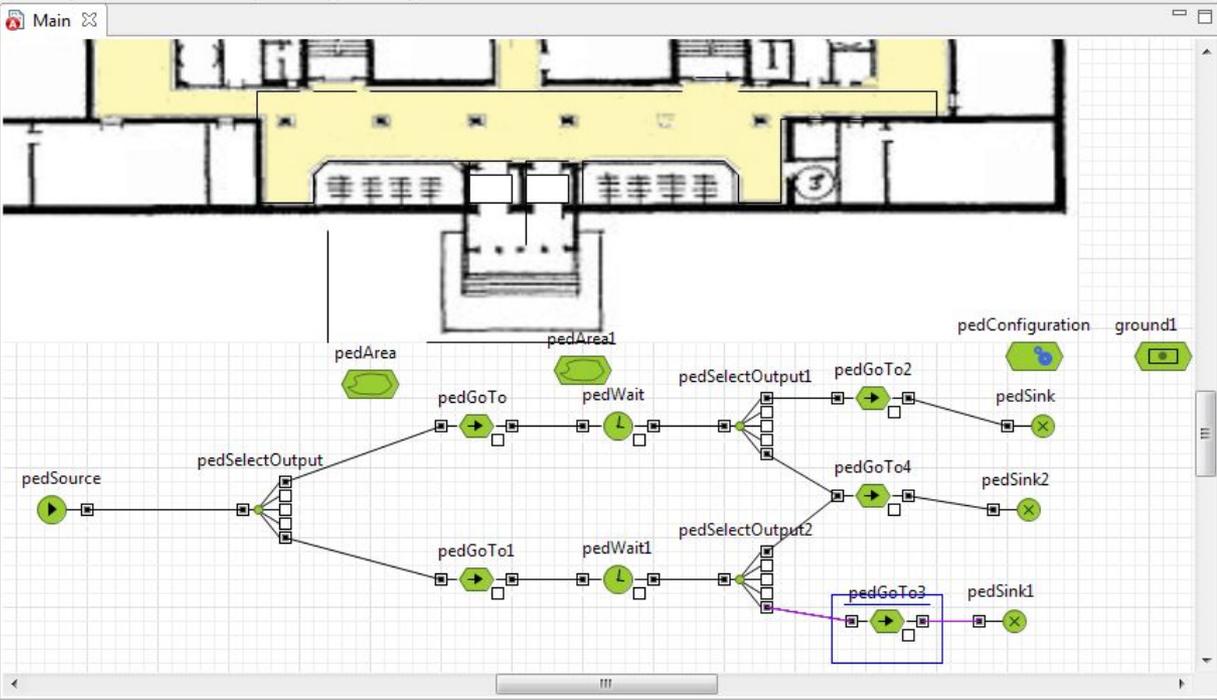
Таймаут определения блокировки, в секундах 5\*second()

Пакет: com.xj.anylogic.libraries.pedestrian

Реплицированный

Проекты

- Соединители
- Статистика
- Презентация
- schoolPed
- Simulation: Main
- superMarket1
  - Queue
  - Simulation: Queue
- SchoolSecurity1\*
  - Main
    - Вложенные объекты
      - pedSource
      - pedSelectOutput
      - pedGoTo
      - pedGoTo1
      - pedSink
      - pedSink1
      - pedConfiguration
      - ground1
      - pedArea
      - pedArea1
      - pedWait
      - pedWait1
      - pedSelectOutput1
      - pedSelectOutput2
      - pedGoTo2
      - pedGoTo3
      - pedGoTo4
      - pedSink2



Палитра

- Основная
- Системная динамика
- Диаграмма состояний
- Диаграмма действий
- Статистика
- Презентация
- 3D
- Элементы управления
- Внешние данные
- Основная библиотека
- Пешеходная ...
- Ped Configuration
- Ped Ground
- Ped Source
- Ped Sink
- Ped Go To
- Ped Wait
- Ped Service
- Ped Change Ground
- Ped Enter
- Ped Exit
- Ped Select Output
- Ped Area
- Ped Services
- Ped Attractor
- Ped Group Assemble
- Ped Group Change F.
- Ped Group Disassembl
- Ped Flow Statistics
- Ped Density Map Leq
- Железнодорожная б...
- Картинки
- 3D Объекты
- Палитры...

Свойства Консоль

### pedGoTo3 - PedGoTo

Основные

Имя:   Отображать имя  Исключить  На верхнем уровне  На презентации

Тип: PedGoTo<T extends Ped> Класс пешехода:

Цель (точка, линия)

Режим выбора пути  Автоматический  Ручной (ломаная)

Точность достижения цели, в метрах

Действие при входе

Действие при выходе

Действие при отмене

Таймаут определения блокировки, в секундах

Ошибки

Ошибок нет

Описание
----------

