

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

23 декабря 2024 г.

Регистрационный №УД- 13673/уч.



МЕТОДЫ ТРАНСЛЯЦИЙ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

1-31 03 07 Прикладная информатика (по направлениям)

направление специальности:

**1-31 03 07-01 Прикладная информатика (программное обеспечение
компьютерных систем)**

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 07-2021 учебных планов № G31-1-216/уч. от 22.03.2022, № G31-1-224/уч. ин. от 27.05.2022.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В. Рябый – старший преподаватель кафедры многопроцессорных систем и сетей факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.В. Горячкин – доцент кафедры технологий программирования факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

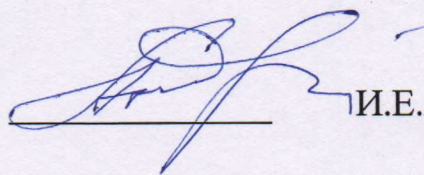
В.К. Чугунов – руководитель отдела поддержки эксплуатации продуктов и контроля качества ООО «Атлантконсалтсофт».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой многопроцессорных систем и сетей БГУ
(протокол № 4 от 21.11.2024);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 5 от 19.12.2024)

Заведующий кафедрой



И.Е.Андрушкевич

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Учебная дисциплина «Методы трансляций» знакомит студентов с основными методами и технологиями, базирующимися на применении математического аппарата теории формальных языков и конечных автоматов при разработке трансляторов.

Цель учебной дисциплины «Методы трансляций»: создание базы для представлений об организации и технологии проектирования современных компьютерных систем.

Математическому аппарату, алгоритмам, технологиям проектирования трансляторов будущие специалисты смогут найти применение не только в трансляции, но и в интеллектуальных системах обработки текстовой информации, управления базами данных, генерации электронных устройств и других областях проектирования программного обеспечения.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование у студентов понятия процессов интерпретации и компиляции;
- формирование представления о фазах лексического, синтаксического, семантического анализа, генерации и интерпретации объектного кода целевой машины (платформы);
- ознакомление с методами теории формальных языков и грамматик для спецификации лексики, синтаксиса и трансляции входных языков программирования;
- ознакомление с методами теории конечных и магазинных (стековых) автоматов при проектировании отдельных компонент компиляторов;
- формирование представлений об оптимизирующих преобразованиях и критериях качества генерируемого объектного кода.

Место учебной дисциплины

В системе подготовки специалиста с высшим образованием по специальности 1-31 03 07 Прикладная информатика (по направлениям), направления специальности 1-31 03 07-01 Прикладная информатика (программное обеспечение компьютерных систем) учебная дисциплина относится **к модулю «Прикладное программирование»** компонента учреждения высшего образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных **связей** с учебными дисциплинами модуля «Дискретная математика и алгоритмы».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Методы трансляций» должно обеспечить формирование следующих специализированных компетенций:

СК Использовать программные средства и технологии для создания прикладного программного обеспечения.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:
знать:

- основные понятия и фазы процесса трансляции и интерпретации, методы спецификации входного языка;
- методы и основные алгоритмы разработки лексических анализаторов и синтаксических анализаторов;
- основные понятия и методы спецификации синтаксически управляемых переводов;
- принципы генерации и оптимизации объектного кода;
- уметь:**
 - специфицировать классы лексем и проектировать лексические анализаторы;
 - проектировать LL(1) – анализатор по входной грамматике;
 - проектировать LR(1) – анализатор по входной грамматике;
 - специфицировать простые синтаксически управляемые схемы перевода;
- владеть:**
 - метаязыком регулярных выражений и алгоритмами построения детерминированных конечных автоматов;
 - технологией и алгоритмами разработки LL(1) – анализатора по входной грамматике;
 - технологией и алгоритмами разработки LR(1) – анализатора по входной грамматике.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 6-м семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Методы трансляций» отведено для очной формы получения высшего образования – 90 часов, в том числе 34 аудиторных часов, лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 16 часов. Из них: лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 14 часов, управляемая самостоятельная работа – 2 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Процесс трансляции

Тема 1.1. Принципиальная схема процесса трансляции и основные типы языковых процессоров

Понятие входного и выходного языка. Языковые процессоры. Компиляторы и интерпретаторы. Основные блоки трансляторов (лексический, синтаксический и семантический анализаторы, генератор команд, оптимизация программ). Однофазные и многофазные трансляторы.

