




**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
Институт математики и информационных технологий

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
**Директор ИМИТ ИГУ**  
 **М. В. Фалалеев**  
**«11» мая 2022 г.**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Б1.В.ДВ.01.01 Компьютерное моделирование эколого-экономических систем**

Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) подготовки	Системная и проектная аналитика
Квалификация выпускника	магистр
Форма обучения	очная

Иркутск 2022 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели: освоение основных подходов к построению информационных и компьютерных моделей для эколого-экономических систем.

Задачи:

- сформировать систему основных понятий компьютерного моделирования для сфер научной деятельности в области эколого-экономических систем;
- научиться оценивать преимущества и недостатки различных видов компьютерного моделирования;
- освоить информационные технологии компьютерного моделирования для эколого-экономических систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Компьютерное моделирование эколого-экономических систем относится к части Блока 1 образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

Б1.О.04. Дифференциальные уравнения в частных производных.

Б1.О.04. Численные методы решения уравнений в частных производных.

Б1.О.11. Информационно-коммуникационные технологии и системы

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Б2.В.01(П) «Научно-исследовательская работа»;

Б2.О.01 (Пд) «Преддипломная практика»;

Б3.01 «Выполнение и защита выпускной квалификационной работы»

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика:

ПК-2 Способен управлять процессами разработки и внедрения математического и программного обеспечения, структур баз данных и программных интерфейсов, в том числе применять методологии разработки и управлять рисками в процессах разработки и внедрения программного обеспечения;

ПК-4 Способен осуществлять функциональное и логическое проектирование систем разного масштаба и сложности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

знать: основные понятия: объект, модель, система, математическая модель, компьютерная модель и др.; основные этапы компьютерного моделирования; основные этапы и методы обработки экспериментальных данных;

уметь: анализировать рассматриваемую моделируемую систему, строить для неё типовые модели; применять подход объектной декомпозиции;

владеть: навыками применения стандартных моделей к задачам естественных наук;

навыками разработки объектно-ориентированных модулей на одном из языков программирования.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 5 зачетных ед., 180 час.

Форма промежуточной аттестации: экзамен, курсовая работа.

##### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

Раздел дисциплины / тема	Сем.	Виды учебной работы				Самост. работа	Формы текущего контроля; Формы промежут. аттестации
		Контактная работа преподавателя с обучающимися					
		Лекции	Лаб. занятия	Практ. занятия			
Тема 1. Моделирования: основные понятия и этапы	2	4			1	Устный опрос	
Тема 2. Прикладные технологии компьютерного моделирования	2	2	30		10	Защита отчета по лабораторной работе	
Тема 3. Аналитическое моделирование	2	2	10		10	Защита отчета по лабораторной работе	
Тема 4. Имитационное моделирование.	2	2	10		10	Защита отчета по лабораторной работе	
Тема 5. Марковские процессы.	2	2	10		10	Защита отчета по лабораторной работе	
Тема 6. Модели интеллектуальных систем.	2	2	10		10	Защита отчета по лабораторной работе	
Итого (2 семестр):		14	70		51	экз., курс. раб.	

##### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Раздел дисциплины / тема	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самост. работы
	Вид самост. работы	Сроки выполнения	Затраты времени		
Тема 1. Моделирования: основные понятия и этапы	1. Изучение литературных источников	Конец второй недели обучения	1	Аналитический конспект	ОЛ – 2 ДЛ – 3 ИР – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Тема 2. Прикладные технологии компьютерного моделирования	1. Освоение базовых возможностей языка программирования Python. 2. Реализация контрольных примеров программ	К окончанию выполнения практической работы по данной теме	6	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос.	ОЛ – 2 ДЛ – 3 ИР – 11
Тема 3. Аналитическое моделирование	1. Изучение учебно-методических указаний. 2. Подготовка лабораторной работы.	К окончанию выполнения лабораторной работы по данной теме	12	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос.	ОЛ – 2 ДЛ – 1,2 ИР – 3, 5,6,7,8,9
Тема 4. Имитационное моделирование.	1. Изучение учебно-методических указаний. 2. Подготовка лабораторной работы.	К окончанию выполнения лабораторной работы по данной теме	12	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос.	ОЛ -1 ДЛ – 1,2 ИР – 3, 9
Тема 5. Марковские процессы.	1. Изучение учебно-методических указаний. 2. Подготовка лабораторной работы.	К окончанию выполнения лабораторной работы по данной теме	12	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос.	ОЛ -1 ДЛ – 2 ИР – 3, 7,8
Тема 6. Модели интеллектуальных систем.	1. Изучение учебно-методических указаний. 2. Подготовка лабораторной работы.	К окончанию выполнения лабораторной работы по данной теме	12	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос.	ОЛ – 1 ДЛ – 3 ИР – 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Тема 2. Прикладные технологии компьютерного моделирования	1. Освоение базовых возможностей языка программирования Python. 2. Реализация контрольных примеров программ	К окончанию выполнения практической работы по данной теме	6	Аналитический отчет	ОЛ – 2 ДЛ – 3 ИР – 11
Общая трудоемкость самостоятельной работы (час.)			51		
Из них с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час.)			51		

