



пленарный доклад

# Анализ ведущих бакалавриатов и первого специалитета в области математики искусственного интеллекта

Н.В. Кузнецов (СПбГУ, РАН),

Т.А. Алексеева (НИУ ВШЭ, СПбГУ), Е.В. Кудряшова (СПбГУ), Р.Н. Мокаев (СПбГУ), Т.Н. Мокаев (СПбГУ)

Осенние математические чтения в Адигее  
2025

# Мотивация: Ретроспектива и актуальность

- 18 век: университетское образование  
**Мы все учились понемногу  
Чему-нибудь и как-нибудь..**
- 19 век: высшее инженерное образование (Институт путей сообщений, др.)  
**Три семестра связанных курсов высшей математики, пятилетнее образование**
- 20 век: адаптация под технологические вызовы и ИТ (Политех, Бауманка, ВМК, др.)  
**Фундаментальное математическое образование:  
шесть последовательных семестров связанных курсов фундаментальной математики**
- 21 век: адаптация под искусственный интеллект

**Необходимость преодоления разрыва между математиками и инженерами машинного обучения является критически важной для фундаментальных прорывов (А.В. Гасников)**

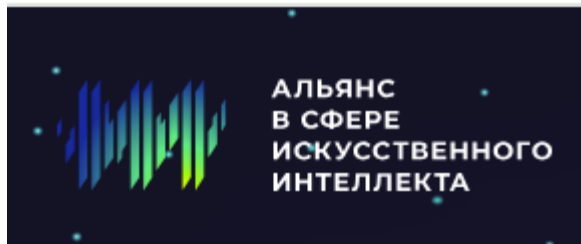
**Мы развалили отлаженную систему подготовки специалистов. Некоторые специальности требуют пяти-шести лет непрерывного обучения. (С.Е. Рукшин)**

# Мотивация: Ретроспектива и актуальность

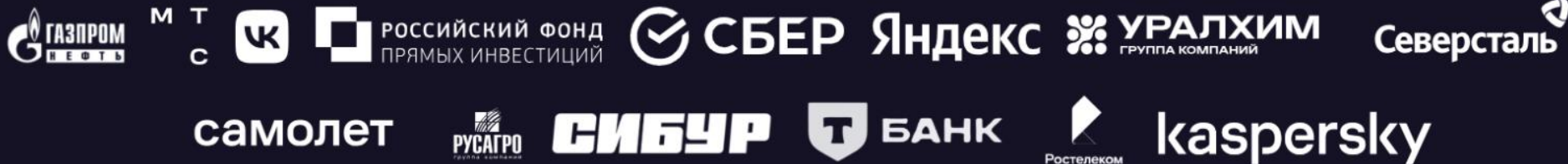
- “Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года”<sup>1)</sup>: задачи технологического лидерства РФ в ИИ.
- Конкуренция в секторе ИИ, изменение структуры рынка труда, разнообразные ниши с дефицитом кадров.
- Изменение требований к квалификации специалистов в сфере ИИ.
- Намечен ряд целевых показателей, включая увеличение к 2030 количества выпускников вузов с образованием в сфере искусственного интеллекта с 3 тыс. (2022) до 15,5 тыс. человек в год (“Национальная стратегия...”).
- С 2021 в РФ открыто более 100 ООП высшего образования в области ИИ, запущены крупные образовательные проекты, объединяющие ведущие университеты и индустрию: образовательно-научно-индустриальные (ОНИ) коллаборации.

<sup>1)</sup> Указ Президента РФ от 15.02.2024 №124 «О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г.

# Федеральные программы и конкурсы РФ в области ИИ: Альянс в сфере ИИ



Объединяет ведущие технологические компании для совместного развития их компетенций и ускоренного внедрения искусственного интеллекта в образовании, научных исследованиях и в практической деятельности бизнеса



# Федеральные программы и конкурсы РФ в области ИИ: AI360



## Создатели новых ИИ-технологий

Яндекс, Сбер и ведущие вузы России — ИТМО, НИУ ВШЭ, МФТИ, СПбГУ и Университет Иннополис — объединились, чтобы подготовить специалистов, которые смогут создавать принципиально новые фундаментальные модели и решения в области искусственного интеллекта.

Яндекс

СБЕР



МФТИ

ИТМО

УНИВЕРСИТЕТ  
ИННОПОЛИС



Санкт-Петербургский  
государственный университет

# Федеральные программы и конкурсы РФ в области ИИ: МИНЦИФРЫ #ЦЗ

## ТОП ДС ("Top Data Science"): 6 вузов



## ДС ("Data Science"): 26 вузов

|   |                                                                     |
|---|---------------------------------------------------------------------|
| 1 | Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» |
| 2 | Национальный исследовательский университет ИТМО                     |
| 3 | Университет Иннополис                                               |
| 4 | Московский физико-технический институт                              |
| 5 | Санкт-Петербургский государственный университет                     |
| 6 | Южный федеральный университет                                       |

1. Специалисты уровня **ТОП ДС** смогут принимать участие в научных исследованиях в области ИИ или самостоятельно их проводить, **создавать новые методы обучения ИИ, проектировать архитектуру моделей ИИ мирового уровня.**

2. Специалисты уровня **ДС** — **заниматься настройкой и дообучением существующих моделей ИИ**, а также **решением прикладных задач.**

*Указы Президента РФ от 7 мая 2024 г. №309, от 10 октября 2019 г. №490*

|    |                                                                                                  |    |                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Национальный исследовательский университет ИТМО                                                  | 14 | Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова                      |
| 2  | Университет Иннополис                                                                            | 15 | Иркутский государственный университет                                          |
| 3  | Московский физико-технический институт                                                           | 16 | Санкт-Петербургский государственный морской технический университет            |
| 4  | Санкт-Петербургский государственный университет                                                  | 17 | Южно-Уральский государственный университет                                     |
| 5  | Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»                              | 18 | Московский технический университет связи и информатики                         |
| 6  | Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана                            | 19 | Новосибирский государственный технический университет                          |
| 7  | Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского | 20 | Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина |
| 8  | Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.                          | 21 | Национальный исследовательский Томский государственный университет             |
| 9  | Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»                                        | 22 | Омский государственный технический университет                                 |
| 10 | Московский авиационный институт                                                                  | 23 | Московский государственный технологический университет «Станкин»               |
| 11 | МИРЭА — Российский технологический университет                                                   | 24 | Национальный исследовательский Томский политехнический университет             |
| 12 | Финансовый университет при Правительстве РФ                                                      | 25 | Уфимский университет науки и технологий                                        |
| 13 | Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого                                   | 26 | Петрозаводский государственный университет                                     |

# ФГОС 2022: школа-университет

Пререквизиты для дисциплин ИИ



сквозной подход: школа-университет

- ФГОС среднего общего образования (10-11кл.), 2012г.: *элементарная теория вероятностей, нет ИИ.* ⇒ Примерная основная образовательная программа СОО, 2016г. (есть ИИ): Математика (базовый, углубленный): Программы содержат раздел "Вероятность и статистика". К этому разделу также относятся сведения из логики, комбинаторики и теории графов, варьирующиеся от типа программы. Информатика (базовый): обработка больших данных; машинное обучение (решение задач распознавания, классификации и предсказания); ИИ. Информатика (углубленный): анализ данных с применением методов машинного обучения; экспертные и рекомендательные системы; большие данные в природе и технике, технологии их обработки и хранения.



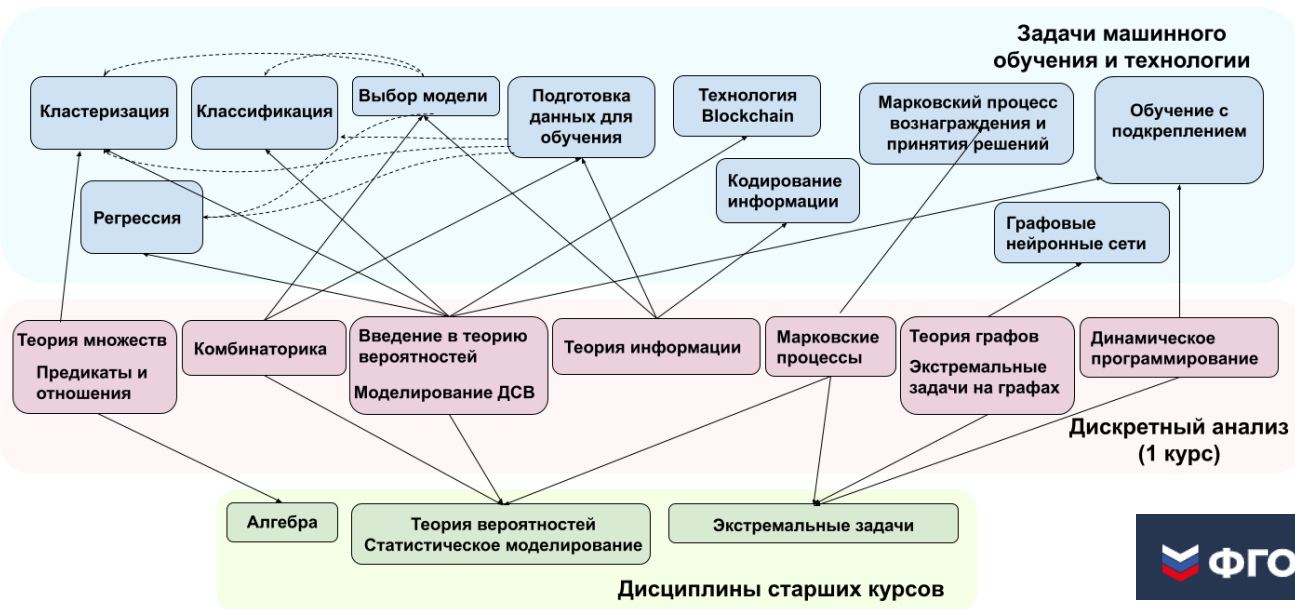
- ФГОС среднего общего образования (10-11кл.), 2022г.: курс "Вероятность и статистика", *есть ИИ.* ⇒ Примерные рабочие программы СОО, 2022г. (есть понятие ИИ уже на базовом уровне в основной школе 5-6 кл.): Математика (базовый, углубленный): "Вероятность и статистика": случайные события и вероятности; случайные величины и закон больших чисел; Информатика (базовый): обработка больших данных; основные задачи анализа данных: прогнозирование, классификация, кластеризация, анализ отклонений; средства ИИ; самообучающиеся системы; использование методов ИИ в обучающих системах и в робототехнике. Информатика (углубленный): разработка программ для решения простых задач анализа данных (очистка данных, классификация, анализ отклонений); большие данные; машинное обучение; нейронные сети.



