

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал Сибирского федерального университета

Физико-математический
факультет
Высшей математики и информатики
кафедра

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

44.03.05 Педагогическое образование

код и наименование направления, подготовки, специальности

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «МОДЕЛИРОВАНИЕ И
ФОРМАЛИЗАЦИЯ» В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ (НА
ПРИМЕРЕ ФАКУЛЬТАТИВА)

тема

Руководитель 
подпись

В.А. Сапожников
инициалы, фамилия

Выпускник 
подпись

К.Н. Исаев
инициалы, фамилия

Лесосибирск 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал Сибирского федерального университета

физико-математический

факультет

высшей математики и информатики

кафедра

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

44.03.05 Педагогическое образование

код и наименование направления, подготовки, специальности

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «МОДЕЛИРОВАНИЕ И
ФОРМАЛИЗАЦИЯ» В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ (НА
ПРИМЕРЕ ФАКУЛЬТАТИВА)

тема


Работа защищена « 20 » июня 2016г. с оценкой « хорошо »

Председатель ГЭК

Члены ГЭК


подпись

К.В. Сафонов
инициалы, фамилия


подпись

Е.В. Киргизова
инициалы, фамилия


подпись

Н.Ф. Романцова
инициалы, фамилия


подпись

А. М. Гилязутдинова
инициалы, фамилия


подпись

О. В. Жданова
инициалы, фамилия

Руководитель

Выпускник


подпись

В.А. Сапожников
инициалы, фамилия


подпись

К.Н. Исаев
инициалы, фамилия

Лесосибирск 2016

Д

IX

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Методика изучения темы «Моделирование и формализация» в школьном курсе информатики (на примере факультатива)» содержит 54 страниц текстового документа, 5 таблиц, 5 формул, 10 рисунков и 48 использованных источников.

МОДЕЛИРОВАНИЕ, МОДЕЛЬ, ФОРМАЛИЗАЦИЯ, ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ХИЩНИК–ЖЕРТВА, КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ.

Цель исследования: разработать факультативный курс на тему «Моделирование и формализация на примере задачи «хищник–жертва» для учащихся старших классов профильной школы.

Задачи исследования:

- Проанализировать научную и учебно–методическую литературу по теме исследования;
- Раскрыть основные понятия по теме «Моделирование и формализация» и этапы информационного моделирования;
- Разработать электронное приложение по теме «Моделирование и формализация» для проведения факультатива;

Актуальность темы исследования обусловлена снижением значимости естественных наук, и недостаточным раскрытием содержательной линии «Моделирование и формализация» в школьном курсе информатики.

В ходе данного исследования нами были проанализированы научно и учебно – методическую литературу, выделены основные понятия по теме «Моделирование и формализация». Также выделены этапы информационного моделирования. И рассмотрены особенности моделирования динамики популяций на примере таких типов взаимодействия, как модель внутривидовой конкуренции, логическая модель межвидовой конкуренции, модель динамики численности популяции хищника и жертвы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОДЕРЖАТЕЛЬНОЙ ЛИНИИ «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ» В КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЫ	
1.1 Понятие модели и их классификация.....	8
1.2 Основные этапы информационного моделирования.....	16
1.3 Анализ содержательной линии «Моделирование и формализация» в школьном курсе информатики.....	21
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА ПО ТЕМЕ «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ»	
2.1 Пояснительная записка.....	32
2.2 Тематическое планирование и его содержание.....	33
2.3 Особенности преподавания по теме «Моделирование и формализация» на факультативе.....	45
Заключение.....	50
Список использованных источников.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с древних времен, становление человеческой цивилизации неразрывно связано с моделированием. С первых дней жизни человек познает окружающий мир с помощью моделей – игрушек. Процесс обучения в школе, вузе по всем направлениям без исключения также сопровождается использованием разнообразных моделей. Ни одна область человеческой деятельности сегодня не обходится без применения моделей. Компьютерное моделирование – самый прогрессивный на сегодняшний день метод исследования окружающей действительности.

Современный этап развития образования, в частности общего среднего образования, характеризуется повышенным вниманием к понятию модели и методологии моделирования применительно к различным областям знания. Одной из причин этого является повышение уровня абстрактности знаний, получаемых в процессе обучения.

Абстрактный характер теоретических построений в современных науках и появление специальных языков – это свидетельство развития познания от непосредственного контакта с окружающей человека действительностью к опосредованному ее освоению, которое совершается, в частности, с помощью методов и средств моделирования. При этом не только научное познание, но и процесс обучения базируется на использовании методов моделирования, так как любая передача знаний подразумевает их описание на том или ином языке и представление в той или иной форме. Поэтому знакомство школьника с методами компьютерного моделирования актуально для современной школы, особенно в условиях постоянно увеличивающегося объема информатики, появления новых ее носителей и средств доступа к ней.

Умение построить модель какого – либо проблемы реальной действительности, исследование этой модели и правильная интерпретация результатов являются сегодня важнейшими элементами информационной культуры.

Важность обучения моделированию вообще и математическому моделированию, в частности определяется ролью рассматриваемых задач в развитии познавательного интереса учащихся, их творческих способностей, умению обобщать знания, полученные при изучении разных предметов.

Актуальность темы исследования обусловлена снижением значимости естественных наук, и недостаточным раскрытием содержательной линии «Моделирование и формализация» в школьном курсе информатики.

Технология компьютерного математического моделирования требует от исследователя умения ставить корректно проблемы и задачи. Прогнозировать результаты исследования, выбирать аналогии и математические формулировки, решать задачи с использованием компьютерных систем, проводить анализ компьютерных экспериментов и др. При этом сам исследователь не только достигает целей исследования, но и приобретает знания, умения и навыки в большом спектре фундаментальных и прикладных наук. Таким образом, построение и использование моделей является мощными орудием познания.

Объект исследования: процесс обучения информатике в профильной школе.

Предмет исследования: особенности изучения темы «Моделирование и формализация» на примере задачи внутривидовой конкуренции «хищник–жертва».

Цель исследования: разработать факультативный курс на тему «Моделирование и формализация» на примере задачи «хищник–жертва» для учащихся старших классов профильного обучения.

Задачи исследования:

- проанализировать научную и учебно–методическую литературу по теме исследования;
- раскрыть основные понятие по теме «Моделирование и формализация» и этапы информационного моделирования;
- разработать электронное приложение по теме «Моделирование и формализация» для проведения факультатива.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка использованных источников. Во введении обоснованы актуальность проблемы исследования, сформулированы цель, объект, предмет, и задачи исследования. В заключении даны выводы и обобщения по теме.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОДЕРЖАТЕЛЬНОЙ ЛИНИИ «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ» В КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЫ

1.1 Понятие модели и их классификация

С точки зрения информатики, решение любой производственной или научной задачи описывается следующей технологической цепочкой: «реальный объект – модель – алгоритм – результаты – реальный объект». В этой цепочке очень важную роль играет звено «модель», как необходимый, обязательный этап решения задачи.

Моделирование как метод познания применялись человечеством – разумно или инстинктивно. На стенах старинных сооружений были найдены графические модели окружающего мира. Теория о моделировании появилась еще в средние века.

Процесс моделирования рассчитывает получение и обработку информации об объектах. В общем, под объектом воспринимается и понимается все то, на что направлена человеческая деятельность. Т.е. объект – это то, что воспринимаем как нечто целое, реально существующее, и обладающее определенными свойствами.

Свойством называется характерная особенность объекта, которая может быть качественно и количественно оценена исследователем. С точки зрения исследователя свойства делятся на внутреннюю, называемые параметрами объекта, и внешние, называемые факторами и представляющие собой свойств среды, влияющей на параметры исследуемого объекта или модели. Объект, с целью изучения которого проводятся исследования, называется оригиналом, а объект, исследуемым вместо оригинала для изучения определенных свойств, называется моделью.

Модель – это объект или явление, аналогичные, то есть, в достаточной степени повторяющие свойства моделируемого объекта или явления

(прототипа), существенные для целей конкретного моделирования. Модель, представляющая собой совокупность математических соотношений, называется математической [3].

Чтобы классифицировать модели и производить моделирование на основании системного подхода целесообразно сначала определиться с понятием «система», как оригинал для построения модели.

Модель создается человеком в процессе познания окружающего мира и отражает существенные с точки зрения цели проводимого исследования свойства изучаемого объекта, явления или процесса.

В учебнике за 9 класс Н.Д. Угриновича говорится: «Моделирование – это метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей» [42].

Моделирование – это, процесс создания или поиска в природе объекта, который может заменить исследуемый объект. Этот промежуточный объект называется моделью. Модель может быть материальным объектом той же или иной природы. Модель может быть мысленным объектом, воспроизводящим оригинал логическими построениями или математическими формулами и компьютерными программами. Моделирование, это испытание, исследование модели. Т.е. моделирование связано с экспериментом, отличающимся от натурального тем, что в процесс познания включается «промежуточное звено» – модель [5].

Следовательно, модель является одновременно средством эксперимента и объектом эксперимента, заменяющим изучаемый объект. Моделирование – это перенос полученных на модели сведений на оригинал или, иначе, приписывание свойств модели оригиналу. Чтобы такой перенос был оправдан, между моделью и оригиналом должно быть сходство, подобие. Подобие может быть физическим, геометрическим, структурным, функциональным и т.д. [19].

Степень подобия может быть разной – от термина во всех аспектах до сходства только в главном. Очевидно, модели не должны воспроизводить полностью все стороны изучаемых объектов. Достижение абсолютной одинаковости сводит моделирование к натурному эксперименту, о

возможности или целесообразности которого было уже сказано. Прогноз – главная цель моделирования. Прогноз – оценка поведения системы при некотором сочетании ее управляемых и неуправляемых параметров. Часто модель создается для применения в качестве средства обучения: модели–тренажеры, стенды, учения, деловые игры и т.п.

Формализация – это совокупность познавательных операций, обеспечивающая отвлечение от значения понятий и смысла выражений научной теории с целью исследования ее логических особенностей, дедуктивных и выразительных возможностей [44].

С помощью формальных языков строятся формальные информационные модели. Математика является широко используемым формальным языком. С использованием математических понятий и формул строятся математические модели. Математика включает различные формальные языки, с некоторыми из которых знакомимся в школе.

В естественных науках строятся формальные модели явлений и процессов. В большинстве случаев для этого применяется универсальный математический язык алгебраических формул.

В процессе познания окружающего мира человечество постоянно использует моделирование и формализацию. При изучении нового объекта сначала обычно строится его описательная информационная модель на естественном языке, затем она формализуется, т.е. выражается с использованием формальных языков [26].

Каждая модель создается для конкретной цели и, следовательно, уникальна. Однако наличие общих черт позволяет сгруппировать все их многообразие в отдельные классы, что облегчает их разработку и изучение. В теории рассматривается много признаков классификации и их количество не установилось. Тем не менее, наиболее актуальны следующие признаки классификации:

- характер моделируемой стороны объекта;
- характер процессов, протекающих в объекте;

– способ реализации модели.

Рассмотрим классификацию моделей и моделирования по признаку «характер моделируемой стороны объекта». В соответствии с этим признаком модели могут быть [23,32]:

- функциональными (кибернетическими);
- структурными;
- информационными.

Функциональные модели отображают только поведение, функцию моделируемого объекта. В этом случае моделируемый объект рассматривается как «черный ящик», имеющий входы и выходы. Физическая сущность объекта, природа протекающих в нем процессов, структура объекта остаются вне внимания исследователя, хотя бы потому, что неизвестны. При функциональном моделировании эксперимент состоит в наблюдении за выходом моделируемого объекта при искусственном или естественном изменении входных воздействий. По этим данным и строится модель поведения в виде некоторой математической функции. Например, компьютерная шахматная программа – функциональная модель работы человеческого мозга при игре в шахматы.