### 4.3. Содержание учебного материала

#### Тема 1. Моделирования: основные понятия и этапы.

Понятие моделирования. Математическое моделирование. Сферы применения моделирования. Понятия: объект моделирования, содержательная модель, математическая модель, гипотезы содержательной модели, интерпретация результатов моделирования. Верификация модели. Свойства моделей: адекватность, актуальность, мощность,

результативность, достоверность, экономичность, простота, открытость. Абстрактные и материальные модели. Структурные и функциональные модели. Дискретные и непрерывные модели. Детерминированные и вероятностные модели. Аналитические модели. Простые структурные модели. Имитационные модели. Детерминированные модели. Статистические модели. Вероятностные или стохастические модели.

### **Тема 2. Прикладные технологии компьютерного моделирования.**

Программный инструментарий. Язык Python. Работа с векторами и матрицами. Символьные (математические) вычисления. Визуализация и анимация моделей.

### **Тема 3. Аналитическое моделирование.**

Построение модели по вербальному описанию. Определение границ моделируемого объекта. Выбор управляемых и неуправляемых факторов. Целевая функция. Автономные динамические системы. Течение и равновесие. Фазовое пространство и его свойства. Динамика фазовых траекторий на плоскости. Построение аналитической модели по данным экспериментов. Аппроксимация экспериментальных данных. Определение коэффициентов аналитической модели по методу наименьших квадратов. Проверка модели на адекватность.

### **Тема 4. Имитационное моделирование.**

История развития моделирования. Возникновение имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования. Формулировка цели моделирования. Построение концептуальной модели. Выбор аппарата моделирования (система, язык программирования и т.д.). Планирование эксперимента. Повторяемость эксперимента, управляемость экспериментом. Выполнение эксперимента. Обработка, анализ и интерпретация данных эксперимента. Примеры имитационных моделей.

### **Тема 5. Марковские процессы.**

Моделирование случайных величин. Моделирование случайных процессов. Марковские случайные процессы. Процессы с дискретным и случайным временем. Марковские цепи. Процессы однородные и неоднородные.

### **Тема 6. Модели интеллектуальных систем.**

Искусственные нейронные сети. Математическая модель нейрона. Персептрон. Архитектура персептрона. Типы функций активации и их моделирование. Многослойные нейронные сети. Правила Хебба и дельта-правило. Обобщенное дельта-правило. Алгоритм обратного распространения ошибки. Глубокое обучение.

#### **4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

Тема занятия	Всего часов	Оценочные средства	Формируемые компетенции
Тема 1. Моделирования: основные понятия и этапы	10	Устный опрос.	ПК-2
Тема 2. Прикладные технологии компьютерного моделирования	30	Отчет по практической работе. Устный опрос.	ПК-2
Тема 3. Аналитическое моделирование	10	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос	ПК-4
Тема 4. Имитационное моделирование.	10	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос	ПК-4

Тема 5. Марковские процессы.	10	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос	ПК-4
Тема 6. Модели интеллектуальных систем.	10	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос	ПК-4

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы

Тема	Задание	Формируемые компетенции
Тема 1 Моделирования: основные понятия и этапы	Выполнение простых операций инструментами редактора	ПК-2
Тема 2 Моделирование конфликтных ситуаций	Графическое решение игры (2x2) в смешанных стратегиях	ПК-4

