

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением президиума
Ученого совета ННГУ
от 14.12.2021 г.
протокол № 4

**Рабочая программа дисциплины
Work program of the course**

Нелинейная логика

Non-linear logic

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Level of higher education

бакалавриат

bachelor's degree program

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

Training direction / speciality

02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

02.03.02 Fundamental Computer Science and Information Technology

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Orientation of educational program

Общий профиль

General profile

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

form of study

очная

full-time

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород, 2022 год

Nizhni Novgorod, 2022

21. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.06 «Нелинейная логика» относится к части ООП по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплина читается студентам 4 курса в 8 семестре, 5 зачетных единицы, 180 часов, зачет.

Discipline Б1.В.07 "Non-linear logic" refers to the part formed by the participants of educational relations.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.06 «Нелинейная логика» относится к части ООП направления подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) / Formed competencies (code, content of competence)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции / Planned learning outcomes for the discipline (module), in accordance with the indicator of achievement of competency		Наименование оценочного средства / Name of the evaluation tool
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) / Competency achievement indicator (code, indicator content)	Результаты обучения по дисциплине / Learning outcomes by the discipline	
ПК-5 Способен использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий / Ability to use modern instrumental and computing tools of information technology	ПК-5.2. Знает основные принципы автоматизации и компьютеризации процессов сбора и обработки физической информации / Student knows basic principles of automation and computerization for collecting and processing of physical information	Знать основные подходы к моделированию математических теорий; метод элиминации кванторов для доказательства алгоритмической разрешимости теорий; основные модели вычислений; понятия разрешимого отношения и вычислимой функции; понятие частично рекурсивной функции и формулировку тезиса Чёрча; основные принципы измерения алгоритмической сложности задач; определения классов P и NP; основы интуиционистской и модальной логики, лямбда-исчисления; формулировку теоремы Чёрча-Россера о ромбическом свойстве бета-редукции / Students must know the basic approaches to modeling of mathematical theories; quantifier elimination method to prove algorithmic solvability of theories; main calculating models; concepts of	собеседование / interview

		<i>solvable relation and computable function; concept of partially recursive function and formulation of Church thesis; main principles to measure algorithmic complexity of problems; definitions of classes P and NP; basics of intuitionistic and modal logics, of lambda-calculus; formulation of Church-Rosser theorem on rhombic property of beta-reduction</i>	
	<p>ПК-5.4. Умеет обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные с использованием современных информационных технологий; проводить численные расчеты физических величин при обработке экспериментальных результатов /</p> <p>Student is able to process data obtained in experiment with the use of modern information technology; make calculations of physical quantities when processing experimental results</p>	<p>Уметь применять метод элиминации кванторов для нескольких математических теорий; разрабатывать простейшие программы на машине Тьюринга и оценивать их сложность; приводить примеры разрешимых и неразрешимых отношений, вычислимых и невычислимых функций; приводить примеры задач из классов P и NP; строить простейшие интуиционистские и модальные фреймы Крипке, находить оценивание высказываний на этих фреймах; строить редукционные цепочки для простейших лямбда-термов; производить элиминацию лямбда-абстрактора для простейших комбинаторов /</p> <p>Students must be able to apply quantifier elimination method for several mathematical theories; to develop the simplest programs on Turing machine and to estimate their complexity; to give examples of solvable and unsolvable relations, of computable and incomputable functions; to give examples of problems from the classes P and NP; to construct the simplest intuitionistic and modal Kripke frames, to find evaluation for propositions on these frames; to construct reduction chains for the simplest lambda-terms; to perform lambda-abtractor elimination for the simplest combinators</p>	<p><i>тест /</i> <i>test</i></p> <p><i>задачи /</i> <i>tasks</i></p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения	
	Всего	8-й семестр
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180	180
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):	41	41
- занятия лекционного типа	20	20
- занятия семинарского типа	20	20
- занятия лабораторного типа	0	0
- текущий контроль (КСР)	1	1
самостоятельная работа	139	139

Промежуточная аттестация – зачет	0 (зачет)	0 (зачет)
----------------------------------	-----------	-----------

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
8-й семестр						
Тема 1. Приложения логического языка первого порядка к моделированию математических теорий / Applications of the first-order logical language to the modeling of mathematical theories	35	4	4	0	8	27
Тема 2. Метод элиминации кванторов / Quantifier elimination method	36	4	4	0	8	28
Тема 3. Изучение моделей вычислений на примере машины Тьюринга / Study of calculation models on the example of Turing machine	36	4	4	0	8	28
Тема 4. Интуиционистские и модальные логики / Intuitionistic and modal logics	36	4	4	0	8	28
Тема 5. Лямбда-исчисление и логика комбинаторов / Lambda calculus and logic of combinators	36	4	4	0	8	28
Текущий контроль (КСР)	1					1
Промежуточная аттестация – зачет	0					
Итого, 8-й семестр	180	20	20	0	40	140

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет по окончании 8-го семестра).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Выполнение домашних практических заданий с последующей проверкой и обсуждением. Изучение литературы и проработка теоретического материала лекционных занятий.