Структурное моделирование – это создание и исследование модели, структура которой (элементы и связи) подобна структуре моделируемого объекта. Как мы выяснили ранее, подобие устанавливается не вообще, а относительно цели исследования. Поэтому она может быть описана на разных уровнях рассмотрения. Наиболее общее описание структуры – это топологическое описание с помощью теории графов. Например, учение войск – структурная модель вида боевых действий.

В соответствии с классификацией моделей и моделирования по признаку «характер процессов, протекающих в объекте» модели могут быть детерминированными или статическими, динамическими, дискретными, непрерывными, дискретно–непрерывными.

Детерминированные модели отображают процессы, в которых отсутствуют случайные воздействия.

Статические модели служат для описания состояния объекта в какой-либо момент времени.

Динамические модели отображают поведение объекта во времени.

Дискретные модели отображают поведение систем с дискретными состояниями.

Непрерывные модели представляют системы с непрерывными процессами.

Дискретно–непрерывные модели строятся тогда, когда исследователя интересуют оба эти типа процессов.

Согласно признаку классификации моделей и моделирования по признаку «способ реализации модели», модели делятся на два обширных класса: – абстрактные (мысленные) модели; – материальные модели нередко в практике моделирования присутствуют смешанные, абстрактно–материальные модели.

Абстрактные модели представляют собой определенные конструкции из общепринятых знаков на бумаге или другом материальном носителе или в виде компьютерной программы. Абстрактные модели, не вдаваясь в излишнюю детализацию, можно разделить на: – символические; –математические. Символическая модель – это логический объект, замещающий реальный процесс и выражающий основные свойства его отношений с помощью определенной системы знаков или символов. Это либо слова естественного языка, либо слова соответствующего тезауруса, графики, диаграммы и т.п. Символическая модель может иметь самостоятельное значение, но, как правило, ее построение является начальным этапом любого другого моделирования. Более продуктивным представляется такой подход к классификации идеальных моделей, при котором различают следующие [14]:

1.Вербальные (текстовые) модели. Эти модели используют последовательности предложений на формализованных диалектах естественного языка для описания той или иной области действительности

(примерами такого рода моделей являются милицейский протокол, правила дорожного движения, настоящий учебник).

2. Математические модели – очень широкий класс знаковых моделей (основанных на формальных языках над конечными алфавитами), широко использующих те или иные математические методы. Например, можно рассмотреть математическую модель звезды. Эта модель будет представлять собой сложную систему уравнений, описывающих физические процессы, происходящие в недрах звезды. Математической моделью другого рода являются, например, математические соотношения, позволяющие рассчитать оптимальный (наилучший с экономической точки зрения) план работы какого-либо предприятия. Математическое моделирование – это процесс установления соответствия моделируемому объекту некоторой математической конструкции, называемой математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получить характеристики моделируемого объекта.

Математическое моделирование – главная цель и основное содержание изучаемой дисциплины [10].

Математические модели могут быть [17]:

- аналитическими;
- имитационными;
- смешанными (аналитико-имитационными).

Аналитические модели – это функциональные соотношения: системы алгебраических, дифференциальных, логических условий.

Преобразование математических моделей по известным законам и правилам можно рассматривать как эксперименты. Решение на основе аналитических моделей может быть получено в результате однократного просчета безотносительно к конкретным значениям характеристик («в общем виде»). Это наглядно и удобно для выявления закономерностей. Однако для сложных систем построить аналитическую модель, достаточно полно отражающую реальный процесс, удастся не всегда. Тем не менее, есть

процессы, например, марковские, актуальность моделирования которых аналитическими моделями доказана практикой.

Создание вычислительных машин обусловило развитие нового подкласса математических моделей – имитационных.

Имитационное моделирование предполагает представление модели в виде некоторого алгоритма – компьютерной программы, выполнение которого имитирует последовательность смены состояний в системе и таким образом представляет собой поведение моделируемой системы.

Процесс создания и испытания таких моделей называется имитационным моделированием, а сам алгоритм – имитационной моделью.

Рассмотрим, в чем заключается отличие имитационных и аналитических моделей. В случае аналитического моделирования ЭВМ является мощным калькулятором, арифмометром. Аналитическая модель решается на ЭВМ. В случае же имитационного моделирования имитационная модель – программа – реализуется на ЭВМ [16].

Имитационные модели достаточно просто учитывают влияние случайных факторов. Для аналитических моделей это серьезная проблема. При наличии случайных факторов необходимые характеристики моделируемых процессов получаются многократными прогонами (реализациями) имитационной модели и дальнейшей статистической обработкой накопленной информации. Поэтому часто имитационное моделирование процессов со случайными факторами называют статистическим моделированием.

Если исследование объекта затруднено использованием только аналитического или имитационного моделирования, то применяют смешанное (комбинированное), аналитико–имитационное моделирование. При построении таких моделей процессы функционирования объекта декомпозируются на составляющие под процессы и для которых возможно используют аналитические модели, а для остальных под процессы строят имитационные модели.

3. Информационные модели – класс знаковых моделей, описывающих информационные процессы (возникновение, передачу, преобразование и использование информации) в системах самой разнообразной природы.

Граница между вербальными, математическими и информационными моделями может быть проведена весьма условно; возможно, информационные модели следовало бы считать подклассом математических моделей. Однако, в рамках информатики как самостоятельной науки, отдельной от математики, физики, лингвистики и других наук, выделение класса информационных моделей является целесообразным. Информатика имеет самое непосредственное отношение и к математическим моделям, поскольку они являются основой применения компьютера при решении задач различной природы: математическая модель исследуемого процесса или явления на определенной стадии исследования преобразуется в компьютерную (вычислительную) модель, которая затем превращается в алгоритм и компьютерную программу.

Материальные модели основываются на чем-то объективном, существующем независимо от человеческого сознания (каких-либо телах или процессах). Материальные модели делят на физические (например, авто- и авиамодели) и аналоговые, основанные на процессах, аналогичных в каком-то отношении изучаемому (например, процессы в электрических цепях оказываются аналогичными многим механическим, химическим, биологическим и даже социальным процессам и могут быть использованы для их моделирования). Границу между физическими и аналоговыми моделями провести можно весьма приблизительно, и такая классификация моделей носит условный характер. Материальное моделирование основано на применении моделей, представляющих собой реальные технические конструкции. Это может быть сам объект или его элементы (натурное моделирование). Это может быть специальное устройство – модель, имеющая либо физическое, либо геометрическое подобие оригиналу. Это может быть устройство иной физической природы, чем оригинал, но процессы в котором описываются

аналогичными математическими соотношениями. Это так называемое аналоговое моделирование. Такая аналогия наблюдается, например, между колебаниями антенны спутниковой связи под ветровой нагрузкой и колебанием электрического тока в специально подобранной электрической цепи. Нередко создаются материально–абстрактные модели. Та часть операции, которая не поддается математическому описанию, моделируется материально, остальная – абстрактно. Таковы, например, командно–штабные учения, когда работа штабов представляет собой натурный эксперимент, а действия войск отображаются в документах.

Таким образом, в данном параграфе мы рассмотрели основные понятия и классификации модели, которые помогут нам лучше усвоить и понять материал.

1.2 Основные этапы информационного моделирования

Выделяют пять основных этапов информационного моделирования [9]:

Этап первый. Постановка задачи.

Под задачей понимается некая проблема, которую надо решить. На этапе постановки задачи необходимо:

- 1) описать задачу,
- 2) определить цели моделирования,
- 3) проанализировать объект или процесс.

Задача формулируется на обычном языке, и описание должно быть понятным. Главное здесь – определить объект моделирования и понять, что должен представлять собой результат. На этапе анализа объекта или процесса четко выделяют моделируемый объект, его основные свойства, его элементы и связи между ними. Простой пример подчиненных связей объектов – разбор предложения. Сначала выделяются главные члены (подлежащее, сказуемое), затем второстепенные члены, относящиеся к главным, затем слова, относящиеся к второстепенным, и т. д.

Этап второй. Разработка модели.

На этом этапе выясняются свойства, состояния, действия и другие характеристики элементарных объектов в любой форме: устно, в виде схем, таблиц. Формируется представление об элементарных объектах, составляющих исходный объект, т. е. информационная модель. Модели должны отражать наиболее существенные признаки, свойства, состояния и отношения объектов предметного мира. Именно они дают полную информацию об объекте. Информационная модель никогда не характеризует объект полностью. Для одного и того же объекта можно построить различные информационные модели. Выбор наиболее существенной информации при создании информационной модели и сложность этой модели обусловлены целью моделирования. Построение информационной модели является отправным пунктом этапа разработки модели. Все входные параметры объектов, выделенные при анализе, располагают в порядке убывания значимости и проводят упрощение модели в соответствии с целью моделирования. Прежде чем приступить к процессу моделирования, обычно выполняют предварительные наброски чертежей либо схем на бумаге, выводят расчетные формулы, т. е. составляют информационную модель в той или иной знаковой форме, которая может быть либо компьютерной, либо некомпьютерной.

Этап третий. Построение компьютерной модели.

Компьютерная модель – это модель, реализованная средствами программной среды.

Существует множество программных комплексов, которые позволяют проводить исследование (моделирование) информационных моделей. Каждая программная среда имеет свой инструментарий и позволяет работать с определенными видами информационных объектов.

Человек уже знает, какова будет модель, и использует компьютер для придания ей знаковой формы. Например, для построения геометрических моделей, схем используются графические среды, для словесных или табличных описаний – среда текстового редактора.

Основные функции компьютера при моделировании систем:

- исполнение роли вспомогательного средства для решения задач, решаемых и обычными вычислительными средствами, алгоритмами, технологиями;
- исполнение роли средства постановки и решения новых задач, не решаемых традиционными средствами, алгоритмами, технологиями;
- исполнение роли средства конструирования компьютерных обучающих и моделирующих сред типа: «обучаемый – компьютер – обучающий», «обучающий – компьютер – обучаемый», «обучающий – компьютер – группа обучаемых», «группа обучаемых – компьютер – обучающий», «компьютер – обучаемый – компьютер»;
- исполнение роли средства моделирования для получения новых знаний;
- «обучение» новых моделей (самообучение моделей).

Этап четвертый. Компьютерный эксперимент.

Разновидность компьютерного моделирования – вычислительный эксперимент, т. е. эксперимент, осуществляемый экспериментатором над исследуемой системой или процессом с помощью орудия эксперимента – компьютера, компьютерной среды, технологии. Вычислительный эксперимент становится новым инструментом, методом научного познания, новой технологией также из-за возрастающей необходимости перехода от исследования линейных математических моделей систем (для которых достаточно хорошо известны или разработаны методы исследования, теория) к исследованию сложных и нелинейных математических моделей систем (анализ которых гораздо сложнее). Вычислительный эксперимент позволяет находить новые закономерности, проверять гипотезы, визуализировать ход событий и т. д. Чтобы дать жизнь новым конструкторским разработкам, внедрить новые технические решения в производство или проверить новые идеи, нужен эксперимент. В недалеком прошлом такой эксперимент можно было провести либо в лабораторных условиях на специально создаваемых для него установках, либо на натуре, т. е. на настоящем образце изделия, подвергая его

всяческим испытаниям. С развитием вычислительной техники появился новый уникальный метод исследования – компьютерный эксперимент. Компьютерный эксперимент включает некоторую последовательность работы с моделью, совокупность целенаправленных действий пользователя над компьютерной моделью.

Этап пятый. Анализ результатов моделирования.