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

**Подготовка к лекции.** Качество освоения содержания конкретной дисциплины прямо зависит от того, насколько студент сам, без внешнего принуждения формирует у себя установку на получение на лекциях новых знаний, дополняющих уже имеющиеся по данной дисциплине. Время на подготовку студентов к двухчасовой лекции по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к практическому занятию.** Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление

цели и задачи его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на практическом занятии. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. Студенты должны дома подготовить к занятию 3–4 примера формулировки темы исследования, представленного в монографиях, научных статьях, отчетах. Затем они самостоятельно осуществляют поиск соответствующих источников, определяют актуальность конкретного исследования процессов и явлений, выделяют основные способы доказательства авторами научных работ ценности того, чем они занимаются. В ходе самого практического занятия студенты сначала представляют найденные ими варианты формулировки актуальности исследования, обсуждают их и обосновывают свое мнение о наилучшем варианте. Время на подготовку к практическому занятию по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к семинарскому занятию.** Самостоятельная подготовка к семинару направлена: на развитие способности к чтению научной и иной литературы; на поиск дополнительной информации, позволяющей глубже разобраться в некоторых вопросах; на выделение при работе с разными источниками необходимой информации, которая требуется для полного ответа на вопросы плана семинарского занятия; на выработку умения правильно выписывать высказывания авторов из имеющихся источников информации, оформлять их по библиографическим нормам; на развитие умения осуществлять анализ выбранных источников информации; на подготовку собственного выступления по обсуждаемым вопросам; на формирование навыка оперативного реагирования на разные мнения, которые могут возникать при обсуждении тех или иных научных проблем. Время на подготовку к семинару по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к коллоквиуму.** Коллоквиум представляет собой коллективное обсуждение раздела дисциплины на основе самостоятельного изучения этого раздела студентами. Подготовка к данному виду учебных занятий осуществляется в следующем порядке. Преподаватель дает список вопросов, ответы на которые следует получить при изучении определенного перечня научных источников. Студентам во внеаудиторное время необходимо прочитать специальную литературу, выписать из нее ответы на вопросы, которые будут обсуждаться на коллоквиуме, мысленно сформулировать свое мнение по каждому из вопросов, которое они выскажут на занятии. Время на подготовку к коллоквиуму по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к контрольной работе.** Контрольная работа назначается после изучения определенного раздела (разделов) дисциплины и представляет собой совокупность развернутых письменных ответов студентов на вопросы, которые они заранее получают от преподавателя. Самостоятельная подготовка к контрольной работе включает в себя: — изучение конспектов лекций, раскрывающих материал, знание которого проверяется контрольной работой; повторение учебного материала, полученного при подготовке к семинарским, практическим занятиям и во время их проведения; изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых знаний; составление в мысленной форме ответов на поставленные в контрольной работе вопросы; формирование психологической установки на успешное выполнение всех заданий. Время на подготовку к контрольной работе по нормативам составляет 2 часа.

**Подготовка к зачету.** Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: перечитать все лекции, а также материалы, которые готовились к семинарским и



практическим занятиям в течение семестра, соотнести эту информацию с вопросами, которые даны к зачету, если информации недостаточно, ответы находят в предложенной преподавателем литературе. Рекомендуется делать краткие записи. Время на подготовку к зачету по нормативам составляет не менее 4 часов.

**Подготовка к экзамену.** Самостоятельная подготовка к экзамену схожа с подготовкой к зачету, особенно если он дифференцированный. Но объем учебного материала, который нужно восстановить в памяти к экзамену, вновь осмыслить и понять, значительно больше, поэтому требуется больше времени и умственных усилий. Важно сформировать целостное представление о содержании ответа на каждый вопрос, что предполагает знание разных научных трактовок сущности того или иного явления, процесса, умение раскрывать факторы, определяющие их противоречивость, знание имен ученых, изучавших обсуждаемую проблему. Необходимо также привести информацию о материалах эмпирических исследований, что указывает на всестороннюю подготовку студента к экзамену. Время на подготовку к экзамену по нормативам составляет 36 часов для бакалавров.

В ФБГОУ ВО «ИГУ» организация самостоятельной работы студентов регламентируется Положением о самостоятельной работе студентов, принятым Ученым советом ИГУ 22 июня 2012 г.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература:

1. Советов, Б. Я. Моделирование систем. Практикум : учебное пособие для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 295 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-2858-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/509143> (дата обращения: 21.05.2022).
2. Федоров, Д. Ю. Программирование на языке высокого уровня Python : учебное пособие для вузов / Д. Ю. Федоров. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 210 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14638-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/492920> (дата обращения: 30.05.2022).

