

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Working programme of the discipline

Speech processing technologies

Higher education level

Master degree

Area of study / speciality

02.04.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

Focus /specialization of the study programme

Artificial Intelligence and Data Analysis

Mode of study

full-time

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2025

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ФТД.02 Технологии обработки речи является факультативом в образовательной программе.

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

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства | |
|--|--|---|------------------------------------|-------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| 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 ОПК-3.2: Умеет соотносить знания в области программирования, интерпретацию прочитанного, определять и создавать информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем ОПК-3.3: Имеет практический опыт применения разработки программного обеспечения и тестирования программных продуктов | ОПК-3.1: Знает теоретические основы методов и алгоритмов технологий обработки речи и их особенности в системах искусственного интеллекта (ИИ). / Knows the theoretical foundations of methods and algorithms of speech processing technologies and their features in artificial intelligence (AI) systems. ОПК-3.2: Умеет решать задачи подготовки исходных данных в виде аудиозаписей с заданным содержанием, выбирать алгоритмы обработки речи для решения конкретных задач и создавать речевые интерфейсы «человек-компьютер». /Can solve problems of preparing initial data in the form of audio recordings with given content, select speech processing algorithms to solve specific problems and create human-computer speech interfaces. ОПК-3.3: Имеет практический опыт применения и разработки программного обеспечения | Задачи | Зачёт: Контрольные вопросы |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | обработки речи. / Has practical experience in the application and development of speech processing software. | | |
|--|--|---|--|--|

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|--------------------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 1 |
| Часов по учебному плану | 36 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 0 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 3 |
| Промежуточная аттестация | 0 Зачёт |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование 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 (практические занятия/ лабора торные работы), часы | Всего | |
| | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 |
| Введение в речевые технологии / Introduction to speech technologies. | 2 | 2 | | 2 | |
| Цифровая обработка сигналов / Digital signal processing. | 2 | 2 | | 2 | |
| Введение в распознавание речи / Introduction to speech recognition | 5 | 4 | | 4 | 1 |
| State-space модели распознавания речи. / State-space models of speech recognition. | 2 | 2 | | 2 | |
| Контекстное моделирование при помощи языковых моделей. / Context modeling using language models. | 2 | 2 | | 2 | |

| | | | | | |
|--|----|----|---|----|---|
| Системы распознавания речи, основанные на механизмах внимания. / Attention-based speech recognition systems. | 4 | 4 | | 4 | |
| Последние разработки в ASR / Recent developments in ASR | 2 | 2 | | 2 | |
| Введение в синтез речи. / Introduction to speech synthesis. | 4 | 4 | | 4 | |
| Вокодеры. / Vocoders. | 5 | 4 | | 4 | 1 |
| Акустические модели. | 4 | 4 | | 4 | |
| Возможности акустических моделей. | 3 | 2 | | 2 | 1 |
| Аттестация | 0 | | | | |
| КСР | 1 | | | 1 | |
| Итого | 36 | 32 | 0 | 33 | 3 |

Contents of sections and topics of the discipline

1. Введение в речевые технологии.

История синтеза и распознавания. Какие существуют задачи в речевых технологиях. Как человек воспринимает звук. Сравнение с компьютерным зрением и обработкой естественных языков. /

1. Introduction to speech technologies.

History of synthesis and recognition. What are the tasks in speech technologies. How a person perceives sound. Comparison with computer vision and natural language processing.

2. Цифровая обработка сигналов.

Как звук дискретизируется для компьютеров. Характеристики аудиосигналов. Представления для работы со звуком. Дискретное преобразование Фурье. Спектрограмма, мелспектрограмма, мелкепстральные коэффициенты. Восстановление аудиосигнала из спектрограммы: алгоритм Гриффина-Лима. /

2. Digital signal processing.

How sound is sampled for computers. Characteristics of audio signals. Representations for working with sound. Discrete Fourier transform. Spectrogram, melspectrogram, melcepstral coefficients. Restoring an audio signal from a spectrogram: the Griffin-Lim algorithm.

3. Введение в распознавание речи.

Обсуждение задачи распознавания. Сравнение различных представлений текста в качестве единиц речи. Проблема выравнивания единиц речи и акустических признаков: State-space models, Attention mechanism. Дискриминативная и генеративная постановки задачи распознавания. Метрики качества распознавания. Word error rate(WER). Расстояние Левенштейна и алгоритм Левенштейна. /

3. Introduction to speech recognition.

Discussion of the recognition problem. Comparison of different representations of text as speech units. The problem of aligning speech units and acoustic features: State-space models, Attention mechanism. Discriminative and generative formulations of the recognition problem. Recognition quality metrics. Word error rate (WER). Levenshtein distance and Levenshtein algorithm.