Конечная цель моделирования – принятие решения, которое должно быть выработано на основе всестороннего анализа полученных результатов. Этот этап решающий – либо вы продолжаете исследование, либо заканчиваете. Основой для выработки решения служат результаты тестирования и экспериментов. Если результаты не соответствуют целям поставленной задачи, значит, допущены ошибки на предыдущих этапах. Это может быть либо слишком упрощенное построение информационной модели, либо неудачный выбор метода или среды моделирования, либо нарушение технологических приемов при построении модели. Если такие ошибки выявлены, то требуется корректировка модели, т. е. возврат к одному из предыдущих этапов. Процесс повторяется до тех пор, пока результаты эксперимента не будут отвечать целям моделирования.

Приведем примеры по каждому этапу информационного моделирования:

По первому этапу, например:

«Что будет, если увеличить плату за электроэнергию в два раза?»

«Как изменится скорость велосипедиста через 10 секунд, если он движется прямолинейно и равноускорено с начальной скоростью 2 м/с и ускорением 0,5 м/с²?»

«В очереди стоит 3 человека. В течение следующих 5 минут подошли еще 6 человек. Далее очередь увеличивалась на 4 человека каждые 5 минут. Проследить, каково будет общее количество человек в очереди через 15, 30 и т. д. минут».

По второму этапу: Рассмотрим объект «радуга» с точки зрения художника, физика и ученика. Художник: обратит внимание на переходы между цветами.

Физик: объяснит это природное явление.

Ученик: поразится красотой и поделится впечатлениями.

Таким образом, и мы говорили об этом, один и тот же объект может иметь различные модели.

По третьему этапу:

Математическая модель представлена в виде сложных математических формул. Ее необходимо протестировать. Вы подбираете несколько вариантов исходных данных и просчитываете результат сами. Далее вводите те же данные в компьютер и получаете результат компьютерного эксперимента. Если он не совпадает вашим, то надо искать и устранять причину.

По четвертому этапу:

Если вы используете при моделировании расчетные формулы, то надо подобрать несколько вариантов исходных данных и просчитать их «вручную». Это тестовые задания. Когда модель построена, вы проводите тестирование с теми же вариантами исходных данных и сравниваете результаты моделирования с выводами, полученными расчетным путем. Если результаты совпадают, то алгоритм разработан верно, если нет – надо искать и устранять причину их расхождения. Тестовые данные могут совершенно не отражать реальную ситуацию и не нести смыслового содержания.

По пятому этапу:

Конечный этап моделирования – принятие решения. Этот этап решающий – либо вы заканчиваете исследование, либо продолжаете. Этап анализа результатов не может существовать автономно. Полученные выводы часто приводят к проведению дополнительных экспериментов или изменению модели.

Основой для принятия решения служат результаты тестирования. Если они не соответствуют целям поставленной задачи, значит, были допущены

ошибки на предыдущих этапах. Причины могут быть разными. Ошибки необходимо выявить и исправить. Процесс продолжается до тех пор, пока результаты эксперимента не станут отвечать целям моделирования.

Главное, надо всегда помнить: выявленная ошибка – тоже результат.

В данном параграфе мы не только объяснили этапы информационного моделирования, но и показали на примерах особенности структуры моделирования.

1.3 Анализ содержательной линии «Моделирование и формализация» в школьном курсе информатики

Согласно ФГОС второго поколения на изучение содержательной линии «Моделирование и формализация» отведено 8 часов, результаты данного курса должны включать:

- 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, пользоваться базами данных и справочными системами;

Таблица 1 – Анализ содержательной линии

Учебник	Содержание
1. Угринович Николай Дмитриевич «Информатика и ИКТ» 11 класс Базовый уровень. - Москва : БИНОМ. - 2013 г	Глава 2. Моделирование и формализация 2.1 Моделирование как метод познания 2.2 Системный подход в моделирование 2.3 Формы представления модели 2.4 Формализация 2.5 Основные этапы разработки и исследования моделей на компьютере 2.6 Исследование интерактивных компьютерных моделей 2.6.1 Исследование физических моделей 2.6.2 Исследование астрономических моделей 2.6.3 Исследование алгебраических моделей

Продолжение таблицы 1

Учебник	Содержание
	2.6.4 Исследование геометрических моделей (планирования) 2.6.5 Исследование геометрических моделей (стереометрия) 2.6.6 Исследование химических моделей 2.6.7 Исследование биологических моделей
2. Босова Людмила Леонидовна «Информатика и ИКТ» 9 класс. – Москва : БИНОМ. - 2012 г	Глава 2. Моделирование и формализация 2.1 Моделирование как метод познания 2.1.1 Модели и моделирование 2.1.2 Этапы построения информационной модели 2.1.3 Классификация информационных моделей 2.2 Знаковые модели 2.2.1 Словесные модели 2.2.2 Математические модели 2.2.3 Компьютерные математические модели
3.Семакин Игорь Геннадьевич «Информатика и ИКТ» 10 – 11 класс. – Москва : БИНОМ.- 2016 г	Глава 3. Информационные модели 13. Компьютерное информационное моделирование
4.Угринович Николай Дмитриевич «Информатика и информационные технологии» 10 –11 класс 2–е издание.- Москва : БИНОМ.- 2005г	Глава 5. Моделирование и формализация 5.1 Моделирование как метод познания 5.2 Формы представления моделей. Формализация 5.3 Системный подход в моделировании 5.4 Типы информационных моделей 5.4.1 Табличные модели 5.4.2 Иерархические модели 5.4.3 Сетевые модели 5.5 Основные этапы разработки и исследование моделей на компьютере 5.6 Исследование физических моделей 5.7 Исследование математических моделей 5.7.1 Приближенное исследование моделей 5.7.2 Вероятностные модели 5.8 Биологические модели развития популяций 5.9 Геоинформационные модели 5.10 Оптимизационное моделирование в экономике 5.11 Экспертные системы распознавания химических веществ 5.12 Модели логических устройств 5.13 Информационные модели управления объектами
5. Семакин Игорь Геннадьевич, Хеннер Евгений Карлович. 9 класс «информатика».- Москва : Лаборатория знаний.- 2014	Глава 2. Информационное моделирование

Окончание таблицы 1

Учебник	Содержание
6. Макарова Наталья Владимировна «информатика и ИКТ» 8–9 класс.- Москва : Академия.- 2010г	Тема 10. Классификация моделей 10.1 Виды классификации моделей 10.2 Классификация моделей по способу представления 10.3 Инструменты моделирования Тема 11. Основные этапы моделирования 11.1 Место моделирования в деятельности человека 11.2 Постановка задачи 11.3 Разработка модели 11.4 Компьютерный эксперимент 11.5 Анализ результатов моделирования

Изучение моделирования и формализации позволяет решить одну из задач курса информатики – формирование у учащихся системно–информационной картины мира, а основные понятия этой содержательной линии, такие как объект, система, системный эффект, системный анализ, модель, моделирование, формализация являются мощным аналитическим инструментарием на современном этапе развития предметного курса информатики [20,34].

В результате изучения учащиеся должны понимать сущность информационного моделирования и необходимость формализации при моделировании, а также знать основные понятия курса. Об информационных моделях организации данных и уметь объяснять связи между элементами системы, выделять основное свойство системы, отличать модель от объекта в конкретной ситуации, выбирать наиболее эффективный способ хранения, представления и обработки данных с помощью компьютерной технологии.

Далее рассмотрим методические особенности введения основных понятий.

Одно из основных понятий данной содержательной линии – объект.

По учебнику И. В. Макаровой для VIII—IX классов «объект – некоторая часть окружающего нас мира, которая может быть рассмотрена как единое

целое» [23]. Далее рассматриваются объекты–предметы, имена объектов, свойства, действия объектов и над объектами, среда обитания объектов. В соответствии с задачиком–практикумом И. Г. Семакина «объект – это то, о чем идет речь. Объектом может быть все, что угодно: дом, если мы говорим о доме, звезды, если мы смотрим на звездное небо, голод, если мы думаем о том, что проголодались» [36]. Необходимо конкретизировать это объяснение для учащихся, не сужая его по содержанию. Если учитель информатики согласен с мнением о том, что содержательная линия является связующей для всего курса информатики, то понятие объекта вполне возможно вводить в начале VII класса, аналогично тому, как в физике вводится понятие физического тела: «Объектом можно считать предмет, процесс или явление, имеющее имя и воспринимаемое нами как единое целое».

Далее следует разобрать примеры объектов – предметов (книга, человек, кошка и пр.), объектов–явлений (снег, гром, вулкан, молния и пр.), объектов–процессов (учеба, суд, выборы и пр.).

Рассмотрение явлений и процессов как сложных объектов упрощает в дальнейшем восприятие основ системологии и элементов кибернетики.

Не следует упускать возможности логического перехода к идее формализации использованием заданий типа:

«Дайте имена объектам ...

- а) выросшим на яблоне;
- б) находящимся в библиотеке;
- в) продающимся в «Детском мире»;
- г) находящимся на рабочем столе Windows».

Путем рассуждений о том, что все основные объекты, находящиеся в библиотеке, имеют имя «книга», так как обладают общими признаками (существенными свойствами), можно подойти к основному тезису формализации – возможности разделения объекта и его обозначения, ведь мы говорим не о конкретной книге, а об объекте «книга» вообще, т. е. формально о любой книге.

Естественно, необходимо в дальнейшем опираться на вводимые понятия, изучая темы, относящиеся к другим содержательным линиям. Например, можно перейти к теме «Основные устройства компьютера», активно используя схемы, или к теме «Программное обеспечение компьютера», где понятие «объект» относится к файлу, папке, документу и т.д. Все это, на наш взгляд, удачно реализовано в учебнике Н.В. Макаровой для VIII – IX классов [23].

Переход к понятию «система» может быть достаточно простым. На протяжении одного – двух лет обучения учащиеся оперируют понятием «объект» в самых разных контекстах, теперь следует связать объекты в систему. На наш взгляд, это следует делать после изучения основ алгоритмизации, где продолжается изучение формального описания действий объекта–исполнителя (также формального).

У Н.В. Макаровой переход к моделированию происходит без рассмотрения основ системологии в отличие от подхода И.Г. Семакина, в котором простые и сложные объекты анализируются как системы. "Система – это целое, состоящее из элементов, взаимосвязанных между собой" – такое объяснение дается в задачнике–практикуме И.Г.Семакина, а далее следует хорошая подборка задач, посильная для учащихся классов.

Объясняя понятие «система», можно сделать акцент на приоритет логических связей между объектами системы, тогда объяснение этого понятия может быть таким:

«Множество объектов, логически связанных между собой, образуют систему».

Акцент на логические связи не случаен, ведь задачей изучения основ системологии в курсе информатики является анализ систем различной природы, нахождение и объяснение связей между элементами систем с целью управления информационными процессами, в них протекающими, а также выделение основного свойства любой системы – возникновение «системного эффекта». Логические взаимосвязи элементов системы – это продуманная структура будущей системы. У И.Г. Семакина «структура –это определенный

способ объединения элементов, составляющих систему» [38,39]. Разная структура – разные свойства – разное назначение систем, состоящих из одинаковых элементов. Например, куча кирпичей или блоков не система, так как нет связей. Кирпичный (блочный) дом – сложный объект, можно считать системой. Элементами системы являются кирпичи или блоки. Логическую взаимосвязь (структуру) продумал архитектор. Из тех же элементов можно получить другие системы – школа, гараж и пр.

Другой пример явных логических связей объектов системы: периодическая система химических элементов структурирована наглядно в виде таблицы, но в виде целого существует только как табличная информационная модель.