б) дополнительная литература:

1. Компьютерное моделирование физических процессов [Текст] : учеб. пособие / В. И. Красов, И. А. Кринберг, В. Л. Паперный ; рец.: А. Г. Ченский, В. Б. Иванов ; Иркутский гос. ун-т, Физ. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - 103 с. ; 20 см. - (Компьютерные технологии в физике). - Библиогр.: с. 103. - ISBN 978-5-9624-1066-1 : 169.00 р., (29 экз.)
2. Технология решения задач с применением этапов компьютерного моделирования [Текст] : учеб. пособие / Е. Н. Иванова, И. Н. Лесников ; рец.: И. А. Никифорова, Н. А. Пегасова ; Иркут. гос. ун-т, Пед. ин-т. - Иркутск : Оттиск, 2015. - 79 с. ; 20 см. - ISBN 978-5-9907720-7-6 : 90.00 р., (30 экз.)
3. Миркин, Б. Г. Введение в анализ данных : учебник и практикум / Б. Г. Миркин. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 174 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-5009-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/469306> (дата обращения: 30.05.2022).

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Научная электронная библиотека «ELIBRARY.RU» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Открытая электронная база ресурсов и исследований «Университетская информационная система РОССИЯ» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru>
3. Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://нэб.рф>
4. В соответствии с п. 4.3.4. ФГОС ВО, обучающимся в течение всего периода обучения обеспечен неограниченный доступ (удаленный доступ) к электронно-библиотечным системам:
  - ЭБС «Издательство Лань». ООО «Издательство Лань». Контракт № 92 от 12.11.2018 г. Акт от 14.11.2018 г.
  - ЭБС ЭЧЗ «Библиотех». Государственный контракт № 019 от 22.02.2011 г. ООО «Библиотех». Лицензионное соглашение № 31 от 22.02.2011 г. Адрес доступа: <https://isu.bibliotech.ru/> Срок действия: с 22.11.2011 г. бессрочный.
  - ЭБС «Национальный цифровой ресурс «Рукопт». ЦКБ «Бибком». Контракт № 91 от 12.11.2018 г. Акт от 14.11.2018 г..
  - ЭБС «Айбукс.ру/ibooks.ru». ООО «Айбукс». Контракт № 90 от 12.11.2018 г. Акт № 54 от 14.11.2018 г.
  - Электронно-библиотечная система «ЭБС Юрайт». ООО «Электронное издательство Юрайт». Контракт № 70 от 04.10.2018 г.

г) интернет-ресурсы

1. <http://wombat.org.ua/AByteOfPython/AByteofPythonRussian-2.01.pdf> - это свободная книга по программированию на языке Python.
2. <https://www.python.org/> - язык программирования Python
3. Онлайн курс «Компьютерное моделирование» <https://stepik.org/course/61480/syllabus>
4. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>
5. Математические методы распознавания образов Автор: Л.М. Местецкий (Интернет университет высоких технологий)
6. <http://www.intuit.ru/department/graphics/imageproc/4/1.html>
7. Онлайн курс Machine learning <https://www.coursera.org/course/ml>
8. Онлайн курс Big Data Overview [https://education.emc.com/academicalliance/elearning/Big\\_Data\\_Overview/index.htm](https://education.emc.com/academicalliance/elearning/Big_Data_Overview/index.htm)
9. Онлайн курс R programming <https://www.coursera.org/course/rprog>
10. Онлайн курс Introduction to Data Science <https://www.coursera.org/course/datasci>
11. Онлайн курс «Введение в аналитику больших массивов данных» <http://bit.ly/IntuitBDA>.
12. Учебник по статистическому обучению <http://statweb.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование**

ЭТОТ РАЗДЕЛ НЕ ЗАПОЛНЯТЬ

### **6.2. Программное обеспечение**

1. Язык программирования Python 3.7. и выше (открытое программное обеспечение).
2. Язык программирования R 3.x и выше (открытое программное обеспечение).
3. R Studio Desktop 1.3.x и выше (открытое программное обеспечение).
4. Jupyter Notebook (открытое программное обеспечение).
5. Jupyter Lab (открытое программное обеспечение).
6. VisualStudioCode (Microsoft, открытое программное обеспечение)
7. Офисный пакет Microsoft Office Project Professional 2019 (лицензия ИГУ для образовательных учреждений).
8. Редакционно-издательская система MikTeX (открытое программное обеспечение).

