

О. С. Маркович, В. Л. Усольцев,

Волгоградский государственный социально-педагогический университет

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ» ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ПРОФИЛЮ «ИНФОРМАТИКА»

Аннотация

В статье рассматриваются особенности построения курса «Компьютерное моделирование» при подготовке бакалавров по направлению «Педагогическое образование» (профиль «Информатика»). Описывается содержание разделов учебного курса, приводятся структура лабораторного практикума и пример предметно-ориентированного кейса. Приводятся результаты практической апробации учебного курса в Волгоградском государственном социально-педагогическом университете.

Ключевые слова: подготовка учителя информатики, компьютерное моделирование, аналитическое моделирование, имитационное моделирование, моделирование динамических систем, предметно-ориентированный кейс.

Дисциплина «Компьютерное моделирование» занимает одно из центральных мест в подготовке учителя информатики. Развитие технологий компьютерного моделирования, расширение сфер его применения позволяют говорить о том, что для учителя информатики необходимо иметь представление о роли моделирования в науке и практике, а также владеть основными приемами моделирования с использованием компьютерной техники.

Применяя компьютерное моделирование в профессиональной деятельности, учитель получает дополнительные возможности при изложении своего предмета. Построение моделей и проведение модельных экспериментов вырабатывают у обучающихся более глубокое понимание законов протекания процессов. Оно также способствует углублению и расширению знаний в конкретной предметной области, развитию познавательной активности обучающихся [4].

Анализ различных подходов к подготовке учителя информатики в области компьютерного моделирования [2, 4, 7, 13, 16] позволяет выделить **основные вопросы, формирующие ядро курса:**

- рассмотрение основных понятий теории моделирования и различных подходов к классификации моделей и видов моделирования;
- изучение различных видов моделей и связей моделирования и системного подхода;
- изучение инструментальных программных средств моделирования;
- рассмотрение основ моделирования стохастических систем и имитационного моделирования.

Учитывая вышесказанное, в содержание курса «Компьютерное моделирование», реализуемого в Волгоградском государственном социально-педагогическом университете, нами были включены следующие направления:

- математическое моделирование;

Контактная информация

Маркович Ольга Сергеевна, ст. преподаватель кафедры информатики и методики преподавания информатики Волгоградского государственного социально-педагогического университета; *адрес:* 400066, г. Волгоград, пр-т им. В. И. Ленина, д. 27; *телефон:* (8442) 94-76-45; *e-mail:* omarkovich@yandex.ru

Усольцев Вадим Леонидович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры информатики и методики преподавания информатики Волгоградского государственного социально-педагогического университета; *адрес:* 400066, г. Волгоград, пр-т им. В. И. Ленина, д. 27; *телефон:* (8442) 94-76-45; *e-mail:* usl2004@mail.ru

O. S. Markovich, V. L. Usol'tsev,
Volgograd State Socio-Pedagogical University

STRUCTURE AND CONTENT OF THE COURSE "COMPUTER MODELING" IN THE TRAINING OF BACHELORS OF EDUCATION BY PROFILE "INFORMATICS"

Abstract

The article shows the features of the course "Computer modeling" in the training of bachelors in the direction of "Pedagogical education" ("Informatics" profile). There is described the content of the sections of the training course, represented the structure of the laboratory workshop and an example of the subject-oriented case. There is represented the information regarding the practical approbation of the course in the Volgograd State Socio-Pedagogical University.

Keywords: training of informatics teachers, computer modeling, analytical modeling, simulation modeling, modeling of dynamic systems, subject-oriented case.

- моделирование стохастических систем;
- имитационное моделирование;
- моделирование динамических систем, хаос и самоорганизация.

Рассмотрим содержательные аспекты реализации данных направлений курса компьютерного моделирования.

Математическое моделирование.

В начальной части курса рассматриваются *основные теоретические положения компьютерного моделирования*. Прежде всего, это определение таких основных понятий, как «модель» и «моделирование» (см., например, [13, 15]).

Далее в курсе рассматриваются основные подходы, используемые в моделировании и классификация абстрактных моделей:

- *вербальные (текстовые) модели;*
- *математические модели;*
- *информационные модели* [13].