Рассмотрение таких систем, как файловая, государственной власти, система образования, и других в виде структурных схем позволит заложить у учащихся основы системно–структурного взгляда на мир. Переход в дальнейшем к любой теме курса информатики вполне обоснован, так как мы изучаем системы в различных проявлениях (компьютер, системы программирования) и информационные процессы в них протекающие (представление и обработку графической, текстовой и числовой информации).

Основы системологии хорошо разработаны в учебных пособиях для начального курса информатики авторского коллектива под руководством А.В. Горячева. При переходе к базовому курсу наработанные навыки систематизации теряются, это вместо того, чтобы развивать их и перейти к профильному изучению информатики любого направления в старших классах, где эти навыки необходимы для эффективной организации учебного труда, а также для понимания объектно–ориентированной парадигмы программирования.

Прежде чем перейти к теме моделирования более широко (в рамках линии «Основы алгоритмизации» учащиеся познакомились лишь с математической моделью как одним из необходимых шагов формализации), т. е. рассмотреть теоретические основы моделирования, можно познакомить

учащихся с элементами кибернетики. В настоящее время этой теме уделено немного внимания в учебниках информатики И.Г. Семакина и Н.Д. Угриновича [35].

В учебнике И.Г. Семакина тема «Информация и управление» идет после изучения баз данных и баз знаний как мотивация к изучению темы «Основы алгоритмизации и программирования». Методисты–практики отмечают, что с элементами кибернетики лучше знакомить после изучения алгоритмизации и программирования, когда накоплено достаточно примеров взаимодействия между объектами системы. Вместе с учащимися можно проанализировать различные виды алгоритмов (линейный, разветвленный, циклический), реализованных в виде команд по управлению объектом или системой, приводящих к заранее поставленной цели, оценить ее эффективность. А предшествующее изучение темы «Основы системологии» позволит учащимся легко выделять связи (прямые и обратные) между объектами системы. Знакомство с элементами кибернетики мотивирует изучение основ моделирования и формализации, так как часто учащиеся не удовлетворены ответом на вопрос о цели моделирования как методе научного познания окружающего мира, а цель изучения этого метода как инструментария нахождения эффективного решения поставленной задачи функционирования системы, учащимся IX класса уже понятна и вполне удовлетворяет.

Обсуждение с учащимися проблемы исследования сложных объектов или систем (гроза, вулкан) приведет к пониманию сложности или полной невозможности процесса исследования непосредственно объекта. Таким образом, учащимся объясняется цель моделирования и вводится понятие модели. Разговор о моделях следует вести в режиме диалога, развивая те представления, которые уже есть у учащихся на интуитивном уровне. Определение модели может быть таким: «Модель — это упрощенное подобие реального объекта или процесса, содержащее существенное свойство данного объекта».

Чтобы определить, какие свойства будут являться существенными, необходимо провести системный анализ, т. е. определить цель моделирования для конкретного случая, структуру и внешний вид будущей модели.

Необходимо сделать акцент именно на цели моделирования, поскольку она определяет те свойства оригинала, которые должны быть воспроизведены в модели.

Если помнить, что по определению объект – это не только предмет, но и процесс или явление, то и примеры моделирования должны быть соответствующими. Умение выделять отношение «объект–модель» в конкретной ситуации может оказаться полезным в будущем.

Например, можно предложить учащимся такое задание:

«Выделите отношения «объект–модель» в следующих цепочках:

Автомобиль – фото автомобиля – детальный чертеж автомобиля.

Самолет – ураган – аэродинамическая труба, создающая аналогичные условия для полета.

Человек – сердце –кардиограмма».

Примеры должны помочь учащимся прийти к выводу, что один и тот же объект может иметь множество моделей, а разные объекты могут описываться одной моделью.

Далее подходим к основной классификации моделей: материальные и информационные модели.

Понятие информационной модели лучше объяснять по учебнику С.А. Бешенкова, Е.А. Ракитиной: «Информационная модель – это описание моделируемого объекта на одном из языков кодирования информации» [6]. Здесь очевидна связь данной линии с темами «Информация и информационные процессы» и «Представление информации».

В развитие темы информационных моделей вводится понятие формализации – из того же учебника: «Формализация – приведение существенных свойств и признаков объекта моделирования к выбранной форме».

Закрепление элементов формализации отрабатывается на примерах представления информационной модели в различных ее формах: в виде рисунка, схемы, таблицы, чертежа, формулы, словесного описания, программы и пр.

Здесь же можно ввести классификацию моделей по временному фактору: один и тот же объект можно изучать, используя как статическую, так и динамическую модель. Например: необходимые чертежи для строительства дома – это статическая информационная модель, а расчеты и графики, отражающие состояние дома через несколько лет после взаимодействия с ветрами, снегами и прочими природными явлениями, можно считать динамической информационной моделью.

Рассмотрение трех моделей организации данных позволит связать изученное в базовом курсе с дальнейшим изучением информатики в виде профильного или углубленного курса.

Данных об одном объекте (системе) накапливается со временем столько, что необходимо определить способ их хранения и представления. Существуют три модели организации данных: реляционная (табличная), иерархическая, сетевая.

Реляционная модель представляет информацию об объекте в строках и столбцах прямоугольной таблицы. Программы, позволяющие реализовать этот способ хранения и представления данных, – Excel, Access.

Иерархическая модель представляет систему в виде структурной схемы (граф, блок–схема), где объекты располагаются по уровням с фиксированными связями между уровнями.

Сетевая модель отличается от иерархической модели типом связей между уровнями – здесь они свободные. Примером сетевой модели организации данных может служить структура организации глобальной сети Интернет.

После повторения в старшем звене теоретических основ моделирования уместен переход к графам, разумеется, в объеме не более чем подборка задач в двухтомнике И. Г. Семакина. С блок–схемами учащиеся знакомы по теме

«Основы алгоритмизации и программирования» [37]. Схема моделей организации данных позволяет рассмотреть взаимосвязь моделирования и других тем курса информатики.

К представленной схеме организации данных можно возвращаться многократно, повторяя и дополняя ее. Она связывает тему математического и компьютерного моделирования с табличным представлением данных (Excel), базами данных (Access), основами системологии (модели на графах), элементами теории управления, телекоммуникациями (локальные и глобальные сети).

В ходе выполнения нашей дипломной работы мы ознакомились с методикой обучения информационному моделированию в основной школе, предложенной директором школы № 1231 г. Москвы, учителем информатики Федотовой Светланой Германовной (См. Приложение 2.). Данная методика была опробована на базе Государственного образовательного учреждения средней общеобразовательной школы № 1231 им. В.Д.Поленова с учащимися 8–9 классов. На основе анализа результатов использования данной методики, автором отмечено, что применение предложенной методики значительно упростило переход от пропедевтического курса к теоретической и практической деятельности учащихся на уроках. Усвоение учащимися теоретических знаний стало более осознанное, прочное и менее формальное. В данной методике при планировании содержания обучения авторы учитывали:

тенденции развития школьного курса информатики, заключающиеся в смещении акцента с использования технологий и программирования, к формированию умений информационного моделирования, что влечет за собой необходимость более широкого включения вопросов моделирования, изучаемых в основной школе;

возрастные особенности школьников, накопленный ими опыт, знания и умения;

основные понятия информационного моделирования являются связующим звеном всего курса информатики, а также связующим звеном

информатики с другими предметами (а в дальнейшем, с практической и профессиональной деятельностью учащихся).

Такой подход, по мнению Федотовой С.Г. позволил выделить ряд преимуществ [45]:

способствование формированию системного взгляда и целостной информационной картины мира;

приведение к более осознанному применению информационного моделирования в учебной деятельности;

развитие способностей анализа и синтеза;

развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей;

использование моделей и моделирующих программ в области естествознания, обществознания, математики.

Вывод: на основании выше изложенного материала можно сделать вывод, что курс «моделирование и формализация» на достаточно хорошем уровне раскрывается в таких учебниках, как:

- Угринович «Информатика и ИКТ» 11 класс Базовый уровень 2008г,
- Угринович «Информатика и информационные технологии» 10 –11 класс 2–е издание 2005г.

Практически не раскрываются:

- Семакин И. «Информатика и ИКТ» 10 – 11 класс 2012г.
- Семакин И. Хеннер Е. «информатика». 9 класс

Так же хочется отметить, что раскрытие темы моделирование рассматривается во многих учебниках школ.

Таким образом, появляется потребность в организации факультативного курса по моделированию.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ»

2.1 Пояснительная записка

Предлагаемый курс предназначен для учащихся, стремящихся освоить возможности моделирования и формализации. Приобретаемые в процессе обучения знания, умения и навыки позволяют работать с программами для создания моделей.

Кроме того, приобретенные знания и навыки должны стать хорошим фундаментом для дальнейшего совершенствования мастерства в области компьютерного моделирования.

Курс «Моделирования и формализации» опирается на знания и умения, сформированные при изучении базового курса информатики. В рамках раздела базового курса, посвященного компьютерному моделированию, учащиеся кратко знакомятся с методами различных моделей, а также возможностями простейшего графического представления модели.

Курс «Моделирование и формализации» для учащихся старших классов школ. Курс предназначен для учащихся, обучающихся в естественно–математическом профиле, однако может быть интересен в социально–гуманитарном профиле. Основное требование к предварительному уровню подготовки – освоение «Базового курса» по информатике.

В курсе «Моделирование и формализация» рассматриваются:

- основные вопросы создания, редактирования и хранения моделей; методы создания иллюстраций в программах для создания моделей.
- методы создания иллюстраций в программах для создания моделей.

В конце курса учащиеся смогут разрабатывать информационные, математические и компьютерные модели.

Основное внимание в курсе «моделирование и формализация» уделяется внимание разработке и созданию модели.

2.2 Тематическое планирование факультативного курса и его содержание

Таблица 2 – Тематическое планирование

№ п/п	Название темы	Количество часов
	Введение в курс «Моделирование и формализация»	
1	Тема 1. Основные понятия, классификация моделирования и формализации	2
1.1	Модель хищник жертва	
1.2	Теория Вольтера. Модель хищник – жертва.	2
2	Тема 2. Модель внутривидовой конкуренции.	
2.1	Лекция	1
2.2	Практика:	4
	Задачи по моделям внутривидовой конкуренции	
3	Тема 3. Логическая модель межвидовой конкуренции	
3.1	Лекция	1
3.2	Практика	3
	Задачи по логическим моделям межвидовой конкуренции.	
4	Тема 4. Динамика численности популяции хищника и жертвы	
4.1	Лекция	1
4.2	Практика	4
	Задачи по динамике численности популяции хищника и жертвы	
	Итоговый проект	1
	ВСЕГО	18

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

1. Введение

Тема 1. «Основные понятия, классификация моделирования и формализации»

В теме изучаются следующие вопросы:

- Моделирование как метод познания.
- Информационное моделирование.
- Классификация моделирования.

Знать: понятие моделирования, цели и задачи моделирования, классификация моделирования.

Формы: Лекция.

Методы: объяснение, беседа, устный опрос.

Средства: проектор, раздаточный материал, а также тетради.

2. Модель хищник – жертва

Тема 1 «Теория Вольтера. Модель хищник – жертва».

В этой теме изучаются следующие вопросы:

- Условия исследования.
- Характерные типы взаимодействия типов.

Знать: Основные формулы данной темы.

Формы: Теория.

Методы: объяснение, беседа, демонстрация, устный опрос, практическая работа.

Средства: проектор, тетради.

Тема 2 Модель внутривидовой конкуренции.

В этой теме изучаются следующие вопросы:

- Модель роста популяции без ограничения (неограниченный рост)
- Модель роста популяции с ограничениями (ограниченный рост)

Знать: Основные формулы данной темы.

Формы: Теория.

Методы: объяснение, беседа, практическая работа.

Средства: проектор, тетради.