Раздел 2. Лексический анализ

Тема 2.1. Регулярные выражения и распознаватели регулярных множеств

Задача лексического анализа. Понятие лексемы. Определение алфавита класса лексем и спецификация класса лексем. Диаграммы и недетерминированные конечные автоматы (НКА). Детерминированные конечные автоматы (ДКА). Преобразование НКА в ДКА.

Тема 2.2. Декартово произведение детерминированных конечных автоматов

Определение общего алфавита системы классов лексем. Классификация переходов автомата. Схема построения лексического анализатора (сканера). Определение функции действий сканера.

Раздел 3. Описание (спецификация) языка

Тема 3.1. Классификация грамматик и формальных языков по Хомскому

Порождающие грамматики, контекстно-зависимые, контекстно-свободные, лево- и право-линейные грамматики. Отношения выводимости и языка. Контекстно-свободные грамматики и языки. Канонические выводы. Задача грамматического разбора. Деревья вывода. Проблема грамматического разбора. Синтаксические деревья и неоднозначность грамматик. Нормальная форма Бэкуса-Наура.

Раздел 4. Синтаксический анализ

Тема 4.1. Стратегии синтаксического анализа: нисходящая и восходящая

Нисходящий синтаксический анализ: ограничения, накладываемые на грамматику входного языка. Устранение левой рекурсии. Левая факторизация. Словарные функции $FIRST_k(X)$ и $FOLLOW_k(X)$ и их свойства. Алгоритм

вычисления значений функции $FIRST_k(X)$. $LL(k)$ -грамматики. Определение класса $LL(k)$ -грамматик. $SLL(k)$ -грамматики. Построение управляющей $LL(k)$ -таблицы при $k=1$. LL -анализаторы.

Тема 4.2. Стратегия восходящего синтаксического анализа и активные префиксы грамматики

Понятие основы. Активные префиксы грамматики. Определение $LR(k)$ -ситуации. Замкнутые множества $LR(k)$ -ситуаций. Функция переходов на множестве активных префиксов грамматики. Регулярность множества активных префиксов грамматики. Функция действий и определение $LR(k)$ -грамматики. Синтаксический анализатор $LR(k)$ -грамматики. $SLR(1)$ -анализатор. $LALR(1)$ -анализатор.

Раздел 5. Синтаксически управляемые переводы

Тема 5.1. Атрибутные транслирующие грамматики

Концепция синтаксически управляемого перевода. Транслирующие грамматики. Наследуемые и синтезируемые атрибуты. Контекстные условия и их верификация.

Раздел 6. Генерация кода

Тема 6.1. Внутренние формы промежуточных представлений и объектные языки

Абстрактное синтаксическое дерево. ПОЛИЗ. Объектный язык стековой машины. Семантические подпрограммы генератора кода. Особенности обработки и генерации объектного кода для различных синтаксических конструкций. Распределение памяти для глобальных, локальных и динамических объектов.

Раздел 7. Оптимизация и инструментальные средства разработки транслятора

Тема 7.1. Виды оптимизаций и инструментальные средства

Критерии оптимизации. Оптимизация арифметических выражений, линейных участков, циклов. Машинно-независимая и машинно-зависимая оптимизация объектного кода. Понятие компилятора компиляторов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Процесс трансляции	2			2			
1.1	Принципиальная схема процесса трансляции и основные типы языковых процессоров	2			2			Устная защита лабораторных работ
2	Лексический анализ	4			4			
2.1	Регулярные выражения и распознаватели регулярных множеств	2			2			Контрольная работа №1. Устная защита лабораторных работ
2.2	Декартово произведение детерминированных конечных автоматов	2			2			Контрольная работа №2. Устная защита лабораторных работ
3	Описание (спецификация) языка	2					2	
3.1	Классификация грамматик и формальных языков по Хомскому	2					2	Собеседование по заданиям УСР
4	Синтаксический анализ	4			4			