Кроме того, здесь целесообразно обратить внимание на различные трактовки термина «компьютерное моделирование». Например, А. Л. Королев под компьютерным моделированием понимает построение модели, которая представляет собой некоторый программный комплекс, алгоритмически описывающий развитие процесса или поведение объекта [4]. Р. Ф. Маликов рассматривает компьютерное моделирование как применение компьютерных технологий решения математических моделей на ЭВМ [9]. Л. А. Бахвалов определяет компьютерное моделирование как метод решения задачи анализа или синтеза сложной системы на основе использования ее компьютерной модели [3].

При рассмотрении видов моделей нам кажется необходимым четко определить позицию имитационных моделей в приведенной выше классификации. Несмотря на то что имитационные модели имеют серьезное математическое наполнение, они, как нам кажется, занимают промежуточное положение между математическими и информационными моделями. В случае, когда имитация используется при моделировании сложных систем, полное описание моделируемой системы невозможно чисто математическими средствами. При этом основой имитационной модели является алгоритм, который в данном контексте есть понятие более информационное, нежели математическое. Таким образом, с нашей точки зрения, имитационные модели не являются чисто математическими. Тем не менее математика в имитационном моделировании играет настолько большую роль, что это не позволяет отнести эти модели и к чисто информационным.

Кроме того, нам представляется целесообразным особо выделить в составе математического моделирования *аналитическое*, понимая под аналитической моделью совокупность математических формул и/или логических условий, описывающих связи между параметрами модели [17].

Следующая часть курса направлена на *рассмотрение этапов математического моделирования*:

- постановка задачи;
- определение целей моделирования (понимание, управление, прогнозирование);

- формализация (определение параметров модели);
- поиск математического описания модели;
- построение математической модели;
- исследование (решение) модели.

Понятие «*решение модели*» является одним из центральных в аналитическом моделировании. Этот термин можно понимать в двух смыслах: как результат моделирования и как процесс нахождения этого результата. Данное понятие используется в большинстве курсов моделирования, однако определения этого термина в них не дается, что приводит к недостаточному пониманию студентами сущности аналитического моделирования и затруднениям при работе с моделью. Поэтому нам кажется целесообразным определить данное понятие (тракуемое как результат моделирования) явным образом.

Опишем подход к определению понятия «решение модели».

В большинстве случаев при построении аналитической модели в результате получаются соотношения, задающие *явные* взаимосвязи между входными и выходными параметрами. В общем случае такие взаимосвязи можно представить в виде:

$$\begin{aligned} F_1(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_k), \dots, \\ F_m(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_k), \end{aligned} \quad (1)$$

где символы $F_1, \dots, F_m$ условно обозначают различные математические соотношения, связывающие между собой входные и выходные параметры модели.

Основная часть зависимостей $F_1, \dots, F_m$ обычно является уравнениями разного рода (алгебраическими, дифференциальными, интегральными и т. п.). Построенная в виде (1) модель чаще всего непригодна для прямого применения, поскольку для такого применения нужны *явные* зависимости результатов моделирования $y_1, y_2, \dots, y_k$ от данных величин $x_1, x_2, \dots, x_n$. Поэтому если аналитическая модель построена в виде (1), то ее необходимо *решить*, т. е. найти *явные* зависимости выходных параметров от входных:

$$\begin{cases} y_1 = \Phi_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ y_2 = \Phi_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \dots \\ y_k = \Phi_k(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{cases} \quad (2)$$

Совокупность вида (2) явных зависимостей выходных параметров от входных будем называть *решением модели*.

Поясним сказанное выше на примере модели процесса радиоактивного распада. Результатом моделирования (выходным параметром модели) в этом случае служит зависимость массы радиоактивного вещества от времени: $m(t)$. Входными параметрами модели служат коэффициент радиоактивного распада k и масса m_0 (в начальный момент времени).

При построении модели в этом случае как раз и получается модель вида (1), в которой связи между входными и выходными параметрами имеют неявный характер:

$$\frac{dm}{dt} = -km, \quad m(0) = m_0.$$

Другими словами, определенные взаимосвязи между параметрами модели получены, но неясно, как $m(t)$ явно выражается через k и m_0 . Между тем именно явная зависимость $m(t)$ от входных параметров дает то, что требуется для дальнейшего применения модели, т. е. полное описание моделируемого процесса. Таким образом, построить модель в данном случае недостаточно, нужно ее еще и *решить*. В нашем случае решение модели процесса радиоактивного распада, полученное аналитическим путем, имеет вид явной зависимости: $m(t) = m_0 e^{-kt}$.

