



**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
Кафедра информационных технологий



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Б1.В.06 Функциональное программирование

Направление подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и
администрирование информационных систем

Направленность (профиль) подготовки Математическое обеспечение и
администрирование информационных систем

Квалификация выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Иркутск 2025 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели: получение навыков использования функциональных языков программирования и приобретения сведений о теоретических основах и принципах реализации функциональных языков программирования

Задачи: изучение основных приёмов создания программ на функциональных языках программирования на примере языка Hore; изучение теоретических основ функционального программирования - lambda-исчисления; изучение принципов реализации функциональных языков программирования - Eval/Apply интерпретатора и SECD машины

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина Б1.В.06 Функциональное программирование относится к части Блока 1 образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

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 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем:

ПК-5 Способен использовать основные концептуальные положения функционального, логического, объектно-ориентированного и визуального направлений программирования, методы, способы и средства разработки программ в рамках этих направлений.

4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных ед., 144 час.

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

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

Раздел дисциплины / тема	Виды учебной работы				Формы текущего контроля; Формы промежут. аттестации
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самост. работа	
	Лекции	Лаб. занятия	Практ. занятия		
Раздел I. Программирование на функциональных языках на примере Норе		12	12	21	
Раздел II. Теоретические основы функционального программирования		12	12	21	
Раздел III. Реализация функциональных языков		12	12	22	
Итого (6 семестр):		36	36	64	зач.с оц.

4.2. Содержание учебного материала

Раздел I. Программирование на функциональных языках на примере Норе

Принципы функционального программирования

Функциональные (аппликативные) языки программирования. Полные и частичные функции. Композиция функций. Встроенные функции. Функциональность (прозрачность по ссылкам). Конструкции языка НОРЕ. Базовые типы данных Норе. Рекурсия. Объявляемые инфиксные операторы. Квалифицированные выражения.

Структура программы на Паскале. Расширения в Object Pascal по сравнению с классическим Паскалем. Модули Object Pascal (unit), их структура и использование.

Типы данных Норе

Определяемые пользователем типы данных. Полиморфные типы данных. Списки. Именованые типов. Определение функций над типами данных. Сопоставление с образцом. Символ "безразлично". Тип данных tree - двоичное дерево. Стили программирования на функциональных языках. Доказательства по индукции свойств функций.

Функции высшего порядка

Функции высшего порядка. Функции map и reduce. Анонимные функции (L-выражения).

Виды вычислений

Виды вычислений. Вызов по необходимости. Энергичные и ленивые вычисления. Строгость функции. Энергичная и ленивая семантики. "Бесконечные" структуры данных. Функция from. Вычисления с неизвестными.

Раздел II. Теоретические основы функционального программирования

L-исчисление

L-исчисление - нотация для определения функций. L-выражения. Применение функции. Карринг. Свободные и связанные переменные. Виды ?-выражений.

Подстановки. ?-конверсия. ?-конверсия. ?-конверсия. Обобщенные конверсии.

Вывод в L-исчислении

Эквивалентность L-выражений. Тожественность и эквивалентность. Свойство Лейбница. Алфавитная эквивалентность. Прямые конверсии. Нормальная форма. Порядки редукции. Теорема Чёрча-Россера. Теорема стандартизации. Разделение переменных. Схемы редукции и механизмы вызова. Рекурсия в λ -исчислении. Y-комбинатор. Слабая заголовочная нормальная форма (СЗНФ).

Чистое L-исчисление

Синтаксис чистого L-исчисления. Булевы константы. Булевы операции. Списки в чистом λ -исчислении. Натуральные числа в чистом λ -исчислении. λ -исчисление де Брейна.

Комбинаторы

Понятие комбинатора. Аппликативные выражения. Комбинаторная логика.

Трансляция λ -выражений в комбинаторную форму. Определение функции абстрагирования. Функция трансляции λ -выражений. Дополнительные комбинаторы, упрощающие выражения КЛ. Оптимизация функции абстрагирования. Сравнение КЛ-представлений и λ -представлений.

Раздел III. Реализация функциональных языков

Вывод типов

Проверка типов. Вывод типов. Задачи системы вывода типов. Родовые переменные типа. Правила системы вывода типов. Алгоритм проверки типа W.

Промежуточные формы

Промежуточные формы представления функциональной программы. Примитивы выбора. Правила трансляции в промежуточный код. Трансляция составных данных. Трансляция сопоставления с образцом. Генерация дерева сопоставления (метод Ханта). Неперекрывающиеся образцы. Специализация (частный случай) образца. Однозначность набора образцов. Поиск наиболее подходящего образца. Литеральные образцы.

Eval/Apply интерпретатор

АТД Контекст. Энергичный интерпретатор. Определение APPLY. Обработка условных выражений. Ленивый интерпретатор. Задержка (рецепт). Вызов по необходимости.