4.1	Стратегии синтаксического анализа: нисходящая и восходящая	2			2			Устная защита лабораторных работ
4.2	Стратегия восходящего синтаксического анализа и активные префиксы грамматики	2			2			Контрольная работа №3. Устная защита лабораторных работ
5	Синтаксически управляемые переводы	2			2			
5.1	Атрибутные транслирующие грамматики	2			2			Устная защита лабораторных работ
6	Генерация кода	2			2			
6.1	Внутренние формы промежуточных представлений и объектные языки	2			2			Контрольная работа №4. Устная защита лабораторных работ
7	Оптимизация и инструментальные средства разработки транслятора	2						
7.1	Виды оптимизаций и инструментальные средства	2						Устный опрос

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Свердлов, С. З. Языки программирования и методы трансляции : учебное пособие / С. З. Свердлов. - Изд. 2-е, испр. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2019. - 560 с.
2. Лазарева, И. М. Теория языков программирования и методы трансляции: учеб. пособие по дисциплине "Теория языков программирования и методы трансляции" по напр. подготовки 01.03.02 "Прикладная математика и информатика: Системное программирование и комп. технологии" / И. М. Лазарева; М-во образования и науки РФ, Мурманский арктический гос. ун-т. - Мурманск: МАГУ, 2018. - 97 с.
3. Шостак, Е. В. Основы построения трансляторов языков программирования : учеб.-метод. пособие / Е. В. Шостак, И. М. Марина, Д. Е. Оношко ; М-во образования Республики Беларусь, УО "Бел. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники", Факультет комп. систем и сетей, Каф. программного обеспечения инф. технологий. - Минск: БГУИР, 2019. - 65 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Хопкрофт, Джон Э. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений = Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation / Джон Хопкрофт, Раджив Мотвани, Джеффри Ульман ; пер. с англ. О. И. Васылык и др.; под ред. А. Б. Ставровского. - 2-е изд. - Москва : Вильямс, 2002. - 527 с.
2. Вирт Никлаус. Построение компиляторов / Пер. с англ. Борисов Е. В., Чернышов Л. Н. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 192 с. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/384356/reading>
3. Вирт, Никлаус. Алгоритмы и структуры данных : с примерами на Паскале / Никлаус Вирт ; [пер. с англ. Д. Б. Подшивалова]. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Невский Диалект, 2008. - 352 с. : ил. - (Библиотека программиста).
4. Опалева Э. Языки программирования и методы трансляции / Э. Опалева, В. Самойленко. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2014. - 480 с.. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/18588/reading>.
5. Серебряков, В. А. Теория и реализация языков программирования / В.А. Серебряков. - Москва : Физматлит®, 2012. - 235 с.
6. Ахо, А., Лам, М., Сети, Р., Ульман, Дж. Д., Компиляторы: принципы, технологии и инструменты.: 2-е издание, пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2021. — 1184 с.
7. Ахо, Альфред В. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции : [в 2 т.]. Т. 1. Синтаксический анализ / пер. с англ. В. Н. Агафонова под ред. В. М. Курочкина / А. Ахо, Дж. Ульман . - Москва : Мир, 1978. - 612 с.

8. Ахо, Альфред В. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции : [в 2 т.]. Т. 2. Компиляция / пер. с англ. А. Н. Бирюкова, В. А. Серебрякова под ред. В. М. Курочкина / А. Ахо, Дж. Ульман . - Москва : Мир, 1978. - 487 с.

9. Рябый, В.В. Методы проектирования лексических и синтаксических анализаторов: учеб. материалы для студентов факультета прикладной математики и информатики / В. В. Рябый. – Минск: БГУ, 2015. – 62с.

Электронные ресурсы

1. Образовательный портал БГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edufpmi.bsu.by/course/view.php?id=69> – Дата доступа: 30.05.2023.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Объектом диагностики компетенций студентов являются знания, умения, полученные ими в результате изучения учебной дисциплины. Выявление учебных достижений студентов осуществляется с помощью мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для диагностики компетенций в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы:

1. Устная форма: опросы, устная защита лабораторных работ.
2. Письменная форма: контрольные работы
3. Собеседования по заданиям УСР.

В качестве рекомендуемых технических средств диагностики используется обучение, организованное на платформе Moodle (<https://edufpmi.bsu.by>).