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Оценочные средства текущего контроля

Вид контроля	Контролируемые темы	Контролируемые компетенции
Устный опрос	Тема 1. Моделирования: основные понятия и этапы.	ПК-2
Защита отчета по лабораторной работе	Тема 2. Прикладные технологии компьютерного моделирования Тема 3. Аналитическое моделирование Тема 4. Имитационное моделирование. Тема 5. Марковские процессы. Тема 6. Модели интеллектуальных систем.	ПК-2 ПК-4

### Примеры оценочных средств текущего контроля

1. Вычислить значения  $\sin(30^\circ)$  и  $\cos(\pi/4)$  с 4 знаками после запятой.
2. В неитеративном режиме создать таблицу квадратов натуральных чисел от 0 до 11. В таблице значения должны быть представлены в целочисленном формате.
3. В одной таблице представить значения функций  $\sin(t)$  и  $\cos(t)$  для  $t$ , изменяющимся от  $0^\circ$  до  $30^\circ$  с шагом  $1^\circ$ .
4. С помощью инструмента CASE составить таблицу функций  $\sin(x)$  или  $\cos(x)$ , при  $x$ , изменяющемся от 0 до  $\pi=3.14$ , с шагом 0.314. Использовать итерационный режим. Для переключения от синуса к косинусу в инструменте CASE воспользоваться тем, что  $\sin(x+\pi/2)=\cos(x)$ .
5. Определить, при каком значении  $t$  выражение  $(1+1/t)^t$  приближенно равняется неперовому числу  $e=2.72$  (именно с точностью до второго знака).
6. Вычислить функцию  $e^x$ , как сумму 20 членов ряда  $1+x+x^2/2!+x^3/3!+\dots$ . Очередной член ряда вычисляется через предыдущий по формуле  $a_{i+1}=a_i*x/(i+1)$ . Рассчитать  $e^1$  и  $e^{0.5}$ .
7. Разработать модель, позволяющую рассчитывать факториалы целых чисел. Проанализировать, до каких значений можно считать факториал, если его значение выводится в таблицу в целочисленном формате.
8. Рассмотреть, как реагирует система при выводе результатов в таблицу при «аварийных ситуациях»: извлечение квадратного корня из отрицательного числа, вычисление арксинуса от аргумента, большего единицы, деление на 0.

## Б) Графика.

9. Построить график функции  $y=\sin(x)$  при  $x$ , изменяющемся от 0 до  $2\pi$ . Использовать а) автоматическую настройку отображения графика `adjust` и ручную установку пределов изменения  $x$  и  $y$  в опциях окна графика.
10. Используя инструмент CASE, построить в одном графическом окне 5 синусоид, отличающихся начальной фазой.
11. Проиллюстрировать графически явление биений – построить график суммы двух колебаний с одинаковой амплитудой и близкими частотами. Рассмотреть к чему приводит отличие в амплитудах колебаний.
12. Используя параметрическое задание функций, построить окружность и эллипс с отношением осей 2:1 и 1:2.
13. Построить фигуры Лиссажу при отношении частот колебаний 1:2, 3:1 и  $1:\sqrt{2}$ .
14. С использованием управляющей конструкции `if( )then()` построить график функции  $y=abs(x)$  при  $x$  изменяющемся от  $-1$  до  $+1$ .
15. Используя средства вычисления производных вывести в одно графическое окно графики функций  $y(x)$ ,  $dy(x)/dx$  и  $d^2y(x)/dx^2$  для функции  $y=x^3$ . Графики построить в пределах  $-2 < x < 2$ .
16. С помощью построения графика найти приближенное решение уравнения  $\sin(x)=0.2$  в первом квадранте. Прделать то - же самое, но с использованием таблицы.
17. Рассмотреть, как реагирует система при выводе результатов на график при «аварийных ситуациях»: извлечение квадратного корня из отрицательного числа, вычисление арксинуса от аргумента, большего единицы, деление на 0.