# Бакалавриат ПМПиИИ (Матмех СПбГУ): связь со школьной программой

Новый ФГОС позволил реализовать впервые в РФ в бакалавриате ПМПиИИ Матмеха СПбГУ обучение машинному обучению в рамках математического курса лекций в 1-м семестре:

**Дискретный анализ и введение в машинное обучение, 1 курс**



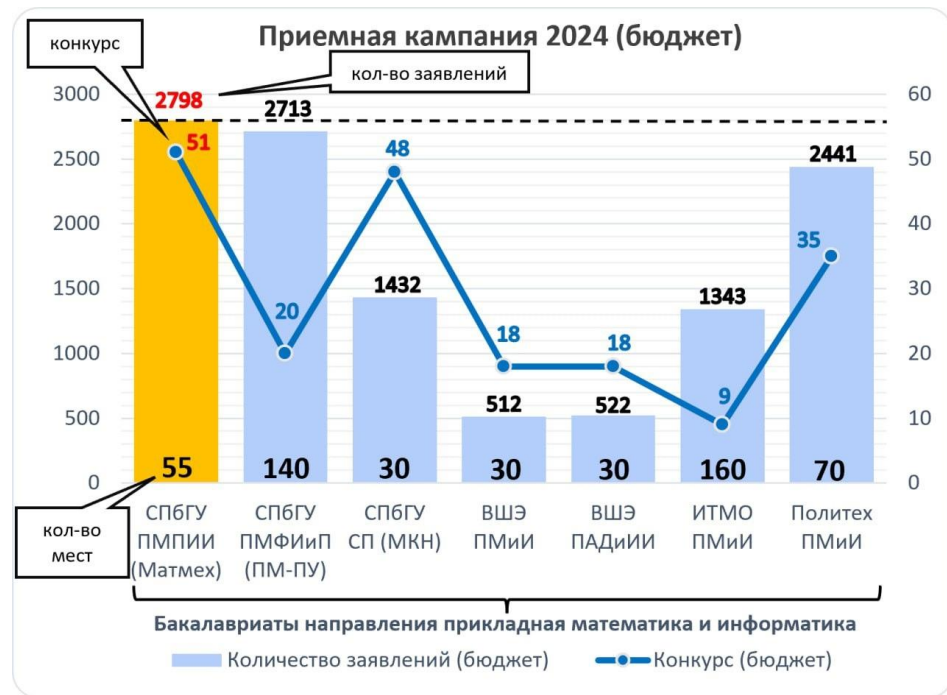
Новый школьный ФГОС включил в себя: постановки задач машинного обучения и искусственного интеллекта, введение в теорию вероятностей и статистику, понятия графа и матрицы и работу с ними. Это позволило разгрузить классический курс "Дискретный анализ" и включить в него решение задач машинного обучения.





# Бакалавриаты Санкт-Петербурга по искусственному интеллекту: конкурс приемной кампании 2024 года

Не удовлетворен и будет продолжать расти спрос на специалистов массовой разработки отдельных прикладных решений ИИ, поэтому сохраняется задача обеспечения значительного притока прикладных специалистов, занимающихся настройкой существующих моделей ИИ, их дообучением и сопровождением жизненного цикла разработки (МИНЦИФРЫ: ДС).



# Трудности и пересмотр портфеля образовательных программ

- Изменения на рынке труда и гос.программах в сфере ИИ: **качественно новые задачи** для подготовки ИИ-специалистов элитного кластера – **создателей, исследователей и архитекторов новых моделей и прорывных технологий ИИ.**
- Сжатые сроки (4 года) обучения в бакалавриате: недостаточность существующего периода обучения для фундаментальной математической подготовки, необходимой для глубокого освоения дисциплин по ИИ. Пробелы при освоении законченного фундаментального ядра математических основ ИИ (разделы фундаментальной и прикладной математики, теоретической информатики) в разрыве обучения в связке бакалавриата и магистратуры. ***В связанных ООП на следующем уровне продолжают обучение только около 10% выпускников, что при выпуске в 50 человек дает после бакалавриата-магистратуры «пол землекопа» в аспирантуре, а после специалитета - 5 аспирантов.***
- Из прикладной области ИИ трансформируется в самостоятельную область науки: связь науки и образования в сфере ИИ.
- Важность разработки теоретической базы для исследования ИИ с точки зрения правильной интерпретации результатов работы современных и будущих моделей и алгоритмов, что поможет точнее прогнозировать деятельность ИИ и улучшать производительность алгоритмов.

# Специалитет ПМСПИИ: 1-й в России в области ИИ

1-я открытая в России программа специалитета в области математики искусственного интеллекта  
на базе ФГОС 2022 среднего общего образования,  
фундаментальной и прикладной математики, теоретической информатики и программирования. Прием открыт с 2026 года



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СПбГУ)

## РАСПОРЯЖЕНИЕ

20.02.2025

№ 688/1р

О создании Рабочей группы по разработке образовательной программы специалитета «Прикладная математика, программирование и искусственный интеллект (с дополнительной квалификацией «Системный аналитик»)» для приема в 2026 году

В соответствии с Порядком создания основных образовательных программ Санкт-Петербургского государственного университета, утвержденного приказом от 11.11.2015 № 8529/1 (с последующими изменениями и дополнениями), в целях организации приема в 2026 году

### РАСПОРЯЖАЮСЬ:

1. Создать рабочую группу по разработке образовательной программы специалитета «Прикладная математика, программирование и искусственный интеллект (с дополнительной квалификацией «Системный аналитик»)» по специальности 01.05.01 Фундаментальная математика и механика (далее – Рабочая группа) в составе:

- 1.1. Кузнецов Николай Владимирович, профессор Кафедры прикладной кибернетики – руководитель Рабочей группы;
- 1.2. Бурова Ирина Герасимовна, профессор Кафедры вычислительной математики – заместитель руководителя Рабочей группы;
- 1.3. Голяндина Нина Эдуардовна, профессор Кафедры статистического моделирования;
- 1.4. Бухвалова Вера Вацлавовна, старший преподаватель Кафедры исследования операций;
- 1.5. Лебедева Анастасия Владимировна, доцент Кафедры вычислительной математики;
- 1.6. Кудряшова Елена Владимировна, профессор Кафедры прикладной кибернетики.
2. Руководителю Рабочей группы:
  - 2.1. в срок до 31.03.2025 провести совещание Рабочей группы и представить начальнику Управления образовательных программ:
    - 2.1.1. комплект проектов учебно-методической документации основной образовательной программы в соответствии с Порядком создания основных образовательных программ Санкт-Петербургского государственного университета, утвержденным приказом от 11.11.2015 № 8529/1 (с последующими изменениями и дополнениями);



# Анализ программ ведущих российских ВУЗов в области математики ИИ

**Москва:** 4 ун-та, 5 ООП; **Санкт-Петербург:** 3 ун-та, 11 ООП



| Университеты     |
|------------------|
| МГУ              |
| МФТИ             |
| НИУ ВШЭ Москва   |
| Центральный Ун-т |
| СПбГУ            |
| НИУ ВШЭ СПб      |
| ИТМО             |
| Ун-т Иннополис   |
| ЮФУ              |
| НГУ              |
| УрФУ             |

| Университет и программа                                              |
|----------------------------------------------------------------------|
| МГУ ВМК                                                              |
| Искусственный интеллект и анализ данных (ФГОС)                       |
| Программная инженерия в искусственном интеллекте (ФГОС)              |
| МФТИ                                                                 |
| AI360: Передовые методы искусственного интеллекта                    |
| Прикладная математика и информатика (классика)                       |
| ВШЭ ФКН (Москва)                                                     |
| Прикладная математика и информатика (AI360 трек)                     |
| Центральный Ун-т                                                     |
| Искусственный интеллект                                              |
| СПбГУ Матмех                                                         |
| Искусственный интеллект и наука о данных                             |
| СПбГУ МикН                                                           |
| AI360: Математика машинного обучения                                 |
| Науки о данных                                                       |
| Современное программирование                                         |
| СПбГУ ПМ-ПУ                                                          |
| Прикладная математика, процессы управления и искусственный интеллект |
| ВШЭ ШИФТ (Санкт-Петербург)                                           |
| Прикладная математика и информатика                                  |
| Прикладной анализ данных и искусственный интеллект                   |
| ИТМО                                                                 |
| AI360: ML Native                                                     |
| Инженерия искусственного интеллекта                                  |
| Компьютерные технологии: Программирование и ИИ                       |
| Ун-т Иннополис                                                       |
| AI360: Инженерия данных                                              |
| Анализ данных и ИИ (на англ)                                         |
| Математические основы искусственного интеллекта                      |
| ЮФУ                                                                  |
| Математическое моделирование и искусственный интеллект               |
| Перспективные информационные технологии                              |
| Технологии искусственного интеллекта                                 |
| Фундаментальная информатика и информационные технологии              |
| НГУ                                                                  |
| Инженерная школа: искусственный интеллект и прикладной инжиниринг    |
| Математика и компьютерные науки                                      |
| УрФУ                                                                 |
| Математика и компьютерные науки                                      |
| Прикладная математика                                                |

**Данные:** 1) учебные планы: ~1500 дисциплин по категориям; трудоемкость в з.е. и контактных часах; 2) дизайн ООП по структуре и логике пререквизитных дисциплин математики ИИ для продвинутого освоения категории «ФИИ»