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Методы трансляций» учебным планом предусмотрен **зачет**.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 3.1. Классификация грамматик и формальных языков по Хомскому (2 часа)

Порождающие грамматики, контекстно-зависимые, контекстно-свободные, лево- и право-линейные грамматики.

Форма контроля – собеседование.

Примерная тематика лабораторных занятий

1. Настройка опций и параметров для препроцессора, компилятора и редактора связей.

2. Разработка регулярного выражения, диаграммы состояний для заданного класса лексем входного языка.
3. Преобразование недетерминированного автомата в эквивалентный детерминированный конечный автомат.
4. Эквивалентные преобразования контекстно-свободных грамматик и вычисление словарной функции $FIRST_1(X)$.
5. Проверка выполнимости условий существования $LL_1(G)$ -парсера.
6. Вычисление словарной функции $FOLLOW_1(X)$.
7. Проверка выполнимости условий существования $SLR_1(G)$ -парсера.
8. Построение синтаксически управляемой схемы перевода.
9. Создание приложения с применением встроенного объекта расширенного класса регулярных выражений.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются следующие методы:

- **метод учебной дискуссии**, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Использование данного метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

- **метод группового обучения**, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

В качестве технических средств организации работы в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать Образовательный портал БГУ (<https://edufpmi.bsu.by>) – инструмент с эффективной функциональностью контроля, тренинга и самостоятельной работы.

Используются также **методы и приемы развития критического мышления**, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

При организации образовательного процесса применяется **практико-ориентированный подход**, предполагающий освоение содержания дисциплины через выполнение практических заданий, имеющих элементы учебно-исследовательской деятельности.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные ресурсы: разместить на образовательном портале комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, методические указания к лабораторным занятиям, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательного стандарта высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к зачету, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Рекомендуемая тематика контрольных работ

Контрольная работа № 1

Регулярные выражения и распознаватели регулярных множеств

Контрольная работа № 2

Декартово произведение детерминированных конечных автоматов и классификация переходов автомата

Контрольная работа № 3

Стратегия восходящего синтаксического анализа и активные префиксы грамматики

Контрольная работа № 4

Внутренние формы промежуточных представлений и объектные языки

Примерный вариант контрольной работы № 1

Для класса лексем входного языка разработать детерминированный конечный автомат, допускающий данный класс лексем

Примерный вариант контрольной работы № 2

Построить декартово произведение детерминированных конечных автоматов

Примерный вариант контрольной работы № 3

Для заданной контекстно-свободной грамматики вычислить словарную функции $FOLLOW_1(X)$

Примерный вариант контрольной работы № 4

Определить внутреннюю форму представления заданного фрагмента кода входной программы

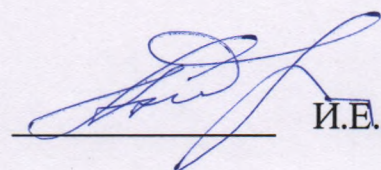
Примерный перечень вопросов к зачету

1. Принципиальная схема процесса трансляции и основные типы языковых процессоров.
2. Детерминированные конечные автоматы (ДКА). Преобразование недетерминированного конечного автомата (НКА) в ДКА.
3. Декартово произведение детерминированных конечных автоматов и классификация переходов автомата.
4. Контекстно-свободные грамматики и языки. Канонические выводы. Задача грамматического разбора. Деревья вывода.
5. Алгоритм вычисления значений функции $FIRST_k(X)$.
6. Определение класса $LL(k)$ -грамматик. $SLL(k)$ -грамматики. Построение управляющей $LL(k)$ -таблицы при $k=1$.
7. Регулярность множества активных префиксов грамматики. Функция действий и определение $LR(k)$ -грамматики. Синтаксический анализатор $LR(k)$ -грамматики. $SLR(1)$ -анализатор.
8. Атрибутные транслирующие грамматики.
9. Внутренние формы промежуточных представлений и объектные языки.
10. Виды оптимизаций и инструментальные средства разработки транслятора.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой
многопроцессорных систем и сетей
кандидат физико-математических наук,
доцент


И.Е. Андрушкевич

21 ноября 2024 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