Практическая работа «Модель внутривидовой конкуренции»

Ход выполнения работы:

1. Постановка задачи

1.1 Описание задачи

Известны ежегодно показатели рождаемости и смертности некоторой популяции. Рассчитайте, до какого возраста могут дожить особи одного поколения.

1.2 Цель моделирования

Цель моделирования – исследовать изменение численности поколения популяции в зависимости от времени, определить возраст до которого могут дожить особи одного поколения популяции.

Объектом моделирования является процесс ежедневного изменения количества одного поколения популяции, который зависит от рождаемости популяции и ее смертности.

1.3 Анализ моделируемого объекта

Таблица 3 – Анализ модулируемого объекта

Объект	Параметры	Вид параметров	Обозначение
Популяция	Количество особей в 1 год	Исходные данные	X
	Смертность	Исходные данные	P

2 Разработка информационной модели

2.1 Формализованное описание объекта

Очевидно, что модель данной ситуации – математическая и будет решаться математической формулой

$$x_{i+1} = x_i \cdot p / 100$$

2.2 Разработка компьютерной модели

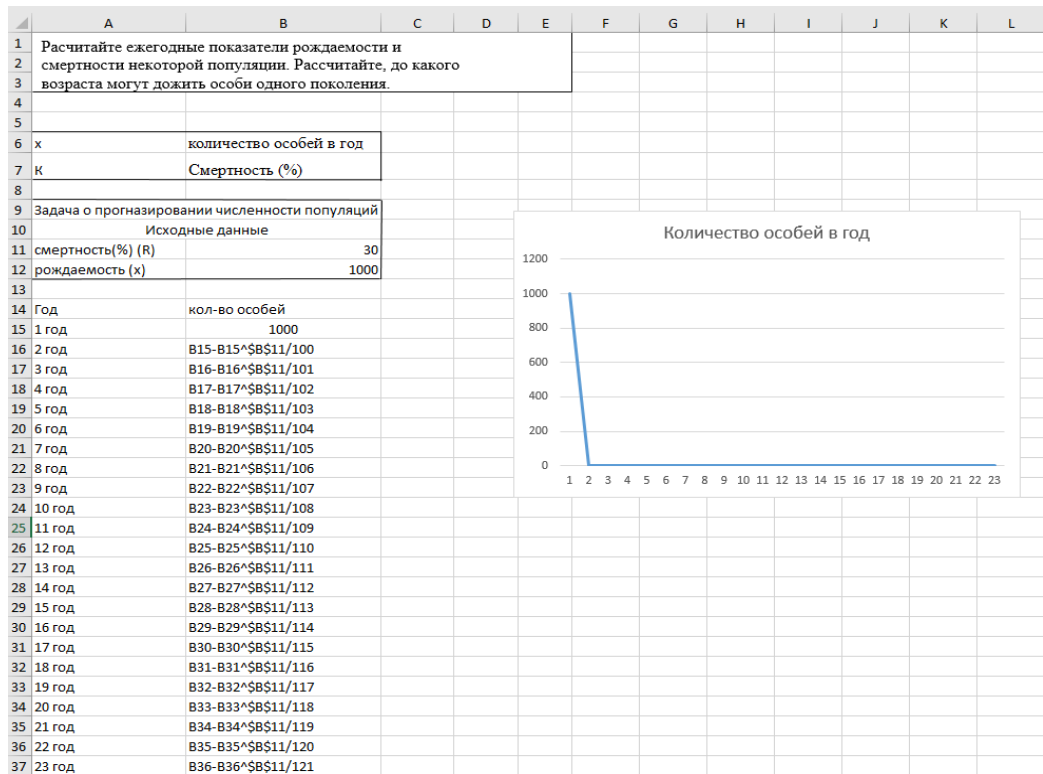


Рисунок 1– Разработка компьютерной модели

3. Компьютерный эксперимент

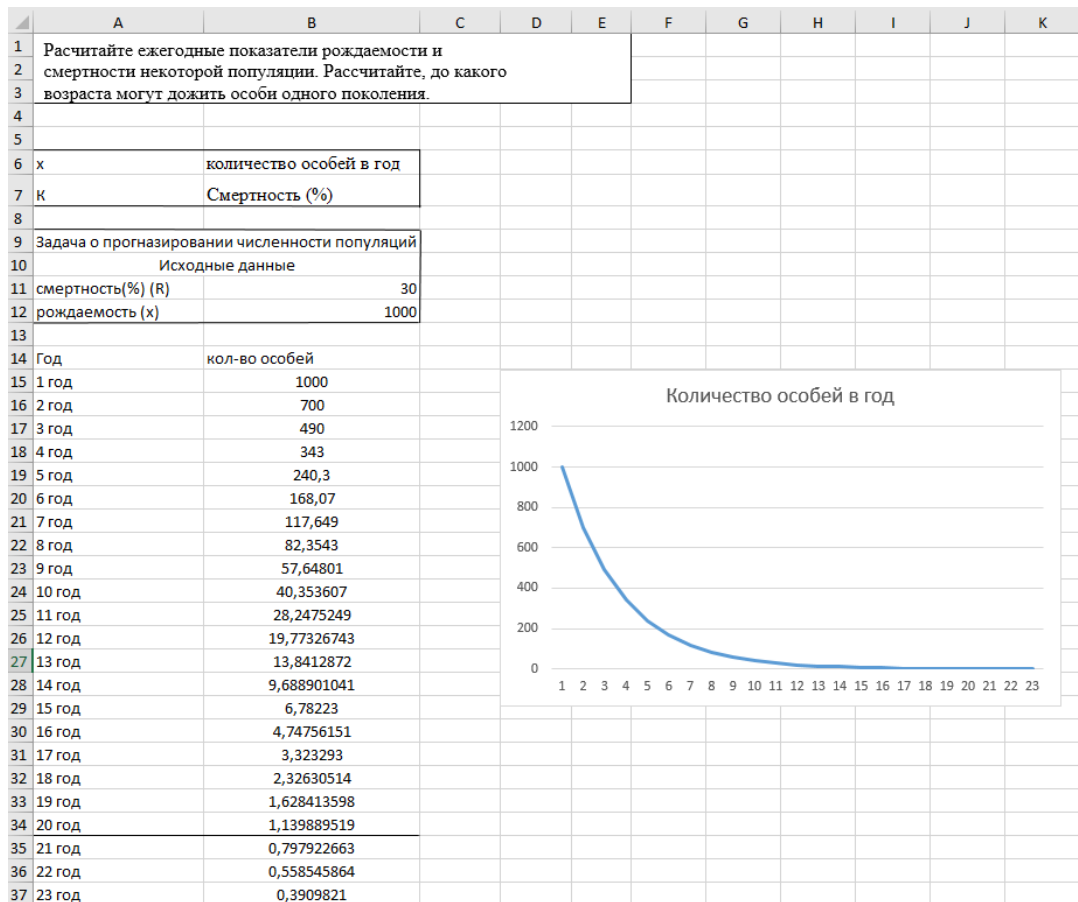


Рисунок 2 – Компьютерный эксперимент

Анализ результатов

Результаты эксперимента показывают, что особи одного поколения данной популяции могут дожить до 20 лет.

Самостоятельная работа

1. Какова должна быть рождаемость популяции, чтобы особи одного поколения доживали до 25 лет при той же скорости. (Результат: $x=500$)

2. Каков должен быть показатель смертности, чтобы при той же рождаемости ($x=1000$) особи одного поколения доживать до 35 лет (Результат $p=18$)

Задачи №2.

Рассчитать, какова будет численность популяции зайца через 1,3,5 и 10 лет при полном отсутствии волков. Отобразить изменения численности зайцев в течении данного периода графически.

Задачи №3.

Моделировалось развитие численности популяции с дискретным размножением, при котором поколения четко разнесены во времени и особи разных поколений не существуют. Численность популяции N описывалась следующим уравнением

$$N_{t+1} = \frac{N_t \cdot R}{1 + (a \cdot N_t)^b} \quad (1)$$

где R – скорость воспроизводства популяции в отсутствии внутривидовой конкуренции

N_0 – начальная численность популяции,

a и b – параметры модели,

t – время (поколение популяции).

Задача. Изучить характер эволюции популяции, описываемый рассматриваемой моделью, при значении параметра $b = 1$, в зависимости от значения параметра a .

Задача №4.

Одноклеточная амеба каждые три часа делится на две клетки. Построить модель изменения количества клеток через 3,6,9,12, ... часов. Факторы, приводящие к гибели амеб, не учитываются.

Тема 3. Логическая модель межвидовой конкуренции

В этой теме изучаются следующие вопросы:

- конкуренции потребления
- информационная конкуренция

Знать: Основные формулы данной темы.

Формы: Теория

Методы: Объяснение, беседа, демонстрация. устный опрос, практическая работа.

Средства: проектор, тетради.

Практические работы «Модель внутривидовой конкуренции»

Задача №1.

Исследуется конкуренция популяций, потребляющих общий ресурс.

Популяции с непрерывным размножением.

Математически эта модель Лотки – Вольтерры описывается парой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} N_1^{(t+1)} &= N_1^{(t)} + r_1 \cdot N_1^{(t)} \frac{K_1 - N_1^{(t)} - a_{12} \cdot N_2^{(t)}}{K_1} \cdot \Delta t \\ N_2^{(t+1)} &= N_2^{(t)} + r_2 \cdot N_2^{(t)} \frac{K_2 - N_2^{(t)} - a_{21} \cdot N_1^{(t)}}{K_2} \cdot \Delta t \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где

r_1 и r_2 – скорости роста численности популяций в соответствие конкуренции;

K_1 и K_2 – предельные значения численности популяций, при которых скорости роста становятся равными нулю (при отсутствии конкуренции);

$N_1^{(0)}$ и $N_2^{(0)}$ – начальные численности популяций;

a_{12} и a_{21} – параметры, отражающие интенсивность межвидовой конкуренции (влияние вида 2 а вид 1 и наоборот соответственно);

Δt – малый шаг по времени (можно принять, например, $\Delta t = 0,1$).

Задача 1.

Провести моделирование межвидовой конкуренции при значениях параметров:

$$N_1^{(0)}=100, N_2^{(0)}=100, \Delta t=0,1, K_1=K_2=800.$$

Цель работы: найти значения пар параметров (a_{12}, r_1) и (a_{21}, r_2) такие, чтобы получить следующие варианты развития популяций:

- 1) вид 2 развивается, а вид 1 вымирает за время 8 единиц
- 2) виды приходят к равновесию через интервал времени 3,5 единиц

Задача 2.

Определить, может ли вид 2 достичь своего максимума (800 особей) при каком – либо сочетании параметров (a_{12}, r_1) и (a_{21}, r_2) , если $a_{21} \geq 0.1$? Что для этого нужно? Можно ли такую ситуацию назвать сосуществованием или конкуренцией видов?

Тема 4. Динамика численности популяции хищника и жертвы

В этой теме изучаются следующие вопросы:

- Модель Лотки – Вольтера
- Взаимосвязь паразита с хозяином

Знать: Основные формулы данной темы

Формы: Теория

Методы: объяснение, беседа, демонстрация, устный опрос, самостоятельная работа

Средства: проектор, тетради

Практическая работа «Модель хищник – жертва»

Задача №1.

1. Постановка задачи

1.1 Описание задачи

Рассчитать, какова будет численность популяции зайца через 1,3,5 и 10 лет, если начальная численность волков составляет 20 особей и не изменяется на протяжении указанного периода. Отобразить изменения численности зайцев в течении данного периода графически

1.2 Цель моделирования

Разработать способ расчета численности популяции заяц, если начальная численность волков составляет 20 особей и не изменяется на протяжении указанного времени.