# Специалитет (Матмех): Прикладная математика, современное программирование и ИИ

## Специалитет: СПбГУ Матмех "Прикладная математика, современное программирование и искусственный интеллект" (01.05.01)

| 1 курс                                                         |                                                                | 2 курс                                         |                                                             | 3 курс                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                        | 4 курс                                                   |                                                                  | 5 курс                                                                 |                           |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1                                                              | 2                                                              | 3                                              | 4                                                           | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6                                                                      | 7                                                        | 8                                                                | 9                                                                      | 10                        |
| Алгебра и теория чисел (60л+44п, 6к)                           | Алгебра и теория чисел (42л+26п, 5к)                           | Алгебра и теория чисел (46л+28п, 5к)           |                                                             | Тематические профили с вариативными траекториями (100+ дисциплин по выбору, 47 обязательных кредитов):<br>Профиль 1. Высокопроизводительные методы вычислений<br>Профиль 2. Вычислительная стохастика, статистические модели и анализ данных<br>Профиль 3. Нелинейная динамика, оптимизация и интеллектуальное управление<br>Профиль 4. Управление и обработка информации в кибернетических и робототехнических системах<br>Профиль 5*. Искусственный интеллект (углубленная подготовка) |                                                                        |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Геометрия и топология (30л+28п, 4к)                            | Геометрия и топология (28л+26п, 4к)                            | Геометрия и топология (30л+28п, 5к)            | Геометрия и топология (26л, 3к)                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                        |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Математический анализ (60л+56п, 6к)                            | Математический анализ (56л+52п, 6к)                            | Математический анализ (60л+56п, 6к)            | Математический анализ (56л+26п, 5к)                         | Математический анализ (30л+28п, 3к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Уравнения математической физики (30л+42п, 4к)                          |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Дискретный анализ и введение в машинное обучение (30л+28п, 4к) | Дискретный анализ и введение в машинное обучение (28л+26п, 4к) | Дифференциальные уравнения (30л+42п, 5к)       | Дифференциальные уравнения (28л+26п, 4к)                    | Функциональный анализ (46л+14п, 3к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Функциональный анализ (42л, 3к)                                        |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Информатика и основы программирования (28л, 2к)                | Информатика и основы программирования (28л, 2к)                | Информатика и теория алгоритмов (28л, 2к)      | Введение в теорию управления (14л+42с, 3к)                  | Теория вероятностей (30л+28п, 3к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Теория вероятностей (28л+26п, 3к)                                      |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Практикум по программированию на C++ (28п, 2к)                 | Практикум по программированию на C++ (26п, 2к)                 | Алгоритмы и структуры данных на Java (28п, 2к) | Численные методы (42л+26п, 5к)                              | Вычислительная линейная алгебра (28л+14п, 2к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Математическая статистика и анализ данных (28л+14с, 3к)                | Случайные процессы и стохастический анализ (30л+14с, 4к) |                                                                  |                                                                        |                           |
|                                                                | Математическая логика (28л+14п, 2к)                            | Базы данных (28п+14п, 2к)                      | Системное программирование и операционные системы (26л, 2к) | Экстремальные задачи (46л+14п, 3к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Вычислительные методы для структур данных (28л+14с, 3к)                | Специальные методы оптимизации (30л+28п, 4к)             | Прикладная механика и мехатроника (26л+14с, 2к)                  |                                                                        |                           |
|                                                                |                                                                |                                                | Прикладное программирование на Python (26п, 2к)             | Компьютерный практикум по прикладной математике (28п, 2к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Введение в математическую теорию машинного обучения и ИИ (28л+26п, 4к) | Глубокое машинное обучение (28л+14с, 4к)                 | Машинное обучение с подкреплением и нейронные сети (28л+26с, 4к) | Современные методы и архитектуры машинного обучения и ИИ (30л+28с, 6к) |                           |
|                                                                | Практика НИР (ознакомительная)                                 | Практика НИР                                   | Практика НИР                                                | Практика НИР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Практика НИР                                                           | Практика НИР                                             | Практика НИР                                                     | Практика НИР (ВКР)                                                     | Практика НИР (ВКР)        |
|                                                                |                                                                |                                                |                                                             | Индустриальное программирование. Часть 1 (28с, 2к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Индустриальное программирование. Часть 2 (26с, 2к)                     | Индустриальное программирование. Часть 3 (28с, 2к)       | Индустриальное программирование. Часть 4 (26с, 2к)               | Практика педагогическая                                                | Практика педагогическая   |
|                                                                |                                                                |                                                |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                        | Практика производственная                                | Практика производственная                                        | Практика производственная                                              | Практика производственная |

### Категории дисциплин

Фундаментальная математика (ФМ)

Прикладная математика (ПМ)

Теоретическая информатика и программирование (ТИП)

Фундаментальный искусственный интеллект (ФИИ)

Дисциплины по выбору (ДПВ)

Часть учебного плана вне анализа



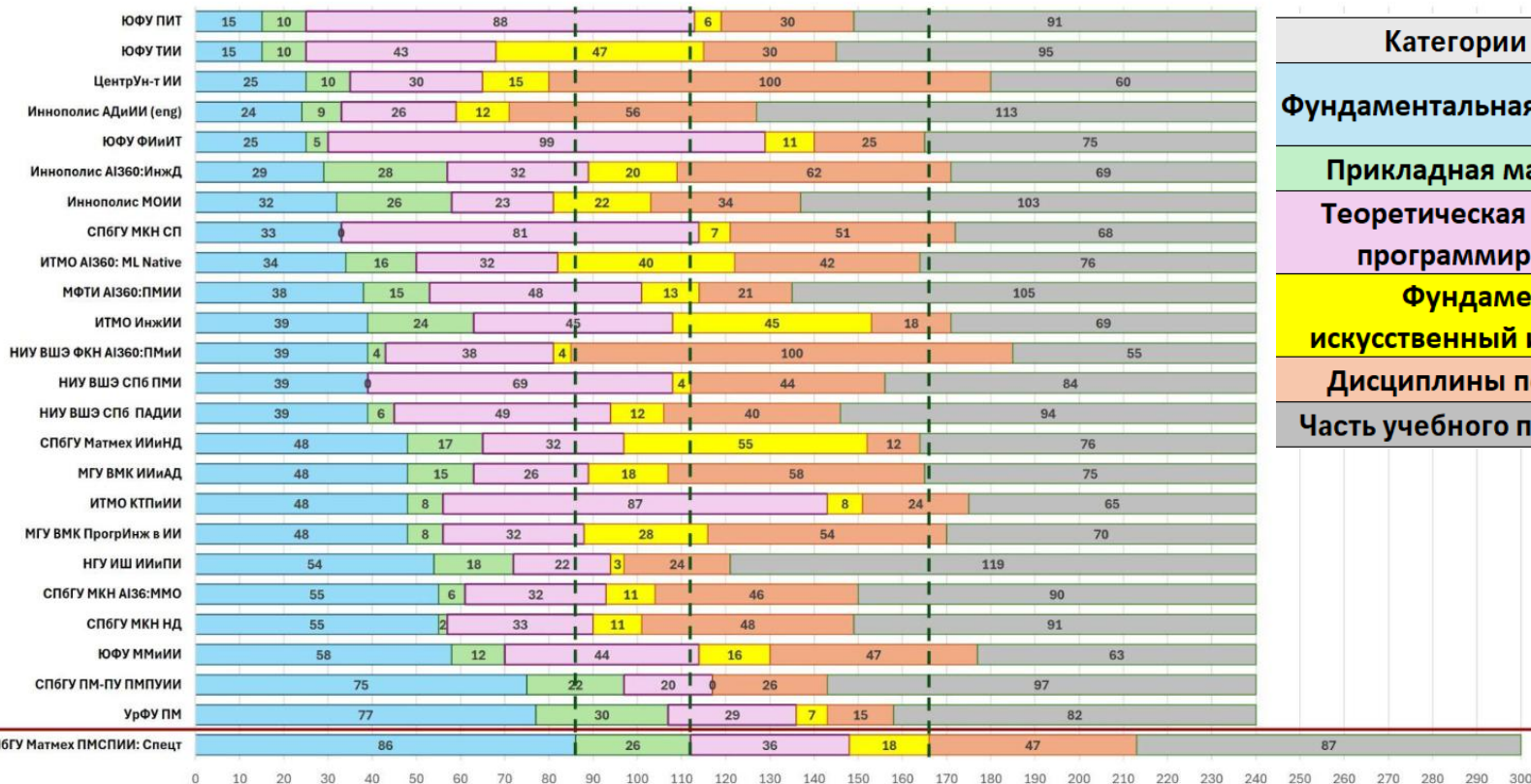
# Бакалавриат. Центральный университет «Искусственный интеллект» (02.03.01)

| Центральный университет "Искусственный интеллект" (02.03.01)                                                           |                                                                                                       |                                                                 |                                                                    |                                          |                                     |           |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-----------|----------------------|
| 1 курс                                                                                                                 |                                                                                                       | 2 курс                                                          |                                                                    | 3 курс                                   |                                     | 4 курс    |                      |
| 1                                                                                                                      | 2                                                                                                     | 3                                                               | 4                                                                  | 5                                        | 6                                   | 7         | 8                    |
| Дисциплины по выбору - Модули (M1-M3) Flex курсов: 45к                                                                 |                                                                                                       |                                                                 |                                                                    |                                          |                                     |           |                      |
| M1. STEM курсы + Софт-навыки                                                                                           |                                                                                                       |                                                                 |                                                                    |                                          |                                     |           |                      |
|                                                                                                                        |                                                                                                       | M2. "Разработка"                                                |                                                                    |                                          |                                     |           |                      |
|                                                                                                                        |                                                                                                       | M3. "Экономика"                                                 |                                                                    |                                          |                                     |           |                      |
|                                                                                                                        |                                                                                                       | Теория вероятностей<br>и математическая<br>статистика (90а, 5к) | Продвинутая<br>статистика (90а, 5к)                                | Дисциплины по выбору (Мейджор) (30к)     |                                     |           |                      |
| Блоки дисциплины по выбору:<br>"Математика"<br>"Программирование как инструмент"<br>"Искусственный интеллект введение" |                                                                                                       |                                                                 | Основы<br>промышленной<br>разработки (64а, 5к)                     | Методы выпуклой<br>оптимизации (60а, 5к) | Дисциплины по выбору (Майнор) (25к) |           |                      |
| Основы математического анализа и<br>линейной алгебры 1/2 (180а, 10к)                                                   |                                                                                                       |                                                                 | Архитектура<br>компьютера и<br>операционные<br>системы 1 (90а, 5к) | Базы данных (52а, 5к)                    |                                     |           |                      |
| Математический анализ 1/2 (120а, 5к)                                                                                   |                                                                                                       |                                                                 |                                                                    |                                          |                                     |           |                      |
| Линейная алгебра и геометрия 1/2 (60а, 5к)                                                                             |                                                                                                       |                                                                 |                                                                    |                                          |                                     |           |                      |
| Разработка на<br>Python (66а,<br>5к)/Основы<br>разработки на Go<br>(84а, 5к)                                           | Введение в статистику (60а,<br>5к)/Искусственный интеллект (90а,<br>5к)/Machine Learning 1 (104а, 5к) |                                                                 |                                                                    |                                          |                                     |           |                      |
|                                                                                                                        |                                                                                                       | Алгоритмы и<br>структуры данных<br>(66а, 5к)                    | Алгоритмы и<br>структуры данных<br>(66а, 5к)                       |                                          |                                     |           |                      |
|                                                                                                                        |                                                                                                       | Machine Learning<br>(104а, 5к)                                  | Deep Learning (90а,<br>5к)                                         |                                          |                                     |           |                      |
|                                                                                                                        |                                                                                                       |                                                                 | Технологическая<br>практика (3к)                                   | Технологическая<br>практика (4к)         | Технологическая<br>практика (4к)    | НИР (12к) | НИР (8к)<br>ВКР (6к) |

| Категории дисциплин                                   |
|-------------------------------------------------------|
| Фундаментальная математика (ФМ)                       |
| Прикладная математика (ПМ)                            |
| Теоретическая информатика и<br>программирование (ТИП) |
| Фундаментальный<br>искусственный интеллект (ФИИ)      |
| Дисциплины по выбору (ДПВ)                            |
| Часть учебного плана вне анализа                      |

# Сравнение ведущих ООП РФ в области математики ИИ

Распределение трудоемкости по категориям дисциплин  
ООП ведущих ВУЗов РФ в области искусственного интеллекта (в з.е.)