Важно также рассмотреть *основные методы решения (исследования) аналитических моделей*. Ими являются:

- аналитический (при котором решение модели находится цепочкой преобразований формул);
- численный (основанный на использовании численных методов);
- качественный (при котором, не имея возможности получить решение модели в целом, ищут хотя бы некоторые свойства этого решения) [17].

При этом уделяется внимание вопросам достоверности численных моделей.

Далее *рассматриваются примеры задач компьютерного моделирования из различных областей знания (физики, экологии, экономики), приводятся различные подходы к классификации математических моделей*.

Особое место в курсе моделирования, с нашей точки зрения, занимает системный подход, так как, с одной стороны, данный подход составляет методологическую основу моделирования, а с другой — моделирование является важнейшим инструментальным средством изучения объектов как систем [4, 15]. *Обсуждение системного подхода в моделировании* начинается с рассмотрения основных понятий (система, процедура определения системы, элемент системы, системообразующий фактор, подсистема, структура системы, состояние системы, поведение системы) и основных принципов (целостность, эмерджентность, структурность, иерархичность, целеполагание) теории систем и системного анализа. Далее приводятся различные подходы к классификации систем. Отмечается, что при системном подходе для моделирования системы необходимо сначала определить систему, а затем разработать модель системы и модель ее взаимодействия с внешней средой. При построении же модели объекта с системных позиций требуется провести его системный анализ (из каких элементов и подсистем состоит объект, как эти элементы взаимодействуют между собой, как происходит взаимодействие объекта и окружающей среды) [4].

Моделирование стохастических систем (статистическое моделирование).

Данная часть курса направлена на рассмотрение особенностей моделирования стохастических систем. Прежде всего, важно напомнить такое понятие, как «случайная величина» (дискретная и непрерывная), а также основные законы распределения и характеристики случайных величин.

Далее рассматривается один из основных инструментов изучения стохастических систем — метод статистических испытаний (метод Монте-Карло).

Затем обсуждаются моделирование базового распределения случайных чисел, моделирование случайных испытаний, а также основные подходы к моделированию дискретных и непрерывных случайных величин.

Имитационное моделирование.

Данная часть курса посвящена подробному рассмотрению указанного вида моделирования. Оно начинается с *обсуждения основных подходов, используемых в имитационном моделировании* (см., например, [9]). Рассматриваются четыре подхода:

- моделирование динамических систем;
- дискретно-событийное моделирование;
- агентное моделирование;
- системная динамика Форрестера.

Далее *проводятся классификация и обзор основных программных пакетов имитационного моделирования* [8, 9, 12].

Следующая часть курса направлена на *формирование такого важного для имитационного моделирования понятия, как «модельное время»*. Рассматриваются два способа формирования модельного времени:

- пошаговый (при котором время изменяется с постоянным шагом);
- пособытийный (при котором интервалы времени определяются происходящими в системе событиями) [1, 6, 17].

Далее *обсуждаются основные этапы имитационного моделирования* (см., например, [6, 17]):

- 1) формулировка проблемы и определение целей моделирования;
- 2) разработка концептуальной модели;
- 3) формализация модели;
- 4) программная реализация имитационной модели;
- 5) верификация имитационной модели;
- 6) планирование и проведение имитационных экспериментов;
- 7) анализ результатов моделирования.

В заключение в разделе *рассматривается моделирование систем массового обслуживания*.

Моделирование динамических систем, хаос и самоорганизация.

Раздел посвящен моделированию динамических систем на основе их фазового описания. Под динамической системой обычно понимается объект, для которого однозначно определено понятие состояния (как совокупности некоторых величин в данный момент времени) и задан закон, описывающий эволюцию объекта начиная от некоторого начального состояния [18]. Однако при этом чаще всего предполагается непрерывность хода времени в рассматриваемой системе, что, с нашей точки зрения, приводит к сужению понятия динамической системы. Поэтому в нашем курсе в это понятие включаются и системы с дискретным временем.