## В) Обработка данных.

18. Построить график случайного процесса, в котором независимой переменной является  $t$ , а значение случайной функции задается генератором случайных чисел `rnd(1)`, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1.
19. Оценить качество генератора случайных чисел, «набросав» в квадрат со сторонами  $10*10$  тысячу точек со случайными координатами  $x$  и  $y$ , задаваемыми генератором `rnd(10)`. Качество генератора определяется степенью хаотичности заполнения квадрата случайными точками.
20. Найти математическое ожидание (среднее значение) 200 случайных чисел, сформированных генератором `rnd(1)`. Воспользоваться рекуррентным соотношением  $M_{k+1}=(M_k*k+x_{k+1})/(k+1)$ , позволяющим вычислить среднее для  $k+1$  чисел через среднее для предыдущих  $k$  чисел и очередное  $k+1$  – е число  $x_{k+1}$ . Убедиться в том, что среднее значение для этого генератора равно 0.5.
21. Случайные числа `rnd(1)-0.5` имеют нулевое среднее значение. Тогда дисперсия  $N$  таких случайных величин  $x_i$  определяется по формуле  $D_N=\sum x_i^2/N$ . Вывести рекуррентное соотношение, позволяющее вычислить дисперсию  $N+1$  чисел через дисперсию  $N$  чисел и очередное  $N+1$  – е число. Найти дисперсию для 200 случайных чисел, сформированных указанным генератором с нулевым средним.

#### Д) Дифференциальные уравнения.

26. Построить графики решения дифференциального уравнения  $dy/dt = -yt$  при начальном значении  $y(t=0)=1$  на интервале изменения  $t$  от 0 до 3. Использовать встроенные в MODELLUS средства решения дифференциальных уравнений и аналитическое решение  $y=e^{-t^2/2}$ .
27. Получить решение уравнения затухающих колебаний  $y'' - 2gy' + y = 0$  с начальными условиями  $y(t=0)=1$ ,  $y'(t=0)=0$  на интервале  $t$  от 0 до 15. Необходимо преобразовать уравнение в систему двух уравнений первого порядка. Использовать встроенные средства пакета. Подобрать параметр  $g$  таким образом, чтобы на графике было четко видно затухание колебаний.

#### Е) Моделирование физических процессов.

28. Разработать модель движения тела, брошенного вверх под углом к горизонту с учетом сопротивления воздуха. С помощью графического отображения траектории подобрать начальную скорость тела (при фиксированном угле), обеспечивающую падение тела на заданную дальность.
29. Разработать модель движения тела в центральном гравитационном поле. Продемонстрировать графически возможность реализации эллиптических и параболических траекторий, в зависимости от начальной скорости.

### 7.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### Примерный список вопросов для экзамена:

1. Понятие модели и моделирования, классификация методов моделирования и свойства моделей.
2. Объект и его модель.
3. Проблема адекватности.
4. Классификация моделей.
5. Цикличность процессов моделирования.
6. Основные этапы моделирования.
7. Математические и компьютерные модели.
8. Компьютерные средства моделирования.
9. Особенности геометрического моделирования.
10. Детерминированные и стохастические модели.
11. Методы статистического моделирования.
12. Параметры стохастических моделей.
13. Оценка качества, устойчивости и адекватности стохастических моделей.
14. Понятие о методах планирования экспериментов.
15. Метод Монте-Карло и его применение.
16. Методы и средства имитационного моделирования.
17. Генерация случайных и псевдослучайных последовательностей.
18. Виды генераторов и их особенности.
19. Получение последовательностей с заданным распределением.
20. Системы массового обслуживания. Характеристики моделей СМО.
21. Компьютерные модели в физике и технике.
22. Модель колебательной системы.
23. Модели движения тела и ракеты.
24. Компьютерные модели в биологии.
25. Кинетические модели в биологии.
26. Модель популяции.
27. Моделирование в экономике.

28. Модели в экологии.
29. Особенность создания и анализа оптимизационных моделей.
30. Понятие информационного моделирования.
31. Особенности построения и анализа информационных моделей.