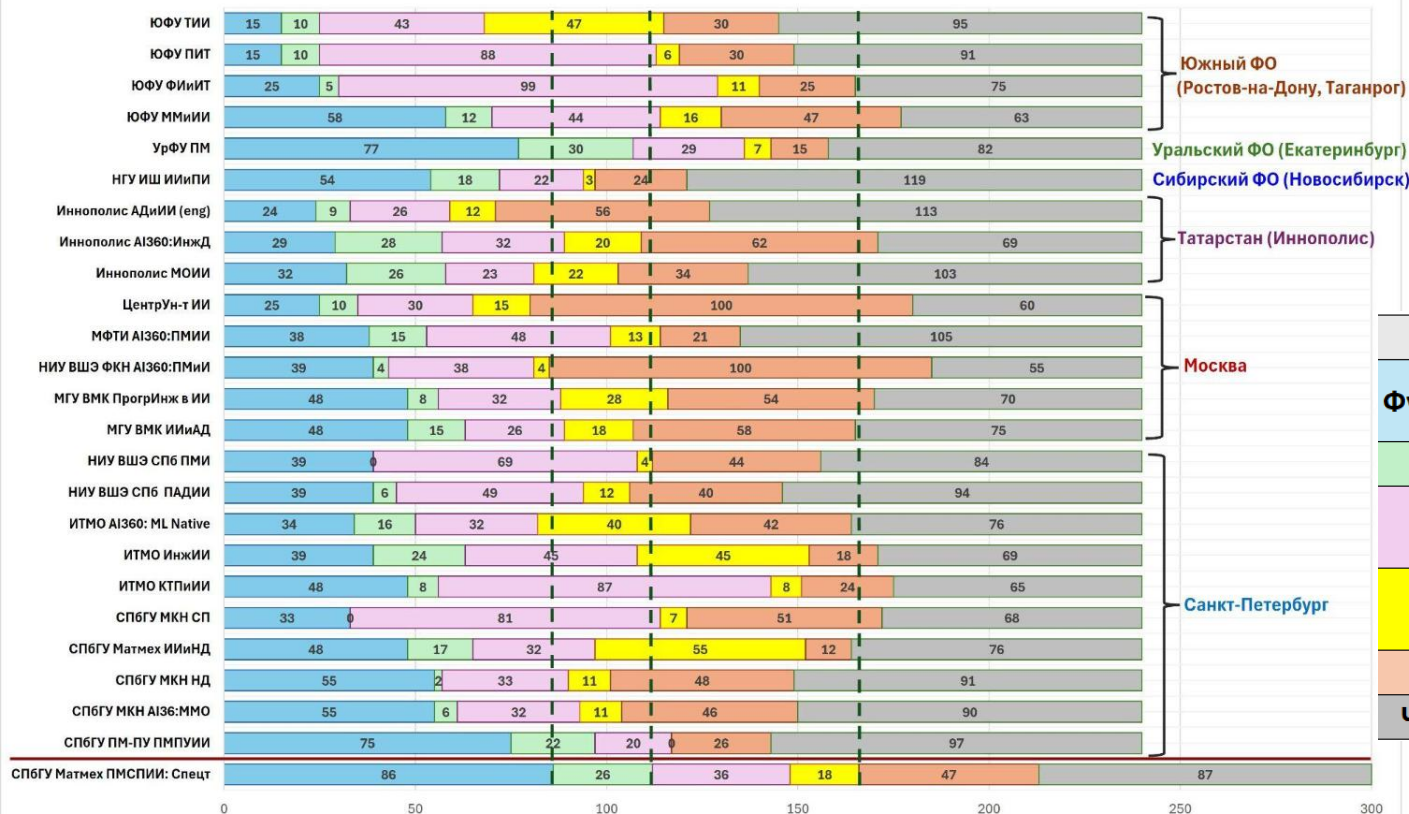


| Категории дисциплин                                |
|----------------------------------------------------|
| Фундаментальная математика (ФМ)                    |
| Прикладная математика (ПМ)                         |
| Теоретическая информатика и программирование (ТИП) |
| Фундаментальный искусственный интеллект (ФАИ)      |
| Дисциплины по выбору (ДПВ)                         |
| Часть учебного плана вне анализа                   |



# Сравнение ведущих ООП в области математики ИИ по регионам

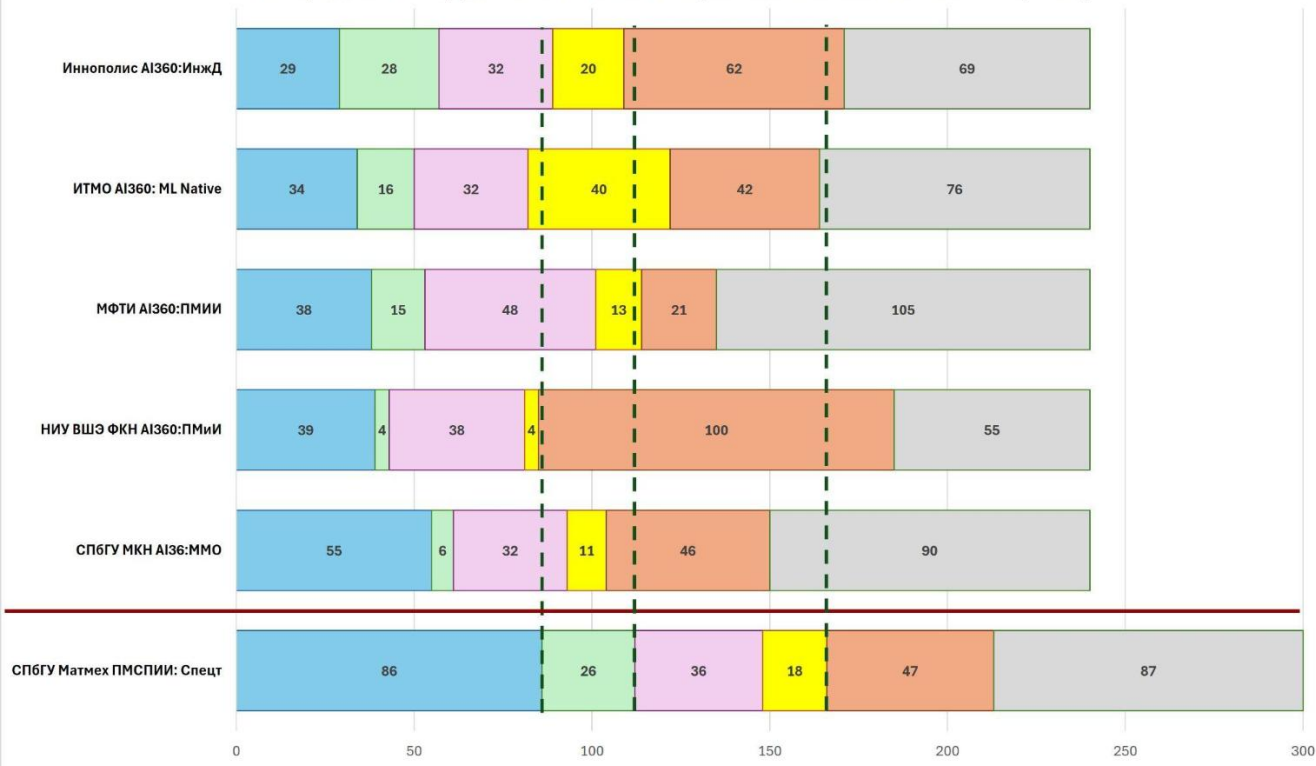
Регионы: распределение трудоемкости по категориям дисциплин  
ООП ведущих ВУЗов РФ в области искусственного интеллекта (в з.е.)



| Категории дисциплин                                |
|----------------------------------------------------|
| Фундаментальная математика (ФМ)                    |
| Прикладная математика (ПМ)                         |
| Теоретическая информатика и программирование (ТИП) |
| Фундаментальный искусственный интеллект (ФАИ)      |
| Дисциплины по выбору (ДПВ)                         |
| Часть учебного плана вне анализа                   |

# Сравнение ООП AI360

Распределение трудоемкости по категориям дисциплин ООП AI360 (в з.е.)



## Категории дисциплин

Фундаментальная математика (ФМ)

Прикладная математика (ПМ)

Теоретическая информатика и  
программирование (ТИП)

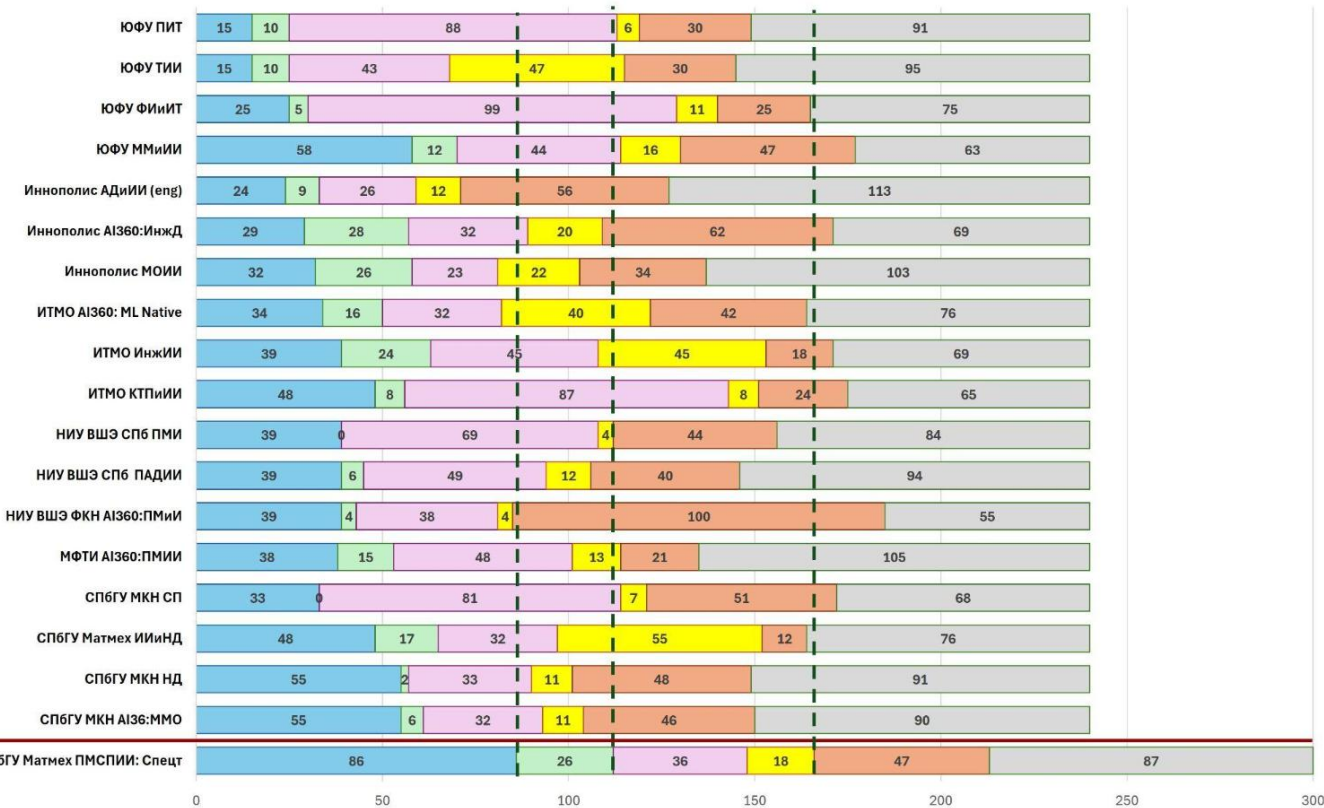
Фундаментальный  
искусственный интеллект (ФФИ)