Введение данного раздела в курс моделирования представляется нам целесообразным, поскольку

позволяет обеспечить целостное представление о динамических моделях и современных проблемах моделирования. Хотя в первом разделе курса уже затрагиваются модели динамических систем, там они выступают как инструмент формирования базовых понятий моделирования и освоения основных действий с моделями. Целью же рассматриваемого раздела является формирование представления об общих принципах описания систем вне зависимости от их природы, т. е. о роли моделирования как универсального метода познания. Кроме того, по нашему мнению, учебный курс должен отражать наиболее актуальные тенденции в соответствующей области науки, а поскольку теория (нелинейных) динамических систем является одним из важнейших разделов современного моделирования (см., например, [5, 18, 19]), то она должна быть представлена в составе дисциплины «Компьютерное моделирование». Важным представляется также рассмотрение в рамках курса таких фундаментальных общенаучных понятий, как «хаос» и «самоорганизация», а также взаимосвязей между ними.

Изложение материала раздела начинается с *уточнения понятия динамической системы и рассмотрения фазового описания динамических систем*, включающего понятия фазовой точки, фазового пространства, фазовой траектории, фазового портрета системы. Приводятся примеры динамических систем, и проводится анализ их фазовых портретов. Здесь последовательно рассматриваются гармонический осциллятор, нелинейный осциллятор, маятник с затуханием, осциллятор ван дер Поля. Эти примеры позволяют ввести такие важные для динамических систем понятия, как «точка равновесия» (особая точка) и «притягивающее множество» (аттрактор), а также классифицировать динамические системы по видам их аттракторов. Кроме того, решается задача формирования у студентов умения по фазовой траектории анализировать и описывать поведение системы.

Далее *формируется представление о качественном исследовании поведения динамических систем в зависимости от их внешних управляющих параметров*. При этом обращается внимание на понятие бифуркации.

Заключительная часть курса посвящена *обсуждению явлений хаоса и самоорганизации в нелинейных динамических системах*. Изложение здесь в основном базируется на книге [18]. Рассматриваются причины возникновения хаотического поведения системы, и подчеркивается, что такое поведение может не являться ни следствием случайного воздействия, ни следствием бесконечного числа степеней свободы системы. На этой основе динамический (детерминированный) хаос отделяется от стохастического. Отмечается, что причина появления хаотических режимов в детерминированных системах лежит в нелинейной природе динамической системы и в свойстве ее неустойчивости, проявляющемся в быстром экспоненциальном разбегании первоначально близких фазовых траекторий. Указывается, что хаосу трудно дать математически строгое определение, но можно выделить характерные признаки этого явления, в частности, фрактальный характер

фазовой траектории системы. Это иллюстрируется конвективной моделью Лоренца, в которой возникает фрактальный (так называемый «странный») аттрактор.

Далее отмечается, что если нелинейная система достаточно сложна, то она в своей эволюции обязательно проходит через чередующиеся этапы устойчивого и хаотического развития. Тем самым мотивируется рассмотрение явления самоорганизации — фундаментального процесса, состоящего в возникновении определенной структуры в системе, первоначально находящейся в хаотическом состоянии. Приводятся примеры этого явления, а также обсуждаются условия его возникновения.

В заключение обращается внимание на то, что чередование хаоса и самоорганизации, о котором уже говорилось, закономерно для сложных нелинейных систем, т. е. этапы хаотического развития неизбежны. Таким образом, изучение математических моделей хаоса учит относиться к нему не как к катастрофе, а как к естественному природному явлению. Кроме того, сценарии перехода от порядка к хаосу и обратно поддаются классификации. Тем самым все многообразие процессов в природе и обществе распадается на небольшое число качественно подобных.

Важным аспектом успешной реализации представленного выше курса «Компьютерное моделирование» является **выбор средств обучения**, к которым можно отнести как средства технологической поддержки (программные средства компьютерного моделирования), так и методические средства — комплекты кейс-заданий и связанных с ними ситуационных задач.