Образовательный материал для самостоятельной работы студента:

1. Сорочан С. В. Основы теории графов. Учебно-методическое пособие (на английском языке). Электронное издание. 2012.
http://eng.unn.ru/images/files/bach_it/Fundamentals_of_Graph_Theory.pdf

2. Алексеев В. Е., Таланов В. А. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений. М.: ИНТУИТ.РУ, Бином. Лаборатория знаний, 2012.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/101/101/info>

5

3. Алексеев В. Е., Захарова Д. В. Теория графов. Электронное издание. 2012.
<http://www.unn.ru/books/resources.html> 482.12.08.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить	При решении стандартных задач не продемонстрированы	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных	Продemonстрирован творческий подход к решению

	наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	стандартных задач с некоторыми недочетами.	стандартных задач с некоторыми недочетами	стандартных задач без ошибок и недочетов.	ых задач без ошибок и недочетов.	нестандартных задач.
--	--	---	--	---	---	----------------------------------	----------------------

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Приложения логического языка первого порядка к моделированию математических теорий. Аксиоматические и структурные теории, примеры, их развитие. Понятие теорем и элементарных теорий / Applications of the first-order logical language to the modeling of mathematical theories. Axiomatic and structural theories, examples, their development. The notion of theorems and elementary theories.	ПК-5
2. Свойства элементарных теорий: полнота, алгоритмическая разрешимость. Метод элиминации кванторов для доказательства алгоритмической разрешимости некоторых теорий (общий алгоритм) / Properties of elementary theories: completeness, algorithmic solvability. A method of quantifier elimination to prove the algorithmic solvability of certain	ПК-5

theories (general algorithm).	
3. Основной этап метода элиминации кванторов для доказательства алгоритмической разрешимости теории плотного линейного порядка без концевых точек / Main stage of quantifier elimination method to prove algorithmic solvability for the theory of dense linear order without end points.	ПК-5
4. Основные этапы метода элиминации кванторов для доказательства алгоритмической разрешимости теории целых чисел (алгоритм Пресбургера) / Main stages of quantifier elimination method to prove algorithmic solvability for the theory of integers (Presburger's algorithm).	ПК-5
5. Модели вычислений, машина Тьюринга: представление и преобразование информации, тьюринговы программы. Алгебра тьюринговых программ. Методика доказательства правильности тьюринговых программ / Computing models, Turing machine: representation and transformation of information, Turing programs, their algebra. Method for the proof of correctness for Turing programs.	ПК-5
6. Вычислимость и разрешимость: словарные функции и словарные отношения, полурешимые и разрешимые отношения, вычисляемые функции / Computability and solvability: word functions and word relations, semi-solvable and solvable relations, computable functions	ПК-5
7. Понятие частично-рекурсивных функций. Тезис Черча / The concept of partially recursive functions. Church thesis	ПК-5
8. Примеры невычислимой по Тьюрингу функции и алгоритмически неразрешимого отношения / Examples of uncomputable Turing function and algorithmically unsolvable relation.	ПК-5
9. Измерение алгоритмической сложности задач: временная и пространственная сложность алгоритмов / Measurement of algorithmic complexity of problems: time complexity and space complexity of algorithms. Upper and lower bounds on time complexity	ПК-5
10. Классы P и NP. Примеры задач из этих классов. Полиномиальная сводимость одной задачи к другой, NP-полные и NP-трудные задачи / Classes P and NP. Examples of tasks from these classes. Polynomial reducibility of one problem to another, NP-complete and NP-hard problems	ПК-5
11. Интуиционистские и модальные логики, их аксиоматика. Семантика моделей (фреймов) Крипке / Intuitionistic and modal logics, their axioms. Semantics of Kripke models (frames).	ПК-5
12. Лямбда-исчисление. Понятие лямбда-терма. Преобразования альфа-конверсии и бета-редукции с лямбда-термами. Редексы и редукционные цепочки / Lambda-calculus. Concept of lambda-term. Transformations of alpha-conversion and beta-reduction with lambda-terms. RedEx and reduction chains	ПК-5
13. Лямбда-исчисление. Понятие нормальной формы лямбда-терма. Основные стратегии редуцирования к нормальной форме. Теорема Чёрча-Россера /	ПК-5