1.3 Анализ моделируемого объекта

Таблица 4 – Анализ модулируемого объекта

Объект	Параметры	Вид параметров	Обозначения
Зайцы	Начальная численность зайцев	Исходные данные	N_{30}
	Ежегодное увеличение популяции зайцев	Исходные данные	P_3
Волки	Начальная численность волков	Исходные данные	N_{B0}
	Ежегодное увеличение популяции волков	Исходные данные	P_B
	Количество зайцев, поедаемых одним волком за год	Исходные данные	R_{1B}
Система	Количество	Результат	(N_3)

2. Разработка информационной модели

2.1 Формализованное описание объекта

Очевидно, что модель данной ситуации – математическая и будет решаться математической формулой

$$N_3 = (N_{30} - N_{B0} \cdot R_{1B}) \cdot (1 + P_3)$$

2.2 Разработка компьютерной модели

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	численность волков составляет 20 особей и не изменяется на протяжении указанного времени.								
3	Отобразить изменение численности зайцев в течении данного периода графически								
4									
5									
6									
7									
8	Nzo	начальная численность зайцев							
9	Pз	ежегодное увеличение популяции зайцев							
10	Nво	начальная численность волков							
11	Pв	ежегодное увеличение популяции волков							
12	R1в	количество зайцев, поедаемых одним волком за год							
13									
14	Исходные данные								
15	Nzo	1000							
16	Pз	0,3							
17	Nво	20							
18	Pв	0							
19	R1в	14							
20	Период(лет)	Численность популяции зайцев							0,9
21	1	936							0,8
22	2	852,8							0,7
23	3	744,64							0,6
24	4	604,032							0,5
25	5	421,2416							0,4
26	6	183,61408							0,3
27	7	-125,301696							0,2
28	8	-526,8922048							0,1
29	9	-1048,959866							0
30	10	-1727,647826							
31									

Рисунок 3 – Разработка компьютерной модели

3. Компьютерный эксперимент

	A	B	C	D	E	F	G	H
2	численность волков составляет 20 особей и не изменяется на протяжении указанного времени.							
3	Отобразить изменение численности зайцев в течении данного периода графически							
4								
5								
6								
7								
8	Nzo	начальная численность зайцев						
9	Pз	ежегодное увеличение популяции зайцев						
10	Nво	начальная численность волков						
11	Pв	ежегодное увеличение популяции волков						
12	R1в	количество зайцев, поедаемых одним волком за год						
13								
14	Исходные данные							
15	Nzo	1000						
16	Pз	0,3						
17	Nво	20						
18	Pв	0						
19	R1в	14						
20	Период(лет)	Численность популяции зайцев						0,9
21	1	$(B15 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						0,8
22	2	$(B21 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						0,7
23	3	$(B22 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						0,6
24	4	$(B23 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						0,5
25	5	$(B24 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						0,4
26	6	$(B25 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						0,3
27	7	$(B26 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						0,2
28	8	$(B27 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						0,1
29	9	$(B28 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						0
30	10	$(B29 - \$B\$17 * \$B\$19) * (1 + \$B\$16)$						

Рисунок 4 – Компьютерная модель

Самостоятельная работа

4. Рассчитать, какова будет численность популяции зайца через 1,3,5 и 10 лет, если начальная численность волков составляет 15 особей и каждый год увеличивается на 2... (Результат: x=5000)

Задача №2.

Рассчитать, какова будет численность популяции зайца через 1, 3, 5 и 10 лет, если начальная численность волков составляет 20 особей и возрастает на 10% ежегодно. Отобразить изменения численности зайцев в течении данного периода графически.

Задача №3.

Рассчитать, какой должна быть начальная численность растущей популяции волков, чтобы численность зайцев была относительно стабильной (то есть равнялась приблизительно 1000) в течение первых пяти лет существования популяции. Как будет изменяться численность популяции зайца в течении следующих пяти лет? Представьте данные графически.

Задача №4.

Рассчитайте, какой должна быть начальная численность волков и пум, чтобы численность оленей относительно стабильной (т.е. равнялась примерно 2000) в течение первых пяти лет существования популяции.

Как будет изменяться численность популяции оленей в течение последующих пяти лет? Представьте все полученные данные графически.

Итоговый проект

Практические работы: Итоговый проект

1. Какое высказывания наиболее точно определяет понятие «модель»:

- 1) Точная копия оригинала
- 2) Оригинал в миниатюре
- 3) Образ оригинала с наиболее присущими свойствами
- 4) Начальный замысел будущего объекта

2. Компьютерное моделирование – это:

- 1) Процесс построения модели компьютерными средствами
- 2) Процесс исследования объекта с помощью компьютерной модели
- 3) Построение модели на экране компьютера

4) Решение конкретной задачи с помощью компьютера

3. Вербальной моделью является:

- 1) Модель автомобиля
- 2) Сборник правил дорожного движения
- 3) Формула закона всемирного тяготения
- 4) Номенклатура списков товаров на складе

4. Математической моделью является:

- 1) Модель автомобиля
- 2) Сборник правил дорожного движения
- 3) Формула закона всемирного тяготения
- 4) Номенклатура списков товаров на складе

5. Информационной моделью называется:

- 1) Модель автомобиля
- 2) Сборник правил дорожного движения
- 3) Формула закона всемирного тяготения
- 4) Номенклатура списков товаров на складе

6. К детерминированным моделям относятся

- 1) Модель случайного блуждания частицы
- 2) Модель формирования очереди
- 3) Модель свободного падения тела в среде с сопротивлением
- 4) Модель игры «орел – решка»

7. К схоластическим моделям относятся:

- 1) Модель движения тела, брошенного под углом к горизонту
- 2) Модель броуновского движения
- 3) Модель таяния кусочка льда в стакане
- 4) Модель обтекания газом крыла самолета

8. Последовательность этапов моделирования:

- 1) Цель, объект, модель, алгоритм, программа, эксперимент, анализ, уточнение
- 2) Цель, модель, объект, алгоритм, программа, эксперимент, уточнение выбора объекта

- 3) Объект, цель, модель, эксперимент, программа, анализ, тестирование
- 4) Объект, модель, цель, алгоритм, метод, программа, эксперимент

9. Индуктивное моделирование предполагает:

- 1) Гипотетическое описание модели
- 2) Решение задачи методом индукции
- 3) Решение задачи дедуктивным методом
- 4) Построение модели как частного случая глобальных законов природы

10. Дедуктивное моделирование предполагает:

- 1) Гипотетическое описание модели
- 2) Решение задачи методом индукции
- 3) Решение задачи дедуктивным методом
- 4) Построение модели как частного случая глобальных законов природы

11. Компьютерный эксперимент – это:

- 1) Решение задачи на компьютере
- 2) Исследование модели с помощью компьютерной программы
- 3) Подключение компьютера для обработки физических экспериментов
- 4) Автоматизированное управление физическим экспериментом

2.3 Методические основы преподавания по теме «Моделирование и формализация» на факультативе

Содержание обучения в условиях информационных технологий в соответствии с современными принципами обучения должно быть средством развития обучаемого. Его первым компонентом выступает система знаний.

Вторым компонентом содержания обучения выступают репродуктивные умения (как специфически предметного, так и общенаучного характера), которыми должен овладеть учащийся в процессе обучения. Здесь привлечения компьютера необходимо:

- в – первых, в ситуациях связанных с вычислениями, для сокращения затрат времени на рутинную работу (вычисления, расчеты, их проверку и

обработку);

- во – вторых, при обработке типовых умений;

Компьютер выступает объективно необходимым и независимым средством формирования ряда обще учебных умений, в частности обще логических (систематизация и классификации, анализа и синтеза), рефлексивный (умения планировать эксперимент, обработать экспериментальные данные, осуществлять сбор, упорядочение и анализ информации).

Третьим компонентом содержание обучения являются умения творческого типа, овладевая которыми обучаемый получит субъективно новое знание путем самостоятельного поиска.

Организовать обучение учащихся мы смогли с использованием электронного приложения по теме «Моделирование и формализация» в средней школе основной школы в профильном обучении.

Рассмотрим методику проведения факультативного курса.

Вариант 1. Электронное приложение используется при изучении нового материала. Учащиеся сначала опрашиваются по традиционной методике или с помощью печатных текстов. При переходе к изучению нового материала ученики садятся за компьютеры и начинают работать с фрагментами предложенным учителем (рисунок 5).

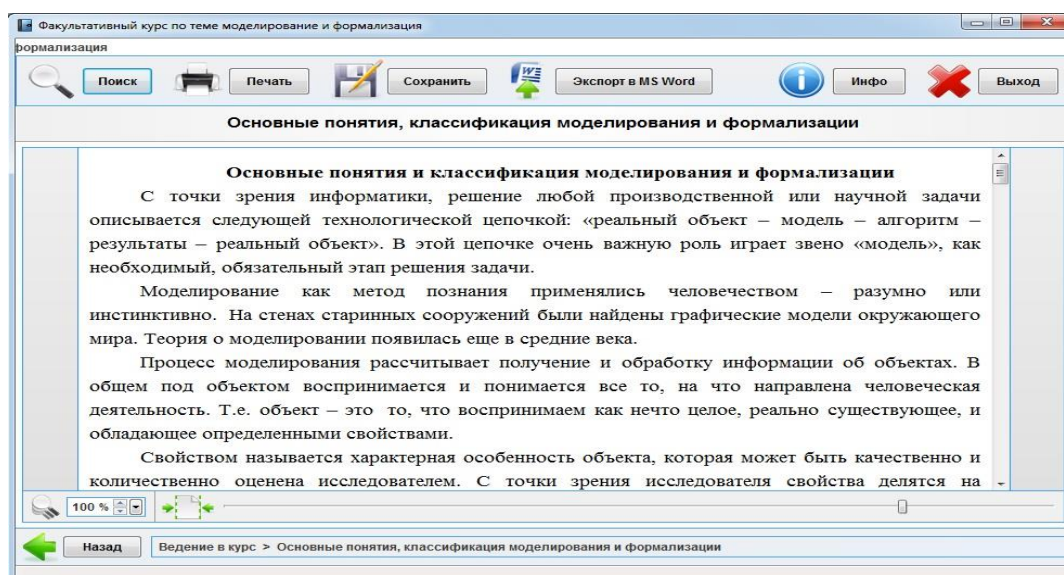


Рисунок 5 – Фрагмент вводного урока

При закреплении пройденного материала проводится устный опрос для проверки усвоения материала.

Вариант 2. Электронное приложение может использоваться на закреплении теоретического материала.

На данном уроке новый материал изучается традиционным способом (рисунок 6). И для закрепления все учащиеся под руководством учителя выполняют практическое задание по пройденному материалу в течении всего урока (рисунок 7).