По нашему мнению, выбор программных средств компьютерного моделирования должен учитывать необходимость формирования у студентов системных представлений о программном инструментарии моделирования [11]. Понятно, что в первую очередь эти представления формирует тот комплекс программ, который используется на лабораторных занятиях. Основу программных средств, используемых в преподавании компьютерного моделирования в Волгоградском государственном социально-педагогическом университете, составляют:

- система программирования Turbo Delphi;
- пакет символьной математики Maxima;
- система моделирования MVS (Model Vision Studium);
- табличный процессор OpenOffice Calc;
- система имитационного моделирования GPSS World.

Перечисленный набор программных средств составлен не только с учетом степени их эффективности, доступности и т. п., но и дает возможность решения указанной выше задачи систематизации программного инструментария моделирования.

Логика развертывания средств технологической поддержки курса «Компьютерное моделирование», а также соответствующих кейс-заданий раскрывается в содержании лабораторного практикума, включающего в себя следующие **лабораторные работы**:

Лабораторная работа 1. Моделирование радиоактивного распада.

Лабораторная работа 2. Модели внутривидовой и межвидовой конкуренции.

Лабораторная работа 3. Модель одномерного движения тела с учетом сопротивления среды.

Лабораторная работа 4. Оптимизационные модели в экономике.

Лабораторная работа 5. Моделирование стохастических систем.

Лабораторная работа 6. Имитационное моделирование систем массового обслуживания.

Лабораторная работа 7. Основы моделирования динамических систем.

Лабораторная работа 8. Хаос и самоорганизация в динамических системах.

В рамках компетентностного подхода мы используем на лабораторных занятиях **предметно-ориентированные кейсы** [10]. Это позволяет сформировать профессиональные и исследовательские компетенции будущих учителей информатики.

Так, например, *для выполнения лабораторной работы «Моделирование радиоактивного распада» предлагается следующий кейс.*

Ситуационная задача.

Как будет изменяться во времени масса радиоактивного вещества, если известны масса вещества в начальный момент времени и коэффициент радиоактивного распада?

Для моделирования процесса радиоактивного распада можно использовать следующую модель:

$$\frac{dm}{dt} = -km, \quad m(0) = m_0.$$

Входные параметры модели:

- коэффициент радиоактивного распада k ;
- масса m_0 (в начальный момент времени).

Выходной параметр модели:

- зависимость массы радиоактивного вещества от времени: $m(t)$.

Задания, решение которых приводит к решению поставленной задачи.

1. Реализуйте численное математическое моделирование процесса радиоактивного распада, проведите вычисления по заданным входным параметрам модели ($k = 3$, $m_0 = 5$) и обоснуйте достоверность полученных результатов.

2. С помощью численного эксперимента с моделью определите степень влияния входных параметров модели на ход моделируемого процесса.

Материалы, необходимые для выполнения заданий.

1. Решение дифференциальных уравнений методом Рунге—Кутты.

Пусть дано дифференциальное уравнение:

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y)$$

с начальными данными $y(x_0) = y_0$ на отрезке $[x_0, x_S]$.

Формулы Рунге—Кутты для его решения имеют вид:

отрезок $[x_0, x_S]$ разбит на d частей; $h = \frac{x_S - x_0}{d}$ — шаг интегрирования;

при $n = 0, 1, 2, \dots, S-1$ вычислить:

$$x_{n+1} = x_n + h;$$

$$K_1 = hf(x_n, y_n);$$

$$K_2 = hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}K_1\right);$$

$$K_3 = hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}K_2\right);$$

$$K_4 = hf(x_n + h, y_n + K_3);$$

$$K = \frac{K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4}{6};$$

$$y_{n+1} = y_n + K.$$

2. Данные для эксперимента (к заданию 2).

Таблица 1

Значения коэффициента радиоактивного распада

№ п/п	Коэффициент радиоактивного распада (k)	Начальная масса (m_0)
1	1	10
2	1,5	
3	1,9	
4	2	
5	2,5	

Таблица 2

Значения начальной массы

№ п/п	Коэффициент радиоактивного распада (k)	Начальная масса (m_0)
1	1,5	4
2		6
3		7
4		8
5		10

Программные средства для решения задачи: система программирования Turbo Delphi.