4. State-space модели распознавания речи. Inference и train треллисы. Жадное декодирование.

Connectionist Temporal Classification (CTC) model. Неоднозначность отображения речевых единиц в текст. Необходимость специального “бланк”- символа. Треллисы с “бланк”-символом. Представление вероятности последовательности единиц речи. Функция потерь. Forward algorithm, backward algorithm, forward-backward algorithm. Мягкое выравнивание. /

4. State-space models of speech recognition. Inference and train trellises. Greedy decoding. Connectionist

Temporal Classification (CTC) model. Ambiguity of mapping speech units to text. Need for a special “blank” symbol. Trellises with a “blank” symbol. Representation of the probability of a sequence of speech units. Loss function. Forward algorithm, backward algorithm, forward-backward algorithm. Soft alignment.

5. Контекстное моделирование при помощи языковых моделей.

Проблемы жадного декодирования. Языковые модели, оценки качества - perplexity. N-gram, нейросетевое языковое моделирование. Beam Search decoding. Схема и алгоритм для CTC модели.

Интеграция языковых моделей в префиксное декодирование. /

5. Context modeling with language models.

Problems of greedy decoding. Language models, quality assessments - perplexity. N-gram, neural network language modeling. Beam Search decoding. Scheme and algorithm for the CTC model. Integration of language models into prefix decoding.

6. Системы распознавания речи, основанные на механизмах внимания.

Обусловливание языковых моделей на акустические признаки. Авторегрессионные энкодер-декодер модели с механизмом внимания. Схема. Декодер, его цели, схема, возможные реализации. Энкодер, его цели, схема, возможные реализации. Механизм внимания. Обучение и предсказание, функция потерь. Возможные проблемы такого моделирования и пути их решения.

6. Speech recognition systems based on attention mechanisms.

Conditioning language models on acoustic features. Autoregressive encoder-decoder models with an attention mechanism. Scheme. Decoder, its goals, scheme, possible implementations. Encoder, its goals, scheme, possible implementations. Attention mechanism. Training and prediction, loss function. Possible problems of such modeling and ways to solve them.

7. Последние разработки в ASR.

Masked Language Modelling. Semi-supervised learning. Noisy-Student training и Wav2Vec. Распознавание речи из аудиосигнала без промежуточного представления в виде спектрограммы или мелспектрограммы, путем скрытого представления модели. /

7. Latest developments in ASR.

Masked Language Modelling. Semi-supervised learning. Noisy-Student training and Wav2Vec. Speech recognition from an audio signal without intermediate representation in the form of a spectrogram or melspectrogram, by means of a hidden representation of the model.

8. Введение в синтез речи.

Обсуждение задачи. Проблемы неопределенности “правильности” синтеза. Метрики качества (MOS, CrowdMOS, MUSHRA, SER, SBS, Robotness). Схема синтеза. Препроцессинг текста. Генерация аудио. Конкатенативные подходы: дифонный синтез и Unit selection. Параметрический синтез. Семинар с реализацией дифонного синтеза. /

8. Introduction to speech synthesis.

Discussion of the problem. Problems of uncertainty of the “correctness” of synthesis. Quality metrics (MOS, CrowdMOS, MUSHRA, SER, SBS, Robotness). Synthesis scheme. Text preprocessing. Audio generation. Concatenative approaches: diphone synthesis and Unit selection. Parametric synthesis. Seminar with the implementation of diphone synthesis.

9. Вокодеры.

Цели вокодеров. Авторегрессионные модели. WaveNet - нейросетевой вокодер. Схема, блоки сети. Mu-law embedding. Обусловливание на акустические признаки. Обучение и предсказание. Masked Autoregressive Flow (MAF). Вариационные автокодировщики. Semi-supervised training. Grokking. /

9. Vocoder.

Vocoders' goals. Autoregressive models. WaveNet - neural network vocoder. Scheme, network blocks. Mu-law

embedding. Conditioning on acoustic features. Training and prediction. Masked Autoregressive Flow (MAF). Variational autoencoders. Semi-supervised training. Grokking.

10. Акустические модели.