### Примеры заданий:

Тесты и задания в ЭИОС ИГУ на сайте <https://educa.isu.ru/>

**Тестовые задания раздел №2** (Указать один правильный ответ) Какие из формул используются для описания модели СМО? (один ответ) 1) Формулы Эрланга 2) Формулы Стьюдента и Фишера 3) Формулы Бирнбаума 4) Формулы Вольтерра Какие из формул используются для описания кинетической модели? (один ответ) 1) Формулы Эрланга 2) Формулы Стьюдента и Фишера 3) Формулы Бирнбаума 4) Формулы Вольтерра Какие из формул используются для дисперсионного анализа? (один ответ) 1) Формулы Эрланга 2) Формулы Стьюдента и Фишера 3) Формулы Бирнбаума 4) Формулы Вольтерра Какие из формул используются для описания модели ученика? (один ответ) 1) Формулы Эрланга 2) Формулы Стьюдента и Фишера 3) Формулы Бирнбаума 4) Формулы Вольтерра Какое понятие относится к структурным моделям в химии? (один ответ) 1) Изомер 2) Изохора 3) Изобар 4) Изотерма Для построения моделей в психологии используется ... (один ответ) 1) Формула Раша 2) Формула Пирсона 3) Формула Эрланга 4) Формула Смирнова Для построения моделей СМО используется ... (один ответ) 1) Формула Раша 2) Формула Пирсона 3) Формула Колмогорова 4) Формула Смирнова Для проверки гипотезы о распределении используется ... (один ответ) 1) Формула Раша 2) Формула Циолковского 3) Формула Эрланга 4) Формула Смирнова Для построения модели движения ракеты используется ... (один ответ) 1) Формула Раша 2) Формула Циолковского 3) Формула Эрланга 4) Формула Смирнова Модель разработанная на основе базы данных об объекте называется ... (один ответ) 1) информационной 2) аналитической 3) имитационной 4) геометрической Описываются в явном виде функции выходных параметров (от входных) для модели ... (один ответ) 1) информационной 2) аналитической 3) имитационной 23 4) геометрической Метод Монте-Карло необходим для создания модели ... (один ответ) 1) информационной 2) аналитической 3) имитационной 4) геометрической Проблема моделирования освещенности объекта относится к модели ... (один ответ) 1) информационной 2) аналитической 3) имитационной 4) геометрической Модель теплопроводности тонкого слоя является... (один ответ) 1) непрерывно-детерминированной 2) непрерывно-стохастической 3) дискретно-детерминированной 4) дискретно-стохастической Модель машины Тьюринга является... (один ответ) 1) непрерывно-детерминированной 2) непрерывно-стохастической 3) дискретно-детерминированной 4) дискретно-стохастической Модель СМО для парикмахерской является... (один ответ) 1) непрерывно-детерминированной 2) непрерывно-стохастической 3) дискретно-детерминированной 4) дискретно-стохастической Модель движения воздуха в атмосфере является... (один ответ) 1) непрерывно-детерминированной 2) непрерывно-стохастической 3) дискретно-детерминированной 4) дискретно-стохастической К моделированию СМО относится термин ... (один ответ) 1) Схема гибели-размножения 2) параметрический резонанс 3) проблема изомеров 4) формула Бирнбаума К моделированию в химии относится термин ... (один ответ) 1) Схема гибели-размножения 2) параметрический резонанс 3) проблема изомеров 4) формула Бирнбаума К моделированию колебательных систем относится термин ... (один ответ) 1) Схема гибели-размножения 2) параметрический резонанс 3) проблема изомеров 4) формула Бирнбаума К моделированию в психологии относится термин ... (один ответ) 1) Схема гибели-размножения 2) параметрический резонанс 3) проблема изомеров 4) формула Бирнбаума Если в колебательной модели частота вынуждающей силы равна собственной частоте, то проявляется явление... (один ответ) 1) Биений 2) Собственных колебаний 3) Модуляции 4) Резонанса Если в колебательной модели частота вынуждающей силы равна нулю, то проявляется явление... (один ответ) 1) Биений 2) Собственных колебаний 3) Модуляции 4) Резонанса Если в колебательной модели частота вынуждающей силы больше собственной частоты, то проявляется явление... (один ответ) 1) Биений 2) Собственных колебаний 3) Модуляции 4) Резонанса Если в колебательной модели частота вынуждающей силы меньше собственной частоты, то проявляется явление... (один ответ) 1) Биений 2) Собственных колебаний 3) Модуляции 4) Резонанса Какой из терминов обозначает метод обработки данных? (один ответ) 1) OLAP 2) ДНК 3) СМЭК 4) ГИС Какой из терминов обозначает цветовую модель? (один ответ) 1) OLAP 2) ДНК 3) СМЭК 4) ГИС Какой из терминов относится к моделированию в биологии? (один ответ) 1) OLAP 2) ДНК 3) СМЭК 4) ГИС Какой из терминов обозначает модель, используемую в задачах логистики... (один ответ) 1) OLAP 2) ДНК 3) СМЭК 4) ГИС Формула  $p_{ij} = e^{0,7(\theta_i - \beta_j)} / (1 + e^{0,7(\theta_i - \beta_j)})$  относится к... (один ответ) 1) модели Раша 2) модели Вольтерра-Лотки 3) модели Бирнбаума 4) дискретной модели внутривидовой борьбы 5) модели колебательной системы Формула  $p_{ij} = S_k + (1 - S_k) e^{0,7(\theta_i - \beta_j)} / (1 + e^{0,7(\theta_i - \beta_j)})$  относится к... (один ответ) 1) модели Раша 2) модели Вольтерра-Лотки 3) модели Бирнбаума 4) дискретной модели внутривидовой борьбы 5) модели колебательной системы Формула  $\partial^2 x / \partial t^2 + k \partial x / \partial t + cx = B \cos(pt)$  относится к... (один ответ) 1) модели Раша 2) модели Вольтерра-Лотки 3) модели Бирнбаума 4) дискретной модели внутривидовой борьбы 5)