Решение кейса предполагает *подготовку отчета*, включающего в себя:

- 1) постановку задачи моделирования;
- 2) формулирование цели и гипотезы исследования;
- 3) построение компьютерной модели;
- 4) описание результатов проведения эксперимента с моделью;
- 5) проведение анализа результатов, формулирование выводов.

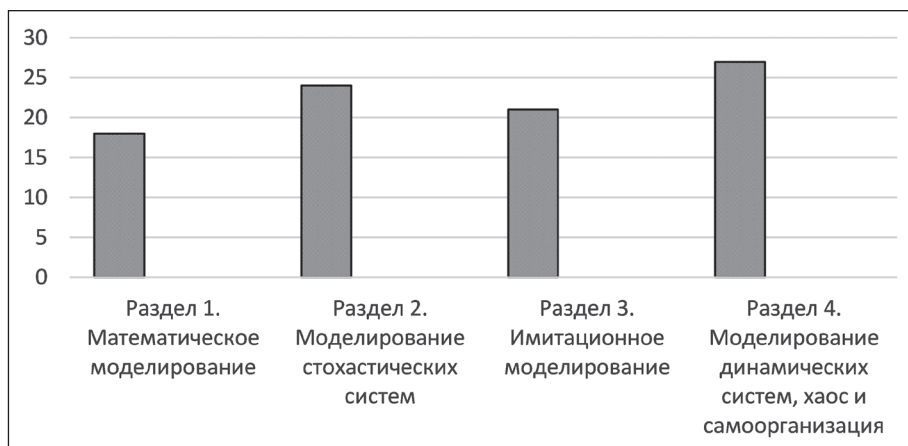


Рис. 1. Результаты тестирования по разделам курса

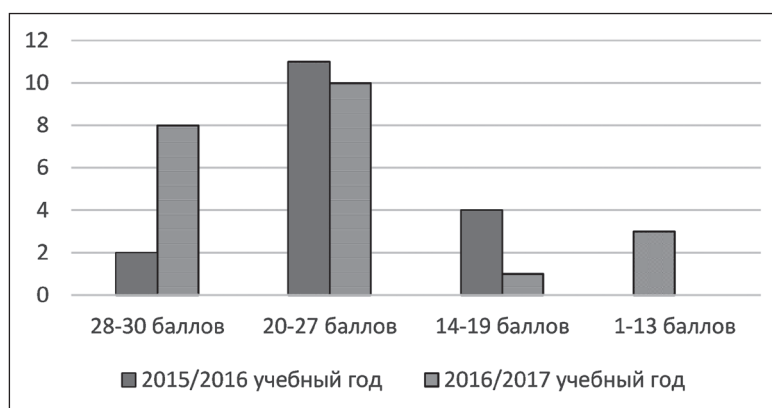


Рис. 2. Результаты тестирования по курсу в целом

В 2016/2017 учебном году в Волгоградском государственном социально-педагогическом университете по предложенной методике прошли обучение бакалавры по профилю «Информатика» направления подготовки «Педагогическое образование». С целью выяснения уровня освоения содержания курса нами было проведено тестирование, где были предложены задания по каждому разделу. Результаты тестирования (рис. 1) показывают, что студенты лучше справляются с заданиями разделов «Моделирование стохастических систем» и «Моделирование динамических систем, хаос и самоорганизация», а при выполнении заданий разделов «Математическое моделирование» и «Имитационное моделирование» возникают некоторые затруднения, которые могут быть обусловлены относительно малым количеством академического времени на отработку понятий.

На рисунке 2 представлены результаты тестирования студентов по курсу в целом в 2015/2016 (занятия проводились по традиционной методике) и 2016/2017 учебных годах. Каждое верное задание оценивалось в один балл. Каждый студент мог набрать от 1 до 30 баллов.

Результаты тестирования показывают, что уровень освоения учебного материала в 2016/2017 учебном году выше, чем в 2015/2016-ом.

Для определения значимости полученных результатов применялся критерий однородности χ^2 [14]. Эмпирическое значение критерия χ^2 вычислялось по формуле:

$$\chi_{\text{эмп}}^2 = N \cdot M \cdot \sum_{i=1}^L \frac{\left(\frac{n_i}{N} - \frac{m_i}{M} \right)^2}{\frac{n_i}{N} + \frac{m_i}{M}},$$

где M и N — размеры контрольной и экспериментальной групп, порядковая шкала с L различными баллами.