SECD-машина - реализация на основе стеков

SECD-машина. Вычисление следующего состояния SECD-машины в энергичном варианте. Работа с условными выражениями. Представление рекурсии. Ленивая SECD-машина.

4.3. 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 задач 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. Рекомендуются 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

5.1. Литература, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Практика и теория программирования [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. "прикл. математика и физика" : в 2 кн. / Н. А. Винокуров, А. В. Ворожцов. - ЭБК. - М. : Физматкнига, 2008 - . - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-89155-180-0. Кн. 1, Ч. 1-2. - 191 с. - ISBN 978-5-89155-181-7 : 90.00 р.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная аудитория для проведения:

- занятий лекционного типа,
- занятий семинарского (практического) типа,
- групповых и индивидуальных консультаций,
- текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оснащение:

Учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории, для проведения занятий лекционного типа, практических занятий (семинарского типа), курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Для проведения занятий лекционного типа обучающимся предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.

6.2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Оснащение:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные учебной мебелью. Рабочие места обучающихся оборудованы компьютерной техникой и подключены в локальную вычислительную сеть, в т.ч. с использованием беспроводного Wi-Fi подключения, с возможностью выхода в глобальную сеть Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду.

6.3. Программное обеспечение

Приложение для чтения PDF-файлов, браузер для просмотра интернет контента, приложение для создания PDF-файлов.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Список вопросов для промежуточной аттестации:

Принципы функционального программирования

Функциональные (аппликативные) языки программирования. Полные и частичные функции. Композиция функций. Встроенные функции. Функциональность (прозрачность по ссылкам). Конструкции языка HOPE. Базовые типы данных Hope. Рекурсия.

Объявляемые инфиксные операторы. Квалифицированные выражения.

Структура программы на Паскале. Расширения в Object Pascal по сравнению с классическим Паскалем. Модули Object Pascal (unit), их структура и использование.

Типы данных Hope

Определяемые пользователем типы данных. Полиморфные типы данных. Списки.

Именованые типов. Определение функций над типами данных. Сопоставление с образцом.

Символ "безразлично". Тип данных tree - двоичное дерево. Стили программирования на функциональных языках. Доказательства по индукции свойств функций.

Функции высшего порядка

Функции высшего порядка. Функции map и reduce. Анонимные функции (L-выражения).

Виды вычислений

Виды вычислений. Вызов по необходимости. Энергичные и ленивые вычисления. Строгость функции. Энергичная и ленивая семантики. "Бесконечные" структуры данных. Функция from. Вычисления с неизвестными.

L-исчисление

L-исчисление - нотация для определения функций. L-выражения. Применение функции. Карринг. Свободные и связанные переменные. Виды λ -выражений. Подстановки. λ -конверсия. λ -конверсия. λ -конверсия. Обобщенные конверсии.

Вывод в L-исчислении

Эквивалентность L-выражений. Тожественность и эквивалентность. Свойство Лейбница. Алфавитная эквивалентность. Прямые конверсии. Нормальная форма. Порядки редукции. Теорема Чёрча-Россера. Теорема стандартизации. Разделение переменных. Схемы редукции и механизмы вызова. Рекурсия в λ -исчислении. Y-комбинатор. Слабая заголовочная нормальная форма (СЗНФ).

Чистое L-исчисление

Синтаксис чистого L-исчисления. Булевы константы. Булевы операции. Списки в чистом λ -исчислении. Натуральные числа в чистом λ -исчислении. λ -исчисление де Брейна.

Комбинаторы

Понятие комбинатора. Аппликативные выражения. Комбинаторная логика. Трансляция λ -выражений в комбинаторную форму. Определение функции абстрагирования. Функция трансляции λ -выражений. Дополнительные комбинаторы, упрощающие выражения КЛ. Оптимизация функции абстрагирования. Сравнение КЛ-представлений и λ -представлений.

Вывод типов

Проверка типов. Вывод типов. Задачи системы вывода типов. Родовые переменные типа. Правила системы вывода типов. Алгоритм проверки типа W.

Промежуточные формы

Промежуточные формы представления функциональной программы. Примитивы выбора. Правила трансляции в промежуточный код. Трансляция составных данных. Трансляция сопоставления с образцом. Генерация дерева сопоставления (метод Ханта).

Неперекрывающиеся образцы. Специализация (частный случай) образца. Однозначность набора образцов. Поиск наиболее подходящего образца. Литеральные образцы.

Eval/Apply интерпретатор

АТД Контекст. Энергичный интерпретатор. Определение APPLY. Обработка условных выражений. Ленивый интерпретатор. Задержка (рецепт). Вызов по необходимости.

SECD-машина - реализация на основе стеков

SECD-машина. Вычисление следующего состояния SECD-машины в энергичном варианте. Работа с условными выражениями. Представление рекурсии. Ленивая SECD-машина.