Дисциплины по выбору (ДПВ)

Часть учебного плана вне анализа

# Сравнение ООП ВУЗов 3-й волны конкурса МИНЦИФРЫ РФ

Распределение трудоемкости по категориям дисциплин ООП ведущих ВУЗов РФ  
в области искусственного интеллекта в рамках конкурса МИНЦИФРЫ#3 уровня ТОП ДС (в з.е.)



| Категории дисциплин                                |
|----------------------------------------------------|
| Фундаментальная математика (ФМ)                    |
| Прикладная математика (ПМ)                         |
| Теоретическая информатика и программирование (ТИП) |
| Фундаментальный искусственный интеллект (ФИАИ)     |
| Дисциплины по выбору (ДПВ)                         |
| Часть учебного плана вне анализа                   |

# Структура курсов по машинному обучению и искусственному интеллекту

## Фундаментальные разделы (курсы)

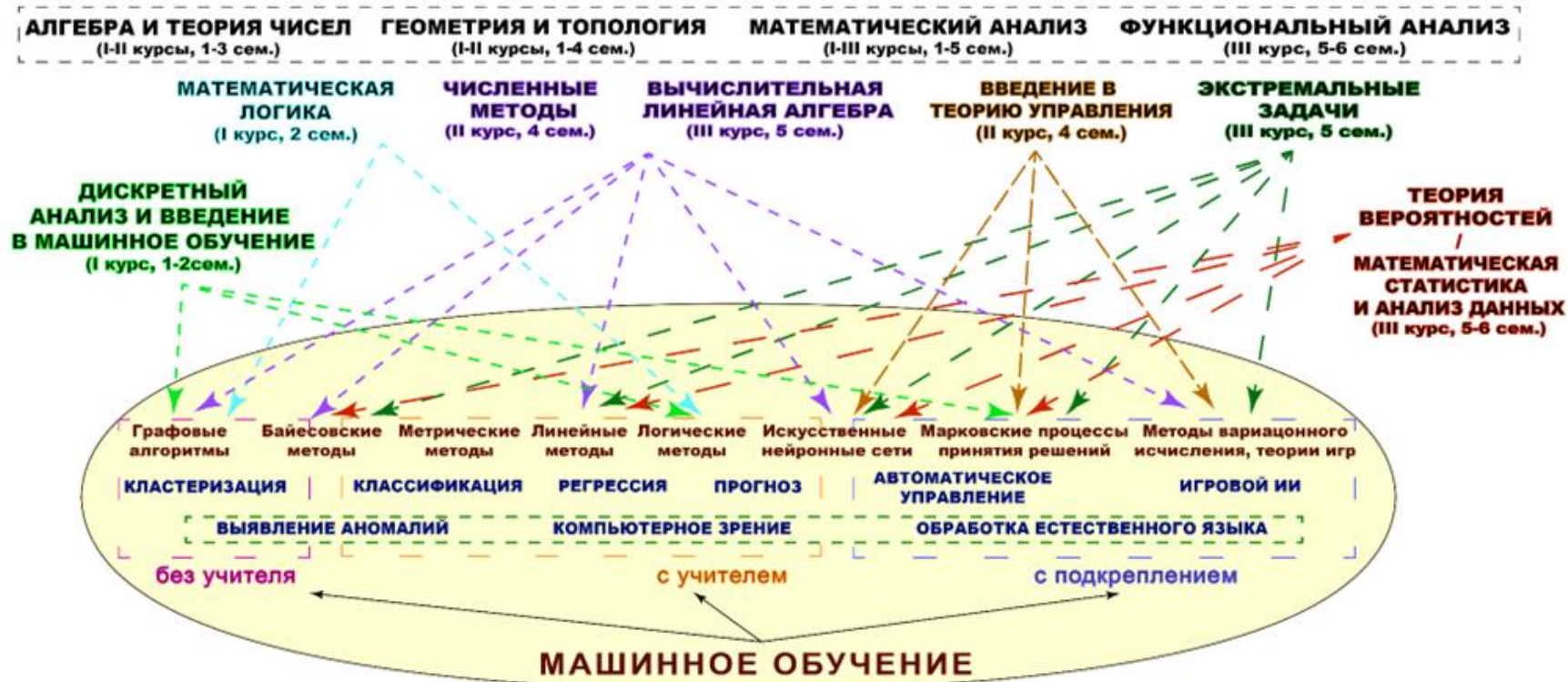
- 1) Введение в математическую теорию МО и ИИ
- 2) Глубокое машинное обучение
- 3) Машинное обучение с подкреплением и нейронные сети

**Специальные курсы:** современные (продвинутые) методы и архитектуры машинного обучения и ИИ



# Математические пререквизиты к классическому вводу в машинное обучение и ИИ

## Введение в математическую теорию МО и ИИ, 6 семестр





# Анализ последовательности пререквизитных курсов для дисциплин ИИ: (1) начало Теорвер/Матстат 3 курс, 5 семестр

| Университет: ОП                                                              | Код НИ   | 1 курс | 2 курс |   | 3 курс                                                                 |                                                                                                           | 4 курс                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|--------|---|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| семестр                                                                      |          | 2      | 3      | 4 | 5                                                                      | 6                                                                                                         | 7                                                              |
| Начало ТВ и МС в 5 семестре (3 курс)                                         |          |        |        |   |                                                                        |                                                                                                           |                                                                |
| СПбГУ Матмех:<br>ПМСПИИ (спец-г)                                             | 01.05.01 |        |        |   | Теория вероятностей<br>(30л+28п, 3к)                                   | Теория вероятностей<br>(28л+26п, 3к);<br>Математическая<br>статистика и анализ<br>данных<br>(28л+14с, 3к) | Случайные процессы и<br>стохастический анализ<br>(30л+14с, 4к) |
|                                                                              |          |        |        |   |                                                                        | Введение в<br>математическую<br>теорию машинного<br>обучения и ИИ<br>(28л+26п, 4к)                        | Глубокое машинное<br>обучение<br>(28л+14с, 4к)                 |
| ЮФУ: ММШИИ                                                                   | 01.03.02 |        |        |   | Теория вероятностей<br>и математическая<br>статистика<br>(48л+48п, 6к) | Интеллектуальные<br>системы<br>(36л+36лаб, 5к)                                                            | Машинное обучение<br>(36л+36лаб, 6к)                           |
| ЮФУ: ФИИКТ                                                                   | 02.03.02 |        |        |   | Теория вероятностей<br>и математическая<br>статистика<br>(36л+36п, 5к) | Введение в машинное<br>обучение и нейронные<br>сети (32л+32лаб, 5к)                                       | Интеллектуальные<br>системы<br>(54л+54лаб, 6к)                 |
| УрФУ ПМ                                                                      | 01.03.04 |        |        |   | Теория вероятностей<br>и математическая<br>статистика<br>(68а, 4к)     |                                                                                                           | Машинное обучение<br>(68а, 4к)                                 |
| Начало ТВ и МС в 5 семестре (3 курс), нет дисциплин по ИИ в базовой части УП |          |        |        |   |                                                                        |                                                                                                           | Программа/Конкурс                                              |
| СПбГУ ПМ-ПУ:<br>ПМПИИИ                                                       | 01.03.02 |        |        |   | Теория вероятностей<br>и математическая<br>статистика<br>(32л+32п, 3к) | Теория вероятностей и<br>математическая<br>статистика<br>(28л+28п, 4к)                                    | Название                                                       |
|                                                                              |          |        |        |   |                                                                        |                                                                                                           | AI360                                                          |
|                                                                              |          |        |        |   |                                                                        |                                                                                                           | ТОП ДС МИНЦИФРЫ                                                |
|                                                                              |          |        |        |   |                                                                        |                                                                                                           | ВУЗ                                                            |

# Анализ последовательности пререквизитных курсов для дисциплин ИИ: (2) начало Теорвер/Матстат 2 курс, 4 семестр

| Университет: ОП                                                                             | Код НП   | 1 курс | 2 курс | 3 курс                                                         | 4 курс                                                    |                                             |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|--------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---|
| семестр                                                                                     |          | 2      | 3      | 4                                                              | 5                                                         | 6                                           | 7 |
| Начало ТВ и МС в 4 семестре (2 курс), последовательный формат, разрыв между годами обучения |          |        |        |                                                                |                                                           |                                             |   |
| НИУ ВШЭ СПб:<br>ПМИ                                                                         | 01.03.02 |        |        | Теория вероятностей и математическая статистика (144а, 8к)     | Теория вероятностей и математическая статистика (52а, 5к) |                                             |   |
|                                                                                             |          |        |        |                                                                | Введение в машинное обучение (56а, 4к)                    |                                             |   |
| ИТМО: КТПИИИ                                                                                | 01.03.02 |        |        | Теория вероятностей (32л+32п, 4к)                              | Математическая статистика (32л+32лаб, 4к)                 |                                             |   |
|                                                                                             |          |        |        |                                                                | Анализ данных (32л+32лаб, 4к)                             | Машинное обучение (32л+32лаб, 4к)           |   |
| Начало ТВ и МС в 4 семестре (2 курс), перекрывающийся формат + разрыв между годами обучения |          |        |        |                                                                |                                                           |                                             |   |
| СПбГУ МКН:<br>AI360: ММО                                                                    | 02.03.01 |        |        | Теория вероятностей и основы случайных процессов (32л+26п, 4к) | Математическая статистика (32л+30п, 3к)                   |                                             |   |
|                                                                                             |          |        |        | Машинное обучение 1 (30л+30п, 3к)                              | Глубинное обучение (30л+30п, 4к)                          | Глубокое обучение на практике (30л+30п, 4к) |   |
| СПбГУ МКН: НД                                                                               | 02.03.01 |        |        | Теория вероятностей (32л+26п, 4к)                              | Математическая статистика (32л+30п, 3к)                   |                                             |   |
|                                                                                             |          |        |        | Введение в анализ данных и машинное обучение (30л+30п, 3к)     | Глубокое обучение (30л+30п, 4к)                           | Глубокое обучение на практике (30л+30п, 4к) |   |
| СПбГУ МКН: СП                                                                               | 01.03.02 |        |        | Теория вероятностей (30л+30п, 4к)                              | Математическая статистика (32л+32п, 4к)                   |                                             |   |
|                                                                                             |          |        |        | Введение в анализ данных и машинное обучение (30л+30п, 3к)     | Глубокое обучение (30л+30п, 4к)                           |                                             |   |
| НИУ ВШЭ СПб:<br>ПАДИИ                                                                       | 01.03.02 |        |        | Теория вероятностей и математическая статистика (144а, 8к)     | Теория вероятностей и математическая статистика (52а, 5к) |                                             |   |
|                                                                                             |          |        |        | Основы машинного обучения (108а, 4к)                           |                                                           | Основы глубокого обучения (64а, 5к)         |   |

| Программа/Конкурс | Название |
|-------------------|----------|
| AI360             | ВУЗ      |
| ТОП ДС МИНЦИФРЫ   | ВУЗ      |