Скрытые марковские модели. Полносвязные сети. Рекуррентные сети. RNN with frame- and phoneme-wise subnetworks (upsampling models). Attention based сети: Char2Wav, Tacotron. Проблемы расходимости attention. Способы решения. Local-sensitive attention. Tacotron2. Upsampling + Attention: Fast Pitch, Fast Speech. Soft upsampling. Локальный attention. /

10. Acoustic models.

Hidden Markov models. Fully connected networks. Recurrent networks. RNN with frame- and phoneme-wise subnetworks (upsampling models). Attention based networks: Char2Wav, Tacotron. Attention divergence problems. Solutions. Local-sensitive attention. Tacotron2. Upsampling + Attention: Fast Pitch, Fast Speech. Soft upsampling. Local attention.

11. Возможности акустических моделей.

Скрытые марковские модели. Полносвязные сети. Рекуррентные сети. RNN with frame- and phoneme-wise subnetworks (upsampling models). Attention based сети: Char2Wav, Tacotron. Проблемы расходимости attention. Способы решения. Local-sensitive attention. Tacotron2. Upsampling + Attention: Fast Pitch, Fast Speech. Soft upsampling. Локальный attention. /

11. Acoustic models' capabilities.

Hidden Markov models. Fully connected networks. Recurrent networks. RNN with frame- and phoneme-wise subnetworks (upsampling models). Attention based networks: Char2Wav, Tacotron. Attention divergence problems. Solutions. Local-sensitive attention. Tacotron2. Upsampling + Attention: Fast Pitch, Fast Speech. Soft upsampling. Local attention.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1) D. Jurafsky, J.H. Martin. Speech and Language Processing. 3rd Ed. draft, Jan 2025. -599p. Stanford University. <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ed3book.pdf>

2) Карпов А. А. Проектирование речевых интерфейсов для информационно-управляющих систем : учеб. пособие / Карпов А. А., Кипяткова И. С., Ронжин А. Л. - Санкт-Петербург : СПб ФИЦ РАН, 2012. - 76 с. - Книга из коллекции СПб ФИЦ РАН - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8088-0698-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=864765&idb=0>.

3) Springer Handbook of Speech Processing. 2007. 1170 p.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-540-49127-9.pdf>

4) Automatic Speech Recognition and Text-to-Speech / Ch.16 in Speech and Language Processing. Daniel Jurafsky & James H. Martin. Copyright © 2024. Draft of Jan12, 2025.
<https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/16.pdf>

5) L. R. Rabiner and R. W. Schafer, Introduction to Digital Speech Processing, Foundations and Trends® in Signal Processing, vol 1, no 1–2, pp 1–194, 2007.
https://research.iaun.ac.ir/pd/mahmoodian/pdfs/UploadFile_2643.pdf

6) Mehrish, et al. A Review of Deep Learning Techniques for Speech Processing. ArXiv.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.00359>

5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)

5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:

5.1.1 Model assignments (assessment tool - Tasks) to assess the development of the competency ОПК-3:

1. Семинарские работы (с выступлением на семинаре) / Seminar working (with a presentation at the seminar):

а) 1-й семинар. Знакомство со звуком, преобразование аудиосигнала до мелспектрограммы и обратно к аудиосигналу. / 1st seminar. Getting to know the sound, converting the audio signal to a melspectrogram and back to an audio signal.

б) 2-й семинар. Алгоритм Левенштейна, расстояние Левенштейна, визуализация преобразований из одного текста в другой. / The 2nd seminar. Levenshtein algorithm, Levenshtein distance, visualization of transformations from one text to another.

2. Большие домашние работы / Big homework:

а) Домашняя работа 1. Классификация цифр (Audio-MNIST) с использованием нейронных сетей. / Homework 1. Digit Classification (Audio-MNIST) Using Neural Networks.

Assessment criteria (assessment tool — Tasks)

| Grade | Assessment criteria |
|-------|--|
| pass | Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок. / All or most of the stages of solving the problem have been completed, or the problem has been solved with minor flaws. The results of the work have been presented to the teacher on time. |
| fail | Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю). / Not all practical tasks were completed or were not completed in full (an incomplete description of the stages of completing the tasks was provided, an incorrect answer was received, the results of the work were not presented to the teacher). |

5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | 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 несущественными 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Scale of assessment for interim certification

| Grade | | Assessment criteria |
|-------|-------------|---|
| pass | outstanding | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme. |

| | | |
|-------------|-----------------------|---|
| | excellent | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent", |
| | very good | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good", |
| | good | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good", |
| | satisfactory | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level. |
| fail | unsatisfactory | At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level. |
| | poor | At least one competency has been developed at the "poor" level. |

5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

5.3.1 Model assignments (assessment tool - Control questions) to assess the development of the competency ОПК-3

1. Введение в речевые технологии.