модели колебательной системы Формула  $dN_1/dt = (rN_1/k - 1) ((k_1 - N_1) - \alpha_1 N_2)$  относится к... (один ответ) 1) модели Раша 2) модели Вольтерра-Лотки 3) модели Бирнбаума 4) дискретной модели внутривидовой борьбы 5) модели колебательной системы Формула  $N_{i+1} = N_i R / (1 + (a N_i) b)$  относится к... (один ответ) 1) модели Раша 2) модели Вольтерра-Лотки 3) модели Бирнбаума 4) дискретной модели внутривидовой борьбы 5) модели колебательной системы Формула  $\lambda_{13} p_1 + \lambda_{23} p_2 - (\lambda_{32} + \lambda_{31}) p_3 = dp_3/dt$  относится к... (один ответ) 1) модели СМО Эрланга-Колмогорова 2) модели теплопроводности тонкого слоя 3) кинетическая модель Вольтерра-Лотки 4) модели Циолковского 5) модели колебательной системы Формула  $\partial y/\partial t = K_1 X Y - K_2 Y$  относится к... (один ответ) 1) модели СМО Эрланга-Колмогорова 2) модели теплопроводности тонкого слоя 3) кинетическая модель Вольтерра-Лотки 4) модели Циолковского 5) модели колебательной системы Формула  $\partial^2 x/\partial t^2 + c x^2 = 0$  относится к... (один ответ) 1) модели СМО Эрланга-Колмогорова 2) модели теплопроводности тонкого слоя 3) кинетическая модель Вольтерра-Лотки 4) модели Циолковского 5) модели колебательной системы Формула  $\partial T/\partial t = a \partial^2 T/\partial x^2$  относится к... (один ответ) 1) модели СМО Эрланга-Колмогорова 2) модели теплопроводности тонкого слоя 3) кинетическая модель Вольтерра-Лотки 4) модели Циолковского 5) модели колебательной системы Формула  $\partial^2 H/\partial t^2 = F/m = (F_{тяги} - mg - KV^2)/m$  относится к... (один ответ) 1) модели СМО Эрланга-Колмогорова 2) модели теплопроводности тонкого слоя 3) кинетическая модель Вольтерра-Лотки 4) модели Циолковского 5) модели колебательной системы Какой из перечисленных объектов не относится к информационному моделированию? (один ответ) 1) Система реального времени 2) Аддитивная модель 3) Системный анализ объекта моделирования 4) Реляционная модель 5) Семантическая сеть Какая из формул определяет среднее время ожидания в СМО? 1) формула Литтла 2) формула Сэвиджа 3) формула Гомори 4) формула Лагранжа 5) формула гибели-размножения Какая из формул связывает финитные вероятности в СМО? 1) формула Литтла 2) формула Сэвиджа 3) формула Гомори 4) формула Лагранжа 5) формула гибели-размножения

Разработчик: Кедрин В.С., к.т.н., доцент, доцент