λ ambda-calculus. Concept of normal form for lambda-term. Basic strategies for reducing to normal form. Church-Rosser theorem	
14. Лямбда-исчисление. Понятие комбинатора. Несколько важных комбинаторов, их свойства / Lambda-calculus. Concept of combinator. Several important combinators, their properties	ПК-5
15. Лямбда-исчисление. Понятие неподвижной точки терма. Теорема о существовании неподвижной точки у любого лямбда-терма / Lambda-calculus. Concept of stable point of a term. Theorem on existence of stable point for any lambda-term	ПК-5
16. Лямбда-исчисление. Понятие комбинатора неподвижной точки, теорема его существования. Парадоксальный комбинатор Карри и комбинатор неподвижной точки Тьюринга / Lambda-calculus. Concept of stable point combinator, theorem on its existence. Paradoxical Curry combinator and Turing stable point combinator	ПК-5
17. Лямбда-исчисление. Теорема о комбинаторной полноте. Реализация рекурсивных функций в классическом лямбда-исчислении / Lambda-calculus. Theorem on combinatory completeness. Realization of recursive functions in classical lambda-calculus	ПК-5
18. Реализация арифметических и логических функций в рамках классического лямбда-исчисления. Реализация массивов и связанных списков / Realization of arithmetic and logical functions in classical lambda-calculus. Realization of arrays and linked lists	ПК-5
19. Исчисление конверсий и экстенциональное лямбда-исчисление. Аксиомы экстенциональности и эта-конверсии, их эквивалентность / Conversion calculus and extensional lambda-calculus. Axioms of extensionality and eta-conversion, their equivalence	ПК-5
20. Элиминация абстрактора в экстенциональном лямбда-исчислении / Lambda-abstractor elimination in extensional lambda-calculus	ПК-5

5.2.2. Типовые тестовые задания (тесты) для оценки сформированности компетенции ПК-5.

1. Какие из приведенных ниже лямбда-термов имеют нормальную форму? /

Which of the following lambda-terms have normal form?

- а) $(\lambda x. x x) (\lambda x. x x)$
- б) $(\lambda x. x y) (\lambda x. x y) \quad (+)$
- в) $(\lambda x. x x) (\lambda x. x y) \quad (+)$
- г) $(\lambda x. x y) (\lambda x. x x) \quad (+)$

2. Какой из приведенных ниже лямбда-термов является нормальной формой для терма

$\lambda y. (\lambda x. x x) (\lambda x. x y) ? /$

Which of the following lambda-terms is normal form for the term $(\lambda x. x x) (\lambda x. x y) ?$

- а) $\lambda y. (\lambda x. x y) (\lambda x. x y)$
- б) $\lambda y. (\lambda x. x y) y$

в) $\lambda y. \lambda x. x y$
 г) $\lambda y. y y$ (+)

9

5.2.3. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-5.

1. Выясните, является ли предложение A теоремой теории плотного линейного порядка без концевых точек: /

Find out whether the sentence A is theorem of the theory of dense linear order without end points:

$$A = \exists z \forall y \exists x [(\neg R(z, y) \vee R(y, x)) \& [\neg R(z, x) \vee R(x, y)]]$$

2. Применяя алгоритм Пресбургера, выясните, является ли предложение A теоремой теории целых чисел с отношениями делимости: /

Applying Presburger algorithm, find out whether the sentence A is theorem of the theory of integers with divisibility predicates:

$$T = (\mathbb{Z}; <, D_2, D_3, \dots; +, -, 0, 1):$$

$$A = \exists y \exists x [(15y + 11 < 5x) \& (4x < 12y + 13) \& D_4(3x - 1) \& D_6(5x - 1) \& D_9(7x - 2)]$$

3. Напишите программу для машины Тьюринга, которая перерабатывала бы входное слово m над алфавитом $A = \{ 1 \}$ в выходное слово $[m/3]$ (здесь m – фиксированное, но заранее не известное натуральное число). Используя методику Флойда, докажите правильность работы написанной программы. Найдите верхние оценки ее пространственной и временной сложности /

Write a program for Turing machine that processes an input word m under the alphabet $A = \{ 1 \}$ into the output word $[m/3]$ (here m is fixed unknown number). Using Floyd technique, prove the correctness of this program. Find upper bounds for its space complexity and time complexity.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

Dirk van Dalen. Logic and Structure. Springer Science & Business Media. 2012.
<http://www.springer.com/gp/book/9781447145578>

б) дополнительная литература:

Yu. I. Manin. A Course in Mathematical Logic for Mathematicians. Springer Science & Business Media. 2009.
<http://www.springer.com/us/book/9781475743852>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Сорочан С. В. Основы дискретной математики. Учебно-методическое пособие (на английском языке). Электронное издание. 2012.
http://eng.unn.ru/images/files/bach_it/Osnovy_diskretnoy_matematiki.pdf
2. Алексеев В.Е., Киселева Л.Г., Смирнова Т.Г. Сборник задач по дискретной математике: Задачник. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 80с. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 487.12.08.
http://www.unn.ru/books/met_files/alekseev.pdf

- 10 3. Алексеев В. Е., Таланов В. А. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений. М.: ИНТУИТ.РУ, Бином. Лаборатория знаний, 2012.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/101/101/info>
4. Алексеев В. Е., Захарова Д. В. Теория графов. Электронное издание. 2012.
<http://www.unn.ru/books/resources.html> 482.12.08.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО /ОС ННГУ _____.

Автор: к.ф.-м.н., доц. _____ Сорочан С. В.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой: д.ф.м.н., проф. _____ Кузнецов М. И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 01.12.2021 года, протокол № 2.