История синтеза и распознавания. Какие существуют задачи в речевых технологиях. Как человек воспринимает звук. Сравнение с компьютерным зрением и обработкой естественных языков. /

1. Introduction to speech technologies.

History of synthesis and recognition. What are the tasks in speech technologies. How a person perceives sound. Comparison with computer vision and natural language processing.

2. Цифровая обработка сигналов.

Как звук дискретизируется для компьютеров. Характеристики аудиосигналов. Представления для работы со звуком. Дискретное преобразование Фурье. Спектрограмма, мелспектрограмма, мелкепстральные коэффициенты. Восстановление аудиосигнала из спектрограммы: алгоритм Гриффина-Лима. /

2. Digital signal processing.

How sound is sampled for computers. Characteristics of audio signals. Representations for working with sound. Discrete Fourier transform. Spectrogram, melspectrogram, melcepstral coefficients. Restoring an audio signal from a spectrogram: the Griffin-Lim algorithm.

3. Введение в распознавание речи.

Обсуждение задачи распознавания. Сравнение различных представлений текста в качестве единиц речи. Проблема выравнивания единиц речи и акустических признаков: State-space models, Attention

mechanism. Дискриминативная и генеративная постановки задачи распознавания. Метрики качества распознавания. Word error rate(WER). Расстояние Левенштейна и алгоритм Левенштейна. /

3. Introduction to speech recognition.

Discussion of the recognition problem. Comparison of different representations of text as speech units. The problem of aligning speech units and acoustic features: State-space models, Attention mechanism. Discriminative and generative formulations of the recognition problem. Recognition quality metrics. Word error rate (WER). Levenshtein distance and Levenshtein algorithm.

4. State-space модели распознавания речи. Inference и train треллисы. Жадное декодирование. Connectionist Temporal Classification (CTC) model. Неоднозначность отображения речевых единиц в текст. Необходимость специального “бланк”- символа. Треллисы с “бланк”-символом. Представление вероятности последовательности единиц речи. Функция потерь. Forward algorithm, backward algorithm, forward-backward algorithm. Мягкое выравнивание. /

4. State-space models of speech recognition. Inference and train trellises. Greedy decoding. Connectionist Temporal Classification (CTC) model. Ambiguity of mapping speech units to text. Need for a special “blank” symbol. Trellises with a “blank” symbol. Representation of the probability of a sequence of speech units. Loss function. Forward algorithm, backward algorithm, forward-backward algorithm. Soft alignment.

5. Контекстное моделирование при помощи языковых моделей. Проблемы жадного декодирования. Языковые модели, оценки качества - perplexity. N-gram, нейросетевое языковое моделирование. Beam Search decoding. Схема и алгоритм для CTC модели. Интеграция языковых моделей в префиксное декодирование. /

5. Context modeling with language models.

Problems of greedy decoding. Language models, quality assessments - perplexity. N-gram, neural network language modeling. Beam Search decoding. Scheme and algorithm for the CTC model. Integration of language models into prefix decoding.

Assessment criteria (assessment tool — Control questions)

| Grade | Assessment criteria |
|-------|---|
| pass | Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок./ The student gave a detailed answer to all the questions without significant errors. |
| fail | При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач./ When answering, the student makes gross mistakes in the main material and in standard tasks solution. |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Карпов А. А. Проектирование речевых интерфейсов для информационно-управляющих систем : учеб. пособие / Карпов А. А., Кипяткова И. С., Ронжин А. Л. - Санкт-Петербург : СПб ФИЦ РАН, 2012. - 76 с. - Книга из коллекции СПб ФИЦ РАН - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8088-0698-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=864765&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Бессмертный И. А. Интеллектуальные системы : учебник и практикум / И. А. Бессмертный, А. Б. Нугуманова, А. В. Платонов. - Москва : Юрайт, 2023. - 243 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-01042-8. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=849292&idb=0>.

2. Чернышев С. А. Основы программирования на Python : учебное пособие / С. А. Чернышев. - 2-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 349 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-17139-6. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=870851&idb=0>.

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

1) Python 3.x [<http://www.python.org/>].

2) GUI testing lib pywinauto [<http://pywinauto.github.io/>]

3) Caffe filters and outputs [<http://nbviewer.jupyter.org/github/BVLC/caffe/blob/master/examples/00-classification.ipynb>].

4) Facebook for Torch [<https://github.com/facebook/iTorch>].

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Авторы: Турлапов Вадим Евгеньевич, доктор технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.