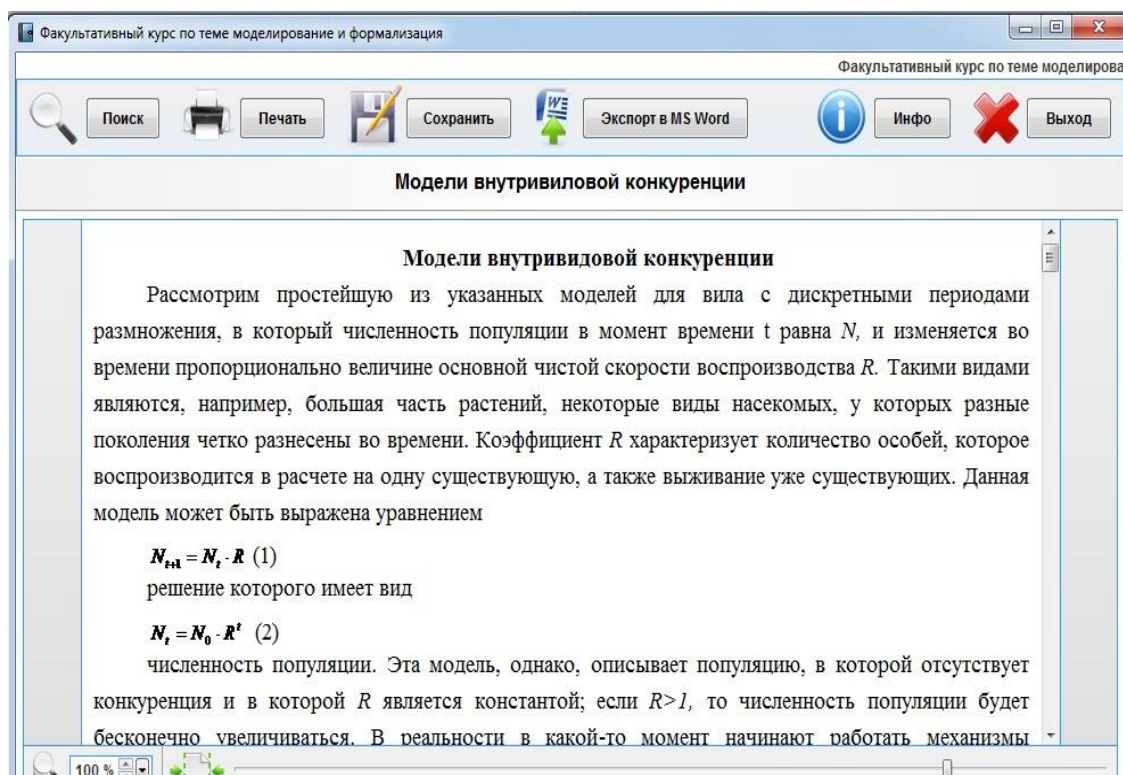


Рисунок 6 – Изучение нового материала.

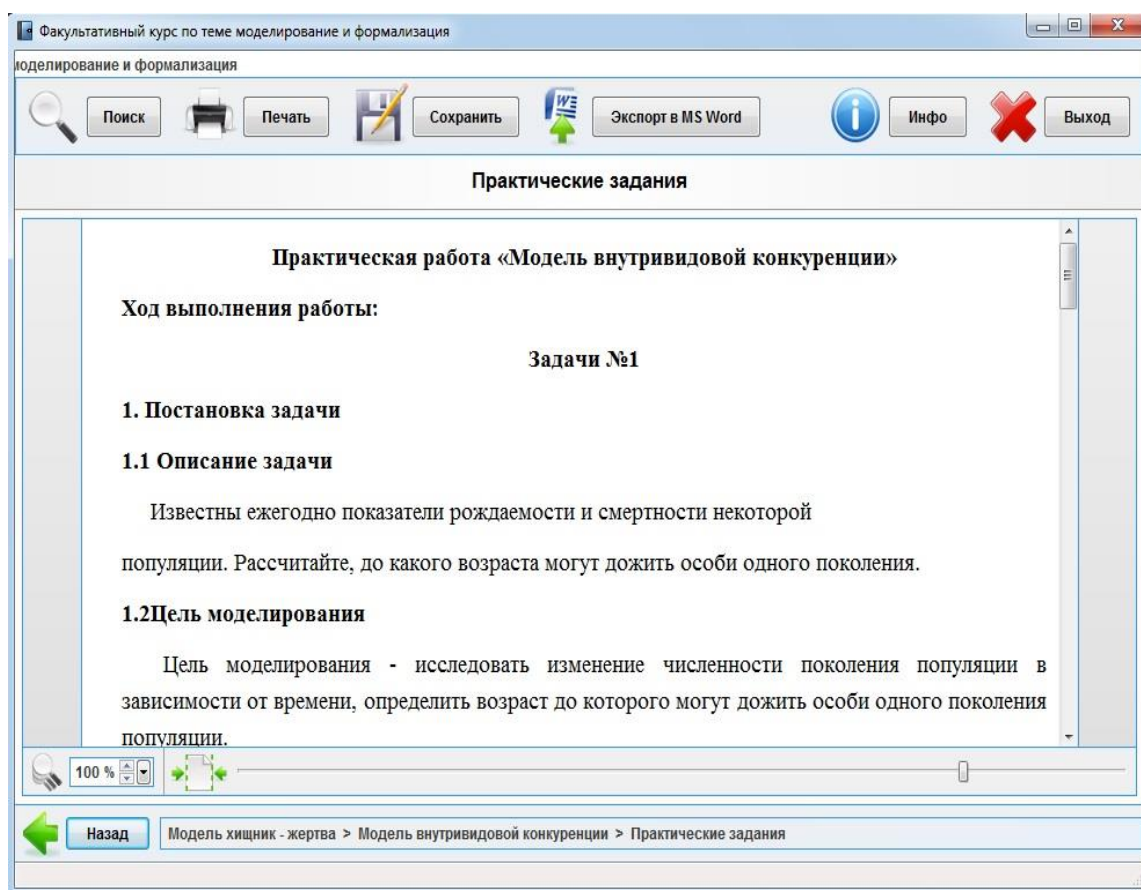


Рисунок 7 – Практическое задание.

Вариант 3. В рамках комбинированного урока, с помощью электронного приложения осуществляется повторение и обобщение изученного материала.

Такой вариант предпочтительнее для уроков итогового повторения, когда по ходу урока требуется «пролистать содержание темы, выделить основные понятия и этапы, повторить наиболее важные моменты курса». На таком уроке учащиеся должны иметь возможность сначала поработать сообща (по ходу объяснения учителя), затем в парах.

Вариант 4. Отдельные уроки могут быть посвящены самостоятельному изучению нового материала. Например, самостоятельному изучению нового материала на тему «Динамика численности популяций хищника и жертвы».

Учитель предлагает изучить самостоятельно новую тему и рассмотреть учащимся способ решения задачи по данной теме (рисунок 8,9).

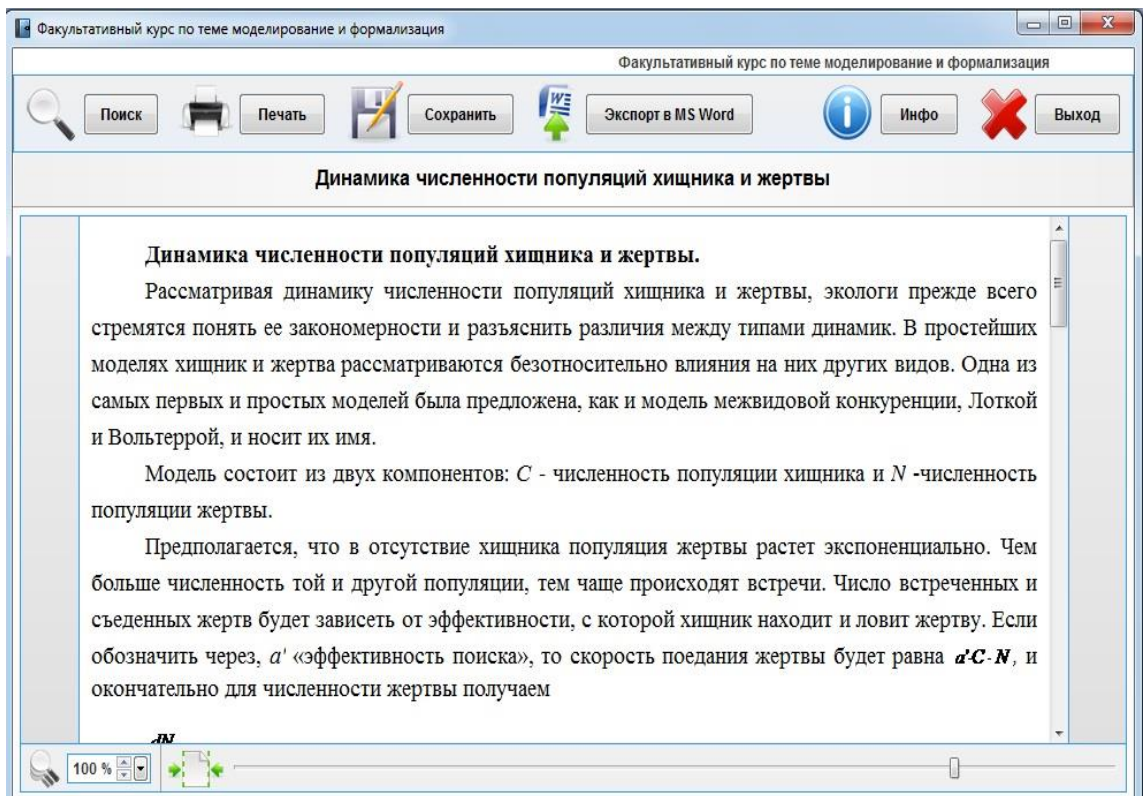


Рисунок 8 – Материал для самостоятельного изучения

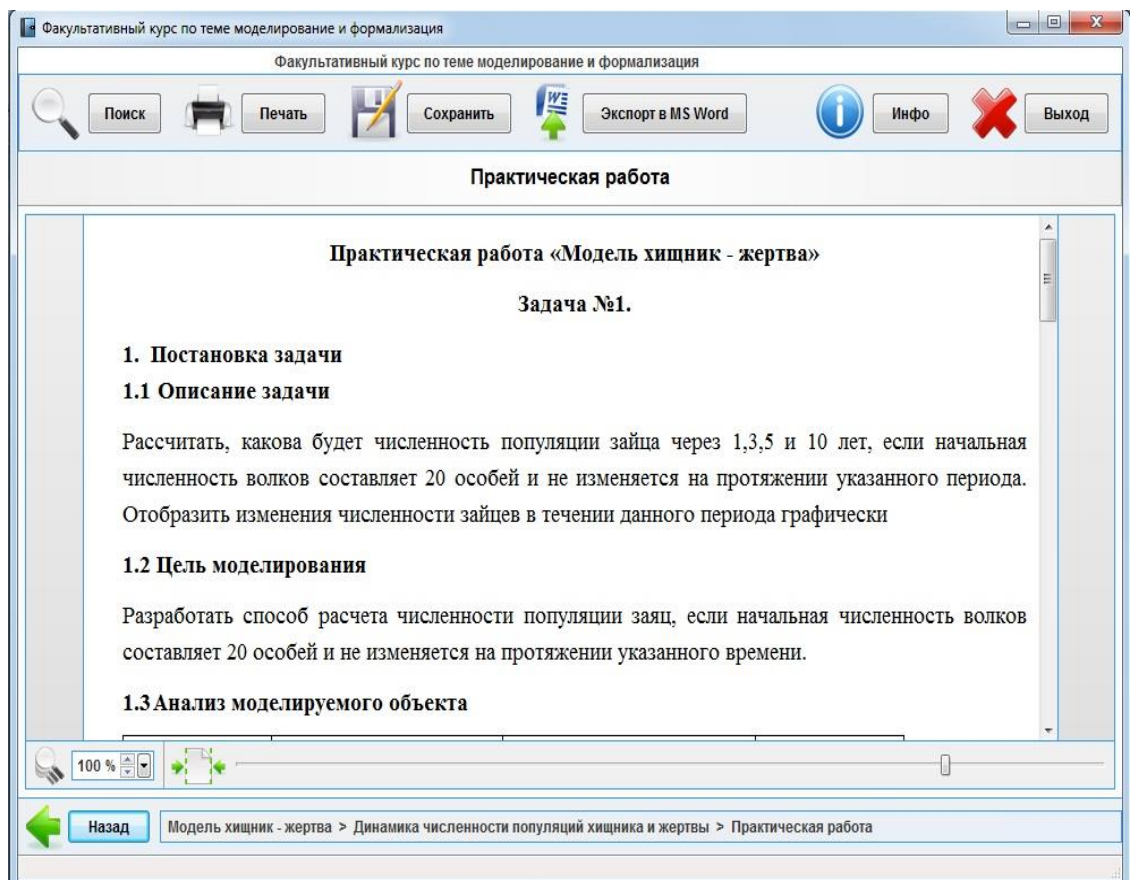


Рисунок 9 – Пример решения задач «хищник–жертва»

Вариант 5. Электронное приложение можно использовать для оценки

знаний. Для этого в конце изучения всего курса, учащимся предлагается пройти итоговый тест в электронном приложении и получить соответствующую оценку (рисунок 10).