Для сравниваемых выборок получено $\chi_{\text{эмп}}^2 = 8,43$. Критическое значение критерия χ^2 для уровня значимости 0,05 равно 7,82. Так как $\chi_{\text{эмп}}^2 > \chi_{0,05}^2$, то достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95%, что позволяет сделать вывод об эффективности данной методики.

Таким образом, предложенная структура курса «Компьютерное моделирование» и использование кейс-заданий на лабораторных занятиях способствуют формированию систематизированных знаний в области компьютерного моделирования, базовых умений и навыков построения и исследования моделей, а также приобретению опыта планирования и реализации собственных исследований, обоснования полученных в ходе исследования результатов на основе компьютерного моделирования.

Список использованных источников

1. Алиев Т. И. Основы моделирования дискретных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009.
2. Бабкин Е. А., Бабкина О. М. О преподавании компьютерного моделирования для студентов направления «Информатика» // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Информатика и информатизация образования». 2008. № 16 (16).
3. Бахвалов Л. А. Компьютерное моделирование: долгий путь к сияющим вершинам? // Компьютерра. 1997. № 40.
4. Королев А. Л. Компьютерное моделирование. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
5. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Основы теории сложных систем. М., Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007.
6. Лычкина Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие для слушателей программы eMBI. М.: Академия АйТи; Государственный университет управления, 2005.
7. Майер Р. В. Компьютерное моделирование: учебно-методическое пособие для студентов педагогических вузов: учебное электронное издание на компакт-диске. Глазов: ГГПИ, 2015.
8. Маликов Р. Ф. Подходы, направления и средства разработки компьютерных моделей. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Прикладная информатика и компьютерное моделирование». Т. 3. Уфа: БГПУ, 2012.
9. Маликов Р. Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6: учебное пособие. Уфа: Изд-во БГПУ, 2013.
10. Маркович О. С. Предметно-ориентированные кейсы по информатике // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2017. № 5 (118).
11. Маркович О. С., Усольцев В. Л. Программные средства компьютерного моделирования в подготовке бакалавров образования по профилю «Информатика» // Информатизация образования — 2014: Материалы Международной научно-практической конференции (Волгоград, 23–26 апреля 2014 года). Волгоград: Изд-во ВГСПУ «Перемена», 2014.
12. Михеева Т. В. Обзор существующих программных средств имитационного моделирования при исследовании механизмов функционирования и управления производственными системами // Известия Алтайского государственного университета. 2009. Вып. 1 (61).
13. Могилов А. В., Пак Н. И., Хеннер Е. К. Информатика: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по пед. специальностям / под ред. Е. К. Хеннера. 5-е изд., стер. М.: Академия, 2007.
14. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М.: МЗ-Пресс, 2004.
15. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2001.
16. Тарасевич Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: учебное пособие. 4-е изд., испр. М.: Едиториал УРСС, 2004.
17. Харин Ю. С., Малюгин В. И., Кирлица В. П., Лобач В. И., Хацкевич Г. А. Основы имитационного и статистического моделирования: учебное пособие. Мн.: Дизайн ПРО, 1997.
18. Чуличков А. И. Математические модели нелинейной динамики. 2-е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
19. Шустер П. Динамический хаос. М.: Мир, 1998.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Уважаемые коллеги!

Статьи для публикации в журналах «Информатика и образование» и «Информатика в школе» должны отправляться в редакцию **только через электронную форму на сайте ИНФО (раздел «Авторам → Отправка статьи»):**

<http://infojournal.ru/authors/send-article/>

Обращаем ваше внимание, что для отправки статьи необходимо предварительно зарегистрироваться на сайте ИНФО (или авторизоваться — для зарегистрированных пользователей).

С требованиями к оформлению представляемых для публикации материалов можно ознакомиться на сайте ИНФО в разделе **«Авторам»:**

<http://infojournal.ru/authors/>

Дополнительную информацию можно получить в разделе **«Авторам → Часто задаваемые вопросы»:**

<http://infojournal.ru/authors/faq/>

а также в редакции ИНФО:

e-mail: readinfo@infojournal.ru

телефон: (495) 140-19-86