## Трудности:

- 1) разрыв между 2 и 3  
годом обучения;
- 2) одновременное  
начало ТВ и МС и  
первой дисциплины  
по ИИ

# Анализ последовательности пререквизитных курсов для дисциплин ИИ: (3) начало Теорвер/Матстат 2 курс, 3 семестр

| Университет: ОП<br>семестр                                    | Код НП   | 1 курс<br>2 | 2 курс<br>3 4                                                 |                                                                         | 3 курс<br>5 6                                                  |                                                        | 4 курс<br>7 |
|---------------------------------------------------------------|----------|-------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------|
| Начало ТВ и МС в 3 семестре (2 курс), последовательный формат |          |             |                                                               |                                                                         |                                                                |                                                        |             |
| МГУ ВМК:<br>ПрогИжвИИ                                         | 02.03.02 |             | Теория вероятностей и математическая статистика (36л+36п, 3к) | Теория вероятностей и математическая статистика (36л+36п, 3к)           | Машинное обучение (36л+36с, 4к)                                | Генеративные модели в машинном обучении (36л+36с, 4к); |             |
| НИУ ВШЭ ФКиС:<br>МСК: ПМяИ (А1360)                            | 01.03.02 |             | Теория вероятностей (56а, 3к)                                 | Теория вероятностей (40а, 3к);<br>Математическая статистика 1 (60а, 4к) | Машинное обучение 1 (56а, 4к)                                  |                                                        |             |
| Иннополис: МОИП*<br>(триместры)                               | 09.03.01 |             | Теория вероятностей (60а, 5к)                                 | Математическая статистика (60а, 5к)                                     | Прикладная статистика в анализе данных (60а, 4к)               | Введение в машинное обучение (60а, 5к)                 |             |
|                                                               |          |             | Теория случайных процессов (28а, 4к)                          | Введение в машинное обучение (60а, 5к)                                  | Глубокое обучение (60а, 4к)                                    |                                                        |             |
| Иннополис: А1360:<br>ИжД                                      | 09.03.01 |             | Теория вероятностей (60а, 4к)                                 | Математическая статистика (60а, 4к)                                     | Прикладная статистика в анализе данных (60а, 4к)               | Машинное обучение (60а, 4к)                            |             |
|                                                               |          |             | Теория случайных процессов (60а, 4к)                          | Введение в машинное обучение (60а, 4к)                                  | Глубокое обучение (60а, 4к)                                    |                                                        |             |
| НГУ ИИП: ИИиПИ                                                | 01.03.02 |             | Теория вероятностей с приложениями (32л+32п, 3к)              | Математическая статистика (32л+32п+16лаб, 4к)                           | Машинное обучение (32л+32лаб, 3к)                              |                                                        |             |
| Иннополис: АДиИИ<br>(англ)                                    | 09.03.01 |             | Теория вероятностей и математическая статистика (90а, 4к)     | Введение в машинное обучение (60а, 4к)                                  | Прикладные технологии машинного и глубокого обучения (60а, 4к) |                                                        |             |
| МГУ ВМК: ИИиАД                                                | 01.03.02 |             | Теория вероятностей и математическая статистика (36л+36п, 3к) | Теория вероятностей и математическая статистика (36л+36п, 3к)           |                                                                |                                                        |             |
|                                                               |          |             | Введение в искусственный интеллект (18л+18п, 2к)              | Методы машинного обучения (72л+72п, 3к)                                 | Методы машинного обучения (72л+72п, 3к)                        | Глубокое машинное обучение (36л+36п, 4к)               |             |
| СПбГУ Матмех:<br>ИИиНД                                        | 09.03.03 |             | Теория вероятностей и математическая статистика (32л+26п, 4к) | Теория вероятностей и математическая статистика (30л+10п, 4к)           | Машинное обучение (60л+44с+54п, 7к)                            | Нейронные сети (30л+18с+32п, 5к)                       |             |
|                                                               |          |             | Введение в теорию искусственного интеллекта (30л+18с, 3к)     |                                                                         | Байесовские методы (30л+14п, 3к)                               |                                                        |             |

| Программа/Конкурс | Название |
|-------------------|----------|
| А1360             | ВУЗ      |
| ТОП ДС МИНЦИФРЫ   | ВУЗ      |

**Трудности:**  
раннее начало  
ТВ и МС  
(1 семестр 2 курс);

# Анализ последовательности пререквизитных курсов для дисциплин ИИ: (4) начало Теорвер/Матстат 2 курс, 3 семестр

| Университет: ОП                                              | Код НП   | 1 курс | 2 курс                              |                                                    | 3 курс                                              |                                                                   | 4 курс                                                 |
|--------------------------------------------------------------|----------|--------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| семестр                                                      |          | 2      | 3                                   | 4                                                  | 5                                                   | 6                                                                 | 7                                                      |
| Начало ТВ и МС в 3 семестре (2 курс), перекрывающийся формат |          |        |                                     |                                                    |                                                     |                                                                   |                                                        |
| ИТМО: AI360: ML Native                                       | 01.03.02 |        | Теория вероятностей (64л+32лаб, 6к) | Математическая статистика (32л+32лаб, 4к)          | Случайные процессы (32л+32лаб, 4к)                  | Эффективные методы разработки в машинном обучении (32л+32лаб, 4к) | Обучение с подкреплением (32л+32лаб, 4к)               |
|                                                              |          |        | Машинное обучение (64л+32лаб, 6к)   | Машинное обучение (64л+32лаб, 6к)                  | Глубинное обучение (32л+32лаб, 4к)                  |                                                                   |                                                        |
| МФТИ: AI360: ПМИИ                                            | 01.03.02 |        | Теория вероятностей (30л+30п, 3к)   | Введение в математическую статистику (30л+30п, 3к) | Прикладная статистика и анализ данных (30л+30п, 3к) |                                                                   |                                                        |
|                                                              |          |        | Машинное обучение (30л+30п, 2к)     | Машинное обучение (30л+30п, 2к)                    | Глубокое обучение (30л+30п, 2к)                     |                                                                   | Статистическая теория машинного обучения (30л+30п, 3к) |

## Трудности:

- 1) раннее начало ТВ и МС (1 семестр 2 курс);
- 2) одновременное начало ТВ и МС с первой дисциплиной по ИИ

| Программа/Конкурс | Название |
|-------------------|----------|
| AI360             | ВУЗ      |
| ТОП ДС МИНЦИФРЫ   | ВУЗ      |

# Анализ последовательности пререквизитных курсов для дисциплин ИИ: (5) начало Теорвер/Матстат 2 курс, 3 семестр

| Университет:<br>ОП                                  | Код ОП                | 1 курс                                                                                          | 2 курс                                                     |                                                                                                     | 3 курс                                                                                        |                                                       | 4 курс                                                |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| семестр                                             |                       | 2                                                                                               | 3                                                          | 4                                                                                                   | 5                                                                                             | 6                                                     | 7                                                     |
| Начало ТВ и МС в 3 семестре (2 курс), особые случаи |                       |                                                                                                 |                                                            |                                                                                                     |                                                                                               |                                                       |                                                       |
| ИТМО: ИяЖИИ                                         | 02.03.03;<br>11.03.02 | Статистика и анализ данных (32л+32лаб, 3к)                                                      | Теория вероятностей и продвинутая статистика (32л+32п, 3к) | Многомерный статистический анализ (32л+32п, 3к);<br>Статистика для машинного обучения (32л+32п, 3к) | Программная инженерия и инженерия машинного обучения (32л+32лаб, 3к)                          |                                                       |                                                       |
|                                                     |                       |                                                                                                 |                                                            | Классическое машинное обучение (32л+32лаб, 3к)                                                      | Глубокое обучение (32л+32лаб, 3к)                                                             | Машинное обучение для временных рядов (32л+32лаб, 3к) |                                                       |
| ЮФУ: ФНяКТ                                          | 09.03.02              |                                                                                                 | Математика (36л+18п, 3к)                                   |                                                                                                     |                                                                                               |                                                       | Интеллектуальные системы и технологии (36л+54лаб, 6к) |
| ЮФУ: ТИИ                                            | 09.03.01              |                                                                                                 | Математика (36л+18п, 3к)                                   | Представление и использование знаний в интеллектуальных системах (34л+18п+18лаб, 5к)                | Машинное обучение и аналитика больших данных (54л+36п+36лаб, 7к)                              |                                                       |                                                       |
|                                                     |                       |                                                                                                 | Технологии искусственного интеллекта (36л+18п+18лаб, 6к)   | Разработка приложений для систем искусственного интеллекта (18л+36п+36лаб, 5к)                      | Информационное и программное обеспечение систем искусственного интеллекта (54л+18п+36лаб, 7к) |                                                       |                                                       |
| ЦУ: ИИ                                              | 02.03.01              |                                                                                                 | Теория вероятностей и математическая статистика (90а, 5к)  | Продвинутая статистика (90а, 5к)                                                                    |                                                                                               |                                                       |                                                       |
|                                                     |                       | Введение в статистику (60а, 5к)/Искусственный интеллект (90а, 5к)/Machine Learning 1 (104а, 5к) |                                                            | Deep Learning (90а, 5к)                                                                             |                                                                                               |                                                       |                                                       |

## Трудности:

- 1) раннее начало ТВ и МС (1 семестр 2 курс);
- 2) дисциплины по анализу данных и машинному обучению начинаются до ТВ и МС;
- 3) 1 семестр “Математики”

| Программа/Конкурс | Название |
|-------------------|----------|
| AI360             | ВУЗ      |
| ТОП ДС МИНЦИФРЫ   | ВУЗ      |



# Анализ содержания теории вероятностей и мат. статистики как пререквизита к ИИ

## Дисциплины-пререквизиты:

### 1) Дискретный анализ и введение в МО [DA]:

DA — подробно,

DA — поверхностно.