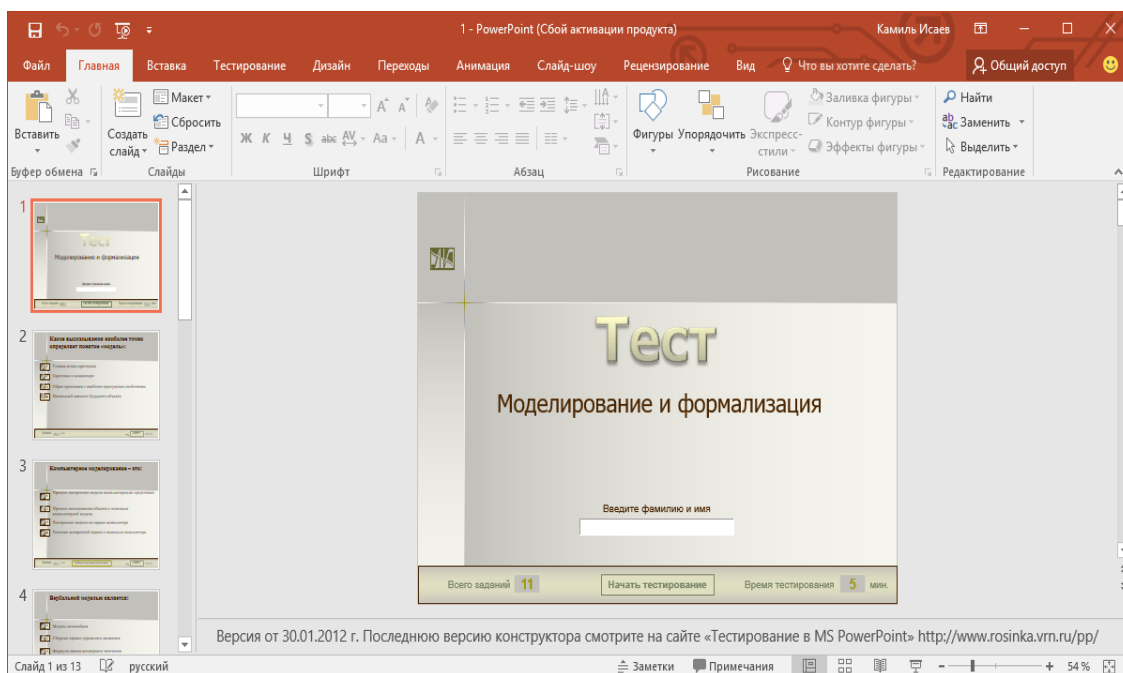


Рисунок 10 – Итоговый тест

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа была направлена на разработку факультативного курса на примере задачи «хищник – жертва» для учащихся старших классов средней школы в условия профильного обучения.

В ходе данного исследования нами были: проанализированы научная и учебно–методическая литература; рассмотрены основные понятия по теме «Моделирование и формализация»; выделены этапы информационного моделирования: постановка задачи, разработка информационной модели, построение компьютерной модели, компьютерный эксперимент, анализ результатов моделирования; рассмотрены особенности моделирования динамики популяций на примере таких типов взаимодействия, как модель внутривидовой конкуренции, логическая модель межвидовой конкуренции, модель динамики численности популяции хищника и жертвы.

Для наглядной реализации теоретической и практической части раздела компьютерного моделирования нами было разработано электронное приложение по теме «Моделирование и формализация» для проведения факультатива.

В качестве среды для реализации и исследования математических моделей предложено использовать табличный процессор MSExcel, который позволяет без изучения языка программирования выполнять расчеты по сложным формулам, включающим в себя проверку необходимых условий и реализацию различных алгоритмов, а также увеличить наглядность результатов, путем составления графиков и диаграмм.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы достигнута, поставленные задачи решены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агапова, Р. С. О трех поколениях компьютерных технологий обучения в школе / Р.С. Агапов // Информатика и образование. – 2014. – №2.
2. Алексеев, В.В. Физическое и математическое моделирование / В.В. Алексеев. – Санкт–Петербург : Питер, 1992.
3. Басова, Л.Л. Информатика и ИКТ: учебник для 9 класса / Л.Л. Басова. –Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
4. Басова, Л.Л. Информатика. Методические пособия / Л.Л. Басова, А.Ю. Басова. –Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.
5. Бесплатное дистанционное обучение в Национальном Открытом Университете «ИНТУИТ» [Электронный ресурс] – Режим доступа:<http://www.intuit.ru/>
6. Бешенков, С. А. Моделирование и формализация / С.А. Бешенков, Ракитина Е. А. –Москва: Лаборатория базовых знаний, 2014.
7. Бешенков, С. А. Непрерывный курс информатики / С. А. Бешенков, Е. А. Ракитина. –Москва: Бином, 2015.
8. Бешенков, С.А. Еще раз о формализации и моделировании в курсе информатики / С.А.Бешенков // Информатика и образование. – 2015. – №5.
9. Бирюков, Б. В. Моделирование / Б.В. Бирюков, Ю.А. Гастев, Е.С. Геллер. –Москва: БСЭ, 1994.
10. Бояринов, В.Г. Математическое моделирование в школьном курсе информатики / В.Г. Бояринов // Информатика и образование. – 2011. – №7.
11. Водовозов, В.М. Информационная подготовка в среде визуальных объектов / В.М Водовозов // Информатика и образование. – 2000. – №4.
12. Гейн, А. Т. Информатика. 11 класс / А. Т. Гейн. –Москва: Просвещение. – 2014.
13. Гейн, А.Г. Информатика. Методические рекомендации / А.Г. Гейн. – Москва:Просвещение, 2013.

14. Гейн, А.Г. Информатика. 7–9 класс: Учебник для общеобразовательных учреждений. / А.Г. Гейн, А.И. Сенокосов, В.Ф. Шолохович. –Москва: Дрофа, 2005.
15. Гультаев, А.Г. Визуальное моделирование / А.Г. Гультаев. – Санкт – Петербург: Питер, 2000.
16. Ефимова, О.Н. Курс компьютерной технологии с основами информатики. Учебное пособие для старших классов / О.Н. Ефимова, В.С. Морозов, Н.Г. Угринович. –Москва:АВФ, 1999.
17. Красовский, Н.Н. Моделирование – математика, информатика, логика – в школе / Н.Н. Красовский, Т.Н. Решетов // Информатика и образование. – 1997. – №2.
18. Кузнецов, А. А. Методика обучения информационному моделированию в основной школе / А. А. Кузнецов, Л. Е. Самовольнова. – Москва: Бином, 2015.
19. Кушниренко, А. Г. Информатика. 7–9 класс / А. Г. Кушниренко, Г. В. Лебедева, Я. Н. Зайдельман. –Москва: Дрофа, 2013.
20. Лапчик, М. П. Методика преподавания информатики / М. П. Лапчик. – Москва: Академия, 2016.
21. Лыскова, В.Ю. Учебные задачи в курсе информатики / В.Ю. Лыскова, У.Ф. Ракитина //Информатика и образование. – 1998. –№4.
22. Макарова, Н. В. Информатика: 9 класс / Н.В. Макарова. – Санкт – Петербург: Питер, 2001.
23. Макарова, Н.В. Информатика и ИКТ: учебник для 8 – 9 класса / Н.В. Макарова. – Питер, 2014.
24. Методика преподавания информатики / М.П. Лапчик, И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер, М.И. Рагулинга.– Москва: Академия, 2001.
25. Могилев, А.В. О понятии «Информационное моделирование» / А.В. Могилев // Информатика и образование. – 1998.–№8.
26. Мясникова, О.К. Моделирование и формализация / О.К. Мясникова// Информатика и образование. – 2011. – №9.

27. Николаев, А.С. Информатика. 9 класс. Поурочные планы по учебнику Н.Д. Угриновича / А.С. Николаев. – Волгоград: Учитель, 2013.
28. Олзоева, С.И. Моделирование и расчёт распределённых информационных систем / С.И. Олзоева. – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2004.
29. Островская, Е.М. Моделирование на компьютере / Е.М. Островская // Информатика и образование. – 1999. – №1.
30. Островская, Е.М. Моделирование на компьютере / Е.М. Островская. // Информатика и образование. – 1998. – №7.
31. Петросян, В.Г. Методы решения физических задач на компьютере / В.Г. Петросян, И.Р. Перепеча, Л.В. Петросян // Информатика и образование. – 1996. – № 5.
32. Пономарева, Е.А. Урок по изучению понятия модели / Е.А. Пономарева // Информатика и образование. – 1999. – №6.
33. Розов, Н.Х. Компьютер и учебный процесс / Н.Х. Розов // Информатика. – 2012. – №7.
34. Селиванов, В.Л. Организация учебно – исследовательской работы студентов и школьников по информатике. / В.Л. Селиванов, А.П. Гришаева, Э.Т. Селиванова. – Новосибирск: Перо, 2011.
35. Семакин, И. Г Информатика и информационные технологии. 10 – 11 класс / И. Г. Семакин, Н. Д. Угринович. – Москва: Бином, 2011.
36. Семакин, И. Г. Информатика. Задачник–практикум. 7 класс / И. Г. Семакин, Е. К. Хеннер. – Москва: Лаборатория базовых знаний, 2014.
37. Семакин, И.Г. Информатика и ИКТ: учебник для 10 – 11 класса / И.Г. Семакин, И.Н. Бежина. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016.
38. Семакин, И.Г. Информатика: учебник для 11 класса / И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер, Т.Ю. Шеина. – Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2015.
39. Семакин, И. Г. Информатика. 9 класс / И. Г. Семакин, Е. К. Хеннер. – Москва: Лаборатория базовых знаний, 2015.
40. Смолянинов, А.А. Первые уроки по теме «Моделирование». / А.А. Смолянинов // Информатика и образование. – 1998. – №8.

41. Смолянинов, А.А. Элементы математической статистики в теме «Моделирование» / А.А. Смолянинов // Информатика. – 2000. – №44.
42. Угринович, Н.Д. Информатика: учебник для 11 класса / Н.Д. Угринович. – Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2013.
43. Угринович, Н.Д. Информатика. Программа для основной школы. ФГОС / Н.Д. Угринович, М.С. Цветкова, Н.Н. Самылкина. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016.
44. Угринович, Н.Д. Информатика и ИКТ. 10–11 класс / Н.Д. Угринович. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.
45. Федотова, С.Г. Курс лекций по информатике. Учебное пособие / С.Г. Федотова. – Москва: Форум, 2016
46. Формализация и моделирование. / В.А. Бешенков, В.Ю. Лыскова, Н.В. Матвеева, Е.А. Ракитина. – Москва: АСВ, 2011.
47. Фридланд, А.Я. Информатика: процессы, системы, ресурсы / А.Я. Фридланд. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
48. Хеннер, Е.К. Курс «Математическое моделирование» / Е.К. Хеннер, А.П. Шестаков // Информатика и образование. – 1996. – №4.