

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Факультет компьютерных технологий и прикладной математики
Кафедра вычислительных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
Хагуров Т.А.
05 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
**Б1.О.02 «СПЕЦИФИКАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММ МЕТОДОМ
MODEL CHECKING»**

Направление подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и
информационные технологии

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) "Интеллектуальные системы и технологии"

(наименование направленности (профиля) специализации)

Программа подготовки академическая

(академическая /прикладная)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация (степень) выпускника магистр

(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины Б1.О.02 – Спецификация и верификация программ методом Model Checking составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Программу составил(а):

Жуков Сергей Александрович, доцент, к. ф.-м. н., доцент

Ф.И.О. ,должность, ученая степень, ученое звание



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.О.02 «СПЕЦИФИКАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММ МЕТОДОМ MODEL CHECKING» утверждена на заседании кафедры Вычислительных Технологий протокол № 9 «18» мая 2022 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Вишняков Ю. М.

фамилия, инициалы



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики, протокол №6 от «25 » мая 2022 г.

Председатель УМК факультета _____



Коваленко

Рецензенты:

Гаркуша О.В., доцент кафедры информационных технологий ФБГОУ ВО «Кубанский государственный университет», кандидат физико-математических наук.

Схаляхо Ч.А., доцент КВВУ им. С.М. Штеменко, кандидат физико-математических наук, доцент

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ³

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью преподавания и изучения дисциплины «Спецификация и верификация программ методом Model Checking» является формирование у магистрантов способности понимать и составлять функционально-поведенческие спецификации создаваемых реактивных систем, логические модели для таких систем, а также знать основные подходы и методы проверки выполнимости логических спецификаций на моделях реактивных систем.

1.2. Задачи дисциплины

Студент должен **знать** основные понятия, подходы и методы спецификации реактивных систем (программ, цифровых схем, коммуникационных протоколов), методы и технологии модельной проверки таких систем; **уметь** применять современные средства описания моделей реактивных систем и функционально-поведенческой спецификации; **владеть** технологиями модельной проверки реактивных систем на их соответствие заданным спецификациям.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Спецификация и верификация программ методом Model Checking» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули).

Для изучения дисциплины необходимо знание основ алгебры, дискретной математики, теории алгоритмов и вычислительных процессов. Знания, получаемые при изучении этой дисциплины, используются при изучении других дисциплин профессионального цикла учебного плана магистра (Параллельные базы данных, Организация и программное обеспечение встроженных и мобильных систем, Прикладные логики агентных систем), а также при работе над магистерской диссертацией.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (<i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i>)
ОПК-1. Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий	
ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, теории коммуникаций.	Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, теории коммуникаций в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.
ОПК-1.2. Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты.	Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.
ОПК-1.3. Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности.	Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.
ОПК-3. Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования	
ОПК-3.1. Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей.	Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.
ОПК-3.2. Умеет соотносить знания в области программирования, интерпретацию прочитанного, определять и создавать информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем.	Умеет соотносить знания в области программирования, интерпретацию прочитанного, определять и создавать информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.
ОПК-3.3. Имеет практический опыт применения разработки программного обеспечения и тестирования программных продуктов.	Имеет практический опыт применения разработки программного обеспечения и тестирования программных продуктов в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО)

Вид работы	Всего часов	Форма обучения			
		Очная		очно-заочная	заочная
		3 семестр (часы)	X семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
Контактная работа в том числе:	36,3	36,3			
Аудиторные занятия (всего):	36	36			
В том числе:					
Занятия лекционного типа	18	18			
Занятия семинарского типа (семинары, практ. занятия)					
Лабораторные занятия	18	18			
Иная контрольная работа	0,3	0,3			
Контроль самостоятельной работы					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе	117	117			
В том числе:					
Курсовая работа					
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	40	40			
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	50	50			
<i>Реферат</i>					
<i>Подготовка к текущему контролю</i>	27	27			
Контроль: экзамен	26,7	26,7			
Подготовка к экзамену	26,7	26,7			
Общая трудоемкость	в час	180	180		
	в т.ч. контактная работа	36,3	36,3		

2.2. Содержание дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре (очная форма)

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауди- тная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Моделирование реактивных систем	18	4		4	10
2.	Логическая спецификация реактивных систем	23	4		5	14
3.	Темпоральные логики	27	6		6	15
4.	Модельная проверка	31	10		7	14
5.	Символьная верификация моделей	30	10		6	14
6.	Программный инструментарий для модельной проверки	24	2		8	14
	ИТОГО по разделам дисциплины	153	36		36	81
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	26,7				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	180				

Примечание: Л – лекции, КСР – контрольные и самостоятельные работы, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента, Д-доклад, РГЗ – расчетно-графическое задание.

2.3. Содержание разделов дисциплины:

2.3.1. Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Моделирование реактивных систем	Понятие реактивной системы (РС). Модель Крипке. Подход к описанию РС моделью Крипке. Пример.	ЛР
2.	Логическая спецификация реактивных систем	Логическое описание цифровой схемы моделью Крипке. Трансляция типовой программы в модель Крипке.	ЛР
3.	Темпоральные логики	Характеристика темпоральной логики. Логики LTL, CTL и CTL*	ЛР

4.	Модельная проверка	Семантика темпоральной логики. Смысл модельной проверки. Автоматы Бюхи и их свойства. Алгоритмический базис модельной проверки.	ЛР
5.	Символьная верификация моделей	Логические функции в форме OBDD. Топологическая трактовка темпоральных операторов. Алгоритмы вычисления неподвижных точек.	ЛР
6.	Программный инструментарий для модельной проверки	Характеристика систем SPIN, SMV. Назначение и возможности языка Promela.	ЛР

2.3.2. Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

3-й семестр

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3
1.	Построение моделей Крипке для цифровых схем и систем переходов	Защита ЛР
2.	Построение моделей Крипке для последовательных программ	Защита ЛР
3.	Построение моделей Крипке для параллельных программ	Защита ЛР
4.	Использование темпоральных логик. Выполнимость формул на заданных моделях Крипке	Защита ЛР
5.	Построение автоматов Бюхи и их анализ на выявление компонент сильной связности.	Защита ЛР
6.	Построение OBDD для логических формул. Вычисление неподвижных точек заданных преобразователей предикатов.	Защита ЛР
7.	Применение языка Promela для спецификации и модельной проверки небольших систем.	Защита ЛР

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

2.3.3. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые проекты не предусмотрены

2.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Работа с лекционным материалом	1. Карпов Ю.Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 560 с. 2. Кларк Э.М., Грамберг О., Пелед Д. Верификация моделей программ: ModelChecking. – М.: МЦНМО, 2002. – 416 с. 3. Bryant R.E. Graph-based algorithms for boolean function manipulation /

		<p>IEEE Transactions on Computers, C-35(8), 1986, p. 677-691.</p> <p>4. Tarian R. Depth-first search and linear graph algorithms / SIAM Journal on Computing, 1(2), 1972, p. 146-169.</p> <p>5. Камкин А.С. Введение в формальные методы верификации программ. – М.:Макс Пресс, 2018. – 272 с.</p>
2.	Изучение теоретического материала к лабораторным занятиям	<p>1. Карпов Ю.Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 560 с.</p> <p>2. Кларк Э.М., Грамберг О., Пелед Д. Верификация моделей программ: ModelChecking. – М.:МЦНМО, 2002. – 416 с.</p> <p>3. Bryant R.E. Graph-based algorithms for boolean function manipulation / IEEE Transactions on Computers, C-35(8), 1986, p. 677-691.</p> <p>4. Tarian R. Depth-first search and linear graph algorithms / SIAM Journal on Computing, 1(2), 1972, p. 146-169.</p> <p>5. Камкин А.С. Введение в формальные методы верификации программ. – М.:Макс Пресс, 2018. – 272 с.</p>
3.	Подготовка к зачету	<p>1. Карпов Ю.Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 560 с.</p> <p>2. Кларк Э.М., Грамберг О., Пелед Д. Верификация моделей программ: ModelChecking. – М.:МЦНМО, 2002. – 416 с.</p> <p>3. Bryant R.E. Graph-based algorithms for boolean function manipulation / IEEE Transactions on Computers, C-35(8), 1986, p. 677-691.</p> <p>4. Tarian R. Depth-first search and linear graph algorithms / SIAM Journal on Computing, 1(2), 1972, p. 146-169.</p> <p>5. Камкин А.С. Введение в формальные методы верификации программ. – М.:Макс Пресс, 2018. – 272 с.</p>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Семестр	Вид занятия (Л, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
11	Л	Компьютерные презентации и обсуждение	36
	ЛР	Разбор конкретных задач, задания на программирование моделей реактивных систем с использованием специализированного ПО.	36
Итого:			72

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Спецификация и верификация программ методом Model Checking».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным темам разделов дисциплины, разно уровневых заданий и промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к экзамену.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора	Результаты обучения	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, теории коммуникаций.	Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, теории коммуникаций в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на экзамен
2	ОПК-1.2. Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты.	Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на экзамен
3	ОПК-1.3. Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности.	Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на экзамен
4	ОПК-3.1. Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей.	Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на экзамен
5	ОПК-3.2. Умеет соотносить знания в области программирования, интерпретацию прочитанного, определять и создавать информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем.	Умеет соотносить знания в области программирования, интерпретацию прочитанного, определять и создавать информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на экзамен
6	ОПК-3.3. Имеет практический опыт применения разработки программного обеспечения и тестирования программных продуктов.	Имеет практический опыт применения разработки программного обеспечения и тестирования программных продуктов в области спецификации и верификации программ методом Model Checking.	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на экзамен

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний,

умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Индивидуальные задачи (выполняются студентами самостоятельно и предоставляются в письменном виде).

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)

Перечень вопросов, которые выносятся на экзамен.

1. Понятие реактивной системы и примеры реактивных систем. Постановка задачи модельной проверки и ее отличие от дедуктивной верификации.
2. Определение модели Крипке и развертка модели. Пример модели Крипке.
3. Логическое описание модели Крипке. Пример логического описания.
4. Логическое описание цифровой схемы. Пример описания цифровой схемы.
5. Типовой набор операторов последовательной программы и правила разметки последовательной программы.
6. Правила трансляции размеченной программы в систему логических формул.
7. Смысл условий справедливости, безопасности и живости. Выразимость условий справедливости в модели Крипке.
8. Темпоральные операторы LTL-логики и их свойства. Примеры использования.
9. Кванторы путей в дереве вычислений. Структура формул STL-логики. Смысл формул путей и формул состояния. Примеры STL-формул.
10. Структура формул STL*-логики. Сравнение LTL-логики, STL-логики и STL*-логики.
11. Определение автомата Бюхи. Определение ω -регулярного языка. Трансляция модели Крипке в автомат Бюхи.
12. Обобщенный автомат Бюхи. Определение ω -регулярного языка для обобщенного автомата Бюхи. Теорема о консервативности.
13. Свойства замкнутости класса ω -регулярных языков. Критерий непустоты ω -регулярного языка, определенного заданным автоматом Бюхи.
14. Формулировка модельной проверки через проблему пустоты ω -регулярного языка. Основные шаги алгоритма модельной проверки, основанной на применении автоматов Бюхи и проверки свойства пустоты.
15. Построение автомата Бюхи по заданной LTL-формуле. Представление состояний автомата, отношения переходов и семейства допускающих состояний.
16. Выразимость темпоральных операторов STL-логики через **EX**, **EG**, **EU** и логические связки.
17. Алгоритм разметки состояний модели Крипке формулами STL-логики (за исключением случая формул с **EU**).
18. Алгоритм разметки состояний модели Крипке формулами STL-логики с оператором **EU**.
19. Алгоритм разметки состояний модели Крипке формулами STL-логики с оператором **EG**.
20. Подход к разметке состояний модели Крипке формулами STL-логики, учитывающий условия справедливости.
21. Подход к модельной проверке формулы STL*-логики.
22. Неразрешимость униформной модельной проверки.
23. Определение двоичного разрешающего дерева для заданной логической формулы и двоичной разрешающей диаграммы по нему. Правила построения упорядоченной двоичной разрешающей диаграммы – OBDD. Примеры OBDD.
24. Представление отношений и множеств упорядоченными двоичными разрешающими диаграммами – OBDD. Подход к представлению модели Крипке OBDD.
25. Преобразователь предикатов на множестве состояний модели Крипке. Свойства монотонности, непрерывности. Определение и смысл неподвижной точки преобразователя предикатов.
26. Свойства монотонных преобразователей предикатов. Вычисление неподвижных точек преобразователей предикатов.
27. Представление темпоральных операторов как неподвижных точек преобразователей предикатов.

28. Структура квантифицированных булевских формул и определение их значений.
29. Символьный алгоритм модельной проверки для CTL-формул.
30. Назначение и структура SPIN. Назначение и структура SMV.
31. Характеристика языка Promela. Типы, работа с каналами. Управление.
32. Задание процессных типов. Процесс init. Задание логических формул в Promela.

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

5.1. Учебная литература

5.1.1. Основная литература:

1. Камкин А.С. Введение в формальные методы верификации программ. – М.:Макс Пресс, 2018. – 272 с.

5.1.2. Дополнительная литература:

1. Карпов Ю.Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010.– 560 с.
2. Кларк Э.М., Грамберг О., Пелед Д. Верификация моделей программ: ModelChecking. – М.:МЦНМО, 2002.– 416 с.
3. Bryant R.E. Graph-based algorithms for boolean function manipulation / IEEE Transactions on Computers, C-35(8), 1986, p. 677-691.
4. Tarian R. Depth-first search and linear graph algorithms / SIAM Journal on Computing, 1(2), 1972, p. 146-169.

5.1.3. Учебно-методическая литература

1. Карпов Ю.Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010.– 560 с.
2. Кларк Э.М., Грамберг О., Пелед Д. Верификация моделей программ: ModelChecking. – М.:МЦНМО, 2002.– 416 с.
3. Bryant R.E. Graph-based algorithms for boolean function manipulation / IEEE Transactions on Computers, C-35(8), 1986, p. 677-691.
4. Tarian R. Depth-first search and linear graph algorithms / SIAM Journal on Computing, 1(2), 1972, p. 146-169.
5. Камкин А.С. Введение в формальные методы верификации программ. – М.:Макс Пресс, 2018. – 272 с.

5.2. Периодическая литература

1. Автоматика и вычислительная техника.
2. Реферативный журнал ВИНТИ
3. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
4. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>

7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>)
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84dlf.xn--plai/voprosy_i_otvety
15. Philology.ru [Электронный ресурс]: [филологический портал]. - Режим доступа:– <http://www.philology.ru/>, свободный (дата обращения: 2.02.2017) (библиотека филологических текстов (монографий, статей, методических пособий).
16. Языкознание.ру [Электронный ресурс] : [образовательный портал]. – Режим доступа:– <http://yazykoznanie.ru>, свободный (дата обращения: 2.02.2017) (ресурс для изучающих различные лингвистические дисциплины).
17. Linguists [Электронный ресурс]: [образовательный портал]. – Режим доступа: <http://linguists.narod.ru>, свободный (дата обращения: 12.02.2017) (Ресурсы для переводчиков и лингвистов, содержит список других сетевых ресурсов).
18. Лингвистика для школьников [Электронный ресурс]: [образовательный сайт]. – Режим доступа: –<http://lingling.ru/>, свободный (дата обращения: 2.02.2017).
19. COGNITIV [Электронный ресурс]: [образовательный портал]. – Режим доступа: <http://cognitiv.narod.ru>, свободный (дата обращения: 5.01.2017) (Сайт для ученых-языковедов всех специальностей (обмен новейшей информацией в области лингвистики; обсуждение фундаментальных и прикладных проблем языкознания, а также вопросов взаимоотношения языка, культуры и общества).

20. Лингвистический энциклопедический словарь [Электронный ресурс]: [он-лайн-словарь]. – Режим доступа: <http://lingvisticheskiy-slovar.ru/>, свободный (дата обращения: 17.01.2017).
21. Linguistics Dictionary Glossary Terms Lexicon Online [Электронный ресурс]: [образовательный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.glossary.sil.org/>, свободный (дата обращения: 12.02.2017) (глоссарий, содержащий более 950 лингвистических терминов с перекрестными ссылками и списком источников (SIL International)).

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий [http://mschool.kubsu.ru/](http://mschool.kubsu.ru;)
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (модуля)

Для освоения учебного материала студенту необходимо ознакомиться со структурой курса и методикой овладения материалом. Весь курс построен от простого к сложному и каждая его тема основана на материалах предыдущих тем. В это связи студенту необходимо не терять логику курса и строго ей следовать. В лекционном материале даются, как правило, теоретические сведения, которые раскрываются на практических примерах. Для закрепления теоретических знаний студент получает индивидуальное задание к циклу лабораторных работ, который охватывает весь теоретический материал. Каждая лабораторная работы защищается по мере выполнения. Таким образом, выполняя весь цикл лабораторных работ, студент получает и осваивает знания в соответствии с компетенциями курса. По выступлениям на круглом столе с преподавателем согласовывается тема выступления и готовится само выступление. Во время текущей аттестации могут проводиться контрольные опросы по начитанному теоретическому и практическому материалу.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащённость
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО) PowerPoint. ауд. 129, 131, А305.
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированными техническими средствами обучения – компьютерный класс, с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (лаб. 102-106.).

3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория, (кабинет) – компьютерный класс
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория, приспособленная для письменного ответа при промежуточной аттестации.
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Доступ печатным и электронным информационным ресурсам
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 146)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-	системы программирования на языках C++ и Object Pascal с возможностью многопользовательской работы

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
	Fi)	