### 2) Теория вероятностей [DPT + CPT]

### 3) Математическая статистика и анализ данных [MSDA]

## Школьный ФГОС 2022:

I, II, III, IV, V, VI (поверхностно)

- I. → Аксиомы, вероятностное пространство, комбинаторика; условная вероятность; формулы полной вероятности и Байеса; независимость событий. [DA, DPT, CPT]
- II. → Испытания Бернулли; биномиальная и пуассоновская аппроксимации в схеме Бернулли. [DA, DPT]
- III. → Случайные величины, векторы, распределения; независимость [DA, DPT, CPT]
- IV. → Математическое ожидание, дисперсия, ковариация, корреляция; неравенство Чебышёва. [DA, DPT, CPT]
- V. → Виды сходимости; слабый ЗБЧ, усиленный ЗБЧ, лемма Бореля–Кантелли, неравенства Колмогорова. [DPT, CPT]
- VI. → Цепи Маркова (классификация состояний, эргодичность). [DA, DPT]
- VII. → Характеристические функции; предельные теоремы (ЦПТ, Пуассона). [DPT, CPT]
- VIII. → Условное математическое ожидание и вероятности относительно  $\sigma$ -алгебр. [CPT]
- IX. → Случайные процессы: пуассоновский, винеровский, марковские процессы с непрерывным временем; мартингалы, моменты остановки. [DA, DPT, CPT]
- X. → Описательная статистика; первичная обработка данных; нормальное распределение и связанные  $\chi^2$  (хи-квадрат),  $t$  (распределение Стьюдента),  $F$  (распределение Фишера–Снедекора). [MSDA]
- XI. → Теория оценивания: состоятельность, несмещённость, асимпт. нормальность; ММ/ОМП; Fisher, Rao–Крамер; доверит. интервалы; байесовские оценки. [MSDA]
- XII. → Проверка гипотез: Нейман–Пирсон, LRT, p-value, мощность; критерии согласия Колмогорова–Смирнова, Пирсона ( $\chi^2$ ), Крамера–фон Мизеса ( $\omega^2$ ). [MSDA]
- XIII. → Корреляционный и регрессионный анализ: МНК, геометрия, многомерная регрессия; логистическая регрессия; регуляризация (гребневая, LASSO); бутстреп/джекнаиф; робастность. [MSDA]
- XIV. → Многомерный анализ: классификация, кластеризация, снижение размерности. [MSDA]

# Связь дисциплин фундаментального ИИ с разделами теории вероятностей и мат.статистики

## Фундаментальный ИИ

### 1) Введение в математическую теорию МО и ИИ [IMAI, 1-11]

### 2) Глубокое машинное обучение [DL, 12-18]

### 3) Машинное обучение с подкреплением и нейронные сети [RL, 19-33]

1. → Вероятностная постановка задачи обучения/классификации; функционал среднего риска; байесовское решающее правило. [I, III, IV]
2. → Непараметрические оценки плотности; метод Парзена (для классификации и регрессии). [III, XII]
3. → Нормальный дискриминантный анализ (QDA/LDA); многомерное нормальное распределение; линейный дискриминант Фишера. [III, IV, X, XI]
4. → Разделение смесей; распределений; EM-алгоритм; смеси многомерных нормальных; RBF-сети (как следствие постановки через смеси). [I, III, VIII, X, XII]
5. → Логистическая регрессия (обоснование, стохастический градиент, апостериорные вероятности). [II, III, XI, XIII]
6. → Методология тестирования обучаемых алгоритмов; валидация, сравнение алгоритмов. [XI, XII]
7. → Проблема переобучения и обобщающая способность. [V, XI]
8. → ROC-кривая и оптимизация порога. [I, XII]
9. → Непараметрическая регрессия (оценка Надаря-Ватсона; ядерное сглаживание). [III, XI, XIII]
10. → Стохастический градиент (в линейных моделях и логистике). [III, V, IX]
11. → Статистические методы кластеризации (EM-кластеризация смесей). [I, III, X, XI, VIII]
12. → Обобщающая способность и размерность (VC-измеримость, overfitting/underfitting, проклятие размерности, bias-variance). [IV, V, XI]
13. → Аппроксимационные свойства и режимы бесконечной ширины (универсальность, Баррон-классы, NTK, Mean-Field). [III, V, VII]
14. → Динамика обучения и инициализация (исчезающие/взрывающиеся градиенты, He/Xavier, устойчивость). [IV, V, VII]
15. → Архитектуры и компоненты слоёв: Dropout, BatchNorm, Attention. [III, IV, XI]
16. → Потери (MSE, кросс-энтропия, KL-дивергенция). [I, II, XI]
17. → Алгоритмы оптимизации: SGD, Adam (шум оценок градиента, сходимость). [III, V, IX]

18. → Scaling laws (асимптотика качества по размеру/данным/вычислениям). [IV, VII]
19. → Многорукий бандит: ε-жадность, выборочное среднее, UCB, байесовские бандиты, сэмплирование Томпсона, нестационарные бандиты. [I, II, III, IV, V, XI]
20. → Марковские процессы принятия решений (MRP/MDP), выбор вознаграждения, марковское свойство. [III, IV, VI, VIII, V]
21. → Оптимальность и уравнения Беллмана (ценность состояния/действия, оптимальная политика). [III, IV, VI, VIII, V]
22. → Динамическое программирование (итерации по ценностям/политикам). [III, IV, VI, VIII, V]
23. → Методы Монте-Карло (оценка и контроль политики). [III, IV, V, XI]
24. → Методы временных различий: TD(0), SARSA, Q-обучение. [III, IV, VI, VIII, IX, V]
25. → Методы аппроксимации (линейные модели, генерация признаков; аппроксимация для предсказаний и контроля). [III, IV, XI, XIII]
26. → Метод кросс-энтропии (табличный CEM). [III, XI]
27. → Введение в глубокое RL (состояния, действия, награды, политики; доход, функции ценности; ε-жадные стратегии). [I, III, IV, VI, VIII, V]
28. → RBF-сети как простейший метод RL (CartPole). [III, XIII, XI]
29. → TD-λ обучение: λ-возвраты, eligibility traces, n-шаговые методы. [III, IV, VI, VIII, IX, V]
30. → Методы градиентов по политикам; TRPO, PPO (проблемы базового policy gradient). [III, IV, V, XI, VIII]
31. → Беспрерывные пространства действий. [III, X, XI]
32. → Методы Deep-Q (DQN/варианты), буферы памяти; частично наблюдаемые состояния (POMDP). [III, IV, VI, VIII, V]
33. → Advantage Asynchronous Actor-Critic (A3C); актор-критик; множественные окружения. [III, IV, V, VI, VIII, XI]

# Матрица связности дисциплин фундаментального ИИ с разделами теории вероятностей и мат.статистики

|                                                                                             | Дискретный анализ и<br>введение в МО [DA]<br>I - IV, VI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Дискретная теория<br>вероятностей [DPT]<br>I - VII, IX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Непрерывная теория<br>вероятностей [CPT]<br>I, III - V, VII - IX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Математическая<br>статистика и анализ<br>данных [MSDA]<br>X - XIV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Введение в<br/>математическую теорию<br/>машинного обучения и<br/>ИИ [IMAI]<br/>1-11</b> | 1 (I, III, IV); 2 (III, XI); 3 (III, IV, X, XI); 4 (I, III, VIII, X, XI); 5 (II, III, XI, XIII); 6 (XI, XII); 7 (V, XI); 8 (I, XII); 9 (III, XI, XIII); 10 (III, V, IX); 11 (I, III, X, XI, VIII).                                                                                                                                                                                            | 1 (I, III, IV); 2 (III, XI); 3 (III, IV, X, XI); 4 (I, III, VIII, X, XI); 5 (II, III, XI, XIII); 6 (XI, XII); 7 (V, XI); 8 (I, XII); 9 (III, XI, XIII); 10 (III, V, IX); 11 (I, III, X, XI, VIII).                                                                                                                                                                                            | 1 (I, III, IV); 2 (III, XI); 3 (III, IV, X, XI); 4 (I, III, VIII, X, XI); 5 (II, III, XI, XIII); 6 (XI, XII); 7 (V, XI); 8 (I, XII); 9 (III, XI, XIII); 10 (III, V, IX); 11 (I, III, X, XI, VIII).                                                                                                                                                                                            | 1 (I, III, IV); 2 (III, XI); 3 (III, IV, X, XI); 4 (I, III, VIII, X, XI); 5 (II, III, XI, XIII); 6 (XI, XII); 7 (V, XI); 8 (I, XII); 9 (III, XI, XIII); 10 (III, V, IX); 11 (I, III, VIII, X, XI).                                                                                                                                                                                            |
| <b>Глубокое машинное<br/>обучение [DL]<br/>12-18</b>                                        | 12 (IV, V, XI); 13 (III, V, VII); 14 (IV, V, VII); 15 (II, IV, I); 16 (I, II, XI); 17 (III, V, IX); 18 (V, VII).                                                                                                                                                                                                                                                                              | 12 (IV, V, XI); 13 (III, V, VII); 14 (IV, V, VII); 15 (II, IV, I); 16 (I, II, XI); 17 (III, V, IX); 18 (V, VII).                                                                                                                                                                                                                                                                              | 12 (IV, V, XI); 13 (III, V, VII); 14 (IV, V, VII); 15 (II, IV, I); 16 (I, II, XI); 17 (III, V, IX); 18 (V, VII).                                                                                                                                                                                                                                                                              | 12 (IV, V, XI); 13 (III, V, VII); 14 (IV, V, VII); 15 (II, IV, I); 16 (I, II, XI); 17 (III, V, IX); 18 (V, VII).                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Машинное обучение с<br/>подкреплением<br/>и нейронные сети [RL]<br/>19-33</b>            | 19 (I, II, III, IV, V, XI); 20 (III, IV, VI, VIII, V); 21 (III, IV, VI, VIII, V); 22 (III, IV, VI, VIII, V); 23 (III, IV, V, XI); 24 (III, IV, VI, VIII, IX, V); 25 (III, IV, XI, XIII); 26 (III, XI); 27 (I, III, IV, VI, VIII, V); 28 (III, XIII, XI); 29 (III, IV, VI, VIII, IX, V); 30 (III, IV, V, XI, VIII); 31 (III, X, XI); 32 (III, IV, VI, VIII, V); 33 (III, IV, VI, V, VIII, XI). | 19 (I, II, III, IV, V, XI); 20 (III, IV, VI, VIII, V); 21 (III, IV, VI, VIII, V); 22 (III, IV, VI, VIII, V); 23 (III, IV, V, XI); 24 (III, IV, VI, VIII, IX, V); 25 (III, IV, XI, XIII); 26 (III, XI); 27 (I, III, IV, VI, VIII, V); 28 (III, XIII, XI); 29 (III, IV, VI, VIII, IX, V); 30 (III, IV, V, XI, VIII); 31 (III, X, XI); 32 (III, IV, VI, VIII, V); 33 (III, IV, VI, V, VIII, XI). | 19 (I, II, III, IV, V, XI); 20 (III, IV, VI, VIII, V); 21 (III, IV, VI, VIII, V); 22 (III, IV, VI, VIII, V); 23 (III, IV, V, XI); 24 (III, IV, VI, VIII, IX, V); 25 (III, IV, XI, XIII); 26 (III, XI); 27 (I, III, IV, VI, VIII, V); 28 (III, XIII, XI); 29 (III, IV, VI, VIII, IX, V); 30 (III, IV, V, XI, VIII); 31 (III, X, XI); 32 (III, IV, VI, VIII, V); 33 (III, IV, VI, V, VIII, XI). | 19 (I, II, III, IV, V, XI); 20 (III, IV, VI, VIII, V); 21 (III, IV, VI, VIII, V); 22 (III, IV, VI, VIII, V); 23 (III, IV, V, XI); 24 (III, IV, VI, VIII, IX, V); 25 (III, IV, XI, XIII); 26 (III, XI); 27 (I, III, IV, VI, VIII, V); 28 (III, XIII, XI); 29 (III, IV, VI, VIII, IX, V); 30 (III, IV, V, XI, VIII); 31 (III, X, XI); 32 (III, IV, VI, VIII, V); 33 (III, IV, VI, V, VIII, XI). |

# Результаты сравнительного анализа: специалитет в области математики ИИ

## Специалитет в области математики искусственного интеллекта позволил:

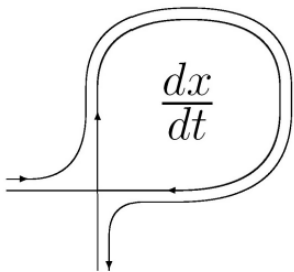
- учесть текущий школьный ФГОС 2022 по математике и информатике для сквозного обучения математике ИИ на всех курсах, начиная с первого;
- обеспечить отсутствие в фундаментальном ядре по математике ИИ пробелов, связанных с разрывом обучения в тандеме бакалавриат-магистратура:  
**необходимо для формирования замкнутого фундаментального ядра по математике ИИ, восстановления приема в аспирантуру (преодоление ситуации пол землекопа своих выпускников в аспирантуре) и увеличение количества защит диссертаций;**
- включить наиболее полный набор разделов и тем фундаментальной и прикладной математики, теоретической информатики и программирования,  
**необходимых для подготовки специалистов элитного кластера в области создания новых моделей, архитектур и технологий ИИ.**

## Выводы, рекомендации

Для успешного масштабирования опыта этой работы на федеральном уровне необходимы:

- решение Минобрнауки РФ о возможности открытия пятилетних специалитетов по профильному направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», в котором сейчас реализуется большинство ведущих образовательных программ в стране в области ИИ
- детальная проработка министерских и индустриальных конкурсных программ (таких как AI360 и МИНЦИФРЫ ТОП ДС) и их открытости, включая расширение участников конкурсов на программы специалитета (в настоящий момент, несмотря на изменения системы образования в стране, к конкурсу Минцифры допускают только программы бакалавриата!)

<https://diffjournal.spbu.ru/pdf/25310-jdecp-kuznetsov.pdf>



ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ  
УРАВНЕНИЯ  
И  
ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ  
N. 3, 2025  
Электронный журнал,  
рег. Эл № ФС77-39410 от 15.04.2010  
ISSN 1817-2172

<http://diffjournal.spbu.ru/>  
e-mail: [jodiff@mail.ru](mailto:jodiff@mail.ru)

*Машинное обучение и искусственный интеллект*

**Создание первого специалитета в области математики  
искусственного интеллекта на Математико-механическом  
факультете СПбГУ на базе анализа школьного ФГОС и  
программ ведущих университетов России**

Кузнецов Н.В.<sup>1,2\*</sup>, Алексеева Т.А.<sup>1,3</sup>, Кудряшова Е.В.<sup>1</sup>, Мокаев Р.Н.<sup>1</sup>, Мокаев Т.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Кафедра прикладной кибернетики, Математико-механический факультет,  
Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Российская Академия Наук

<sup>3</sup> Департамент математики, НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург

\*nkuznetsov239@mail.ru

*Дифференциальные уравнения и процессы управления, N. 3, 2025*

## Приложение 1

Учебные планы ООП ведущих ВУЗов РФ в области искусственного интеллекта, отобранных для анализа

## Список обозначений

- 1) Цветовые обозначения категорий дисциплин представлены в Таблице 2.
- 2) к – кредиты (в зачетных единицах), трудоемкость дисциплин (в академических часах), где  
л – лекции, п – практические занятия, а – семинары, аб – лабораторные занятия,  
а – академически

*Дифференциальные уравнения и процессы управления, N. 3, 2025*

| современные                               |                                         |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 курс                                    |                                         |
| 1                                         | 2                                       |
| Алгебра и<br>теория чисел<br>(60л+4л, 6к) | Алгебра<br>теория чисел<br>(42л+2л, 6к) |
| Геометрия и<br>топология<br>(30л+28л, 4к) | Геометрия<br>топология<br>(28л+2л, 6к)  |
| Математический анализ<br>(60л+5л, 6к)     | Математический анализ<br>(56л+5л, 6к)   |

## Приложение 2

Сравнительный анализ Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) среднего общего образования (СОО) с изменениями и дополнениями

Таб. П.2.1.

| ФГОС 17.05.2012<br>(Приказ об утверждении)<br>10-11 кл. (среднее общее образование) | ФГОС 12.09.2022<br>(Приказ об изменениях к ФГОС от<br>17.05.2012)<br>10-11 кл. (среднее общее образование)<br>Комментарий:                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | 1) Приказ устанавливает изменения в части требований к результатам освоения основной образовательной программы.<br>2) Изменения, внесенные в ФГОС от 17.05.2012 Приказами Министерства образования и науки и Министерства просвещения РФ 2014, 2015, 2017, 2020, не касались учебных предметов «Математика» и «Информатика». |
| Математика (базовый уровень)                                                        | Математика (базовый уровень)                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |



# Материалы

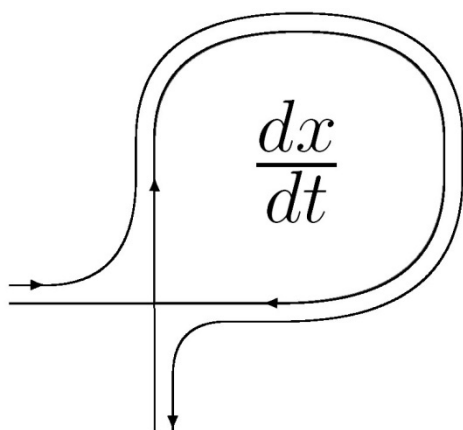
- Н.В. Кузнецов, Первый в России специалитет в области математики искусственного интеллекта, Фундаментальные проблемы обучения математике, информатике и информатизации образования: сборник тезисов докладов XI международной научно-практической конференции в рамках Международного научно-образовательного форума «Математика. Информатика. Образование», 29 июня – 05 июля 2025 г. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2025.
- Кузнецов Н.В., Возможно, задачей будущего является замена ученых искусственным интеллектом?, 2021 (<https://spbu.ru/news-events/krupnym-planom/matematik-spbgu-nikolay-kuznecov-vozmozhno-zadachey-budushchego>).
- Abramovich S., Kuznetsov N., Razov A., G.A. Leonov: eminent scholar, admired teacher and unconventional administrator, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1864, 2021, 012066 (<https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1864/1/012066>).
- Леонов Г.А., Терехов А.Н., Новиков Б.А., Крук Е.А., Нестеров В.М., Создание на Математико-механическом факультете СПбГУ научно-образовательного ИТ-кластера на базе современной фундаментальной математики, Компьютерные инструменты в образовании, №2, 2017, 42-57 (<http://ipo.spb.ru/journal/index.php?article/1908>).
- Кузнецов Н.В., Леонов Г.А., Оносовский В.В., Селеджи С.М., Филиппов Е.В., Инновационные подходы к подготовке современных высококвалифицированных специалистов в области ИТ, Материалы всероссийской научной конференции по проблемам информатики, 2013, СПИСОК-2013, 601-618.
- Леонов Г.А., О математическом образовании в России и Санкт-Петербурге. Прошлое, настоящее, будущее, Дифференциальные уравнения и процессы управления (Differential Equations and Control Processes), №2, 2012 (<https://apcyb.spbu.ru/wp-content/uploads/2012-math-education.pdf>).
- «СПбГУ готовит специалистов высокой математической культуры в области искусственного интеллекта» Новости СПбГУ от 12.10.2024 (<https://spbu.ru/news-events/krupnym-planom/spbgu-gotovit-specialistov-vysokoy-matematicheskoy-kultury-v-oblasti>).

# Контакты

## Кузнецов Николай Владимирович

зав. кафедрой прикладной кибернетики Матмеха СПбГУ,  
зав. лабораторией информационно-управляющих систем ИПМаш РАН,  
доктор физ.-мат. наук, Ph.D., профессор, член-корреспондент РАН,  
член президиума СПБО РАН, лауреат Государственной премии РФ,  
Fellow Asia-Pacific AI Association, Fellow Int. AI Industry Alliance  
n.v.kuznetsov@spbu.ru, nkuznetsov239@mail.ru, <https://vk.com/apcpsyb>





ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ  
УРАВНЕНИЯ  
И  
ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ  
N. 3, 2025

Электронный журнал,  
рег. Эл № ФС77-39410 от 15.04.2010  
ISSN 1817-2172

<http://diffjournal.spbu.ru/>  
e-mail: [jodiff@mail.ru](mailto:jodiff@mail.ru)

Машинное обучение и искусственный интеллект

**Создание первого специалитета в области математики  
искусственного интеллекта на Математико-механическом  
факультете СПбГУ на базе анализа школьного ФГОС и  
программ ведущих университетов России**

Кузнецов Н.В.<sup>1,2\*</sup>, Алексеева Т.А.<sup>1,3</sup>, Кудряшова Е.В.<sup>1</sup>, Мокаев Р.Н.<sup>1</sup>, Мокаев Т.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Кафедра прикладной кибернетики, Математико-механический факультет,  
Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Российская Академия Наук

<sup>3</sup> Департамент математики, НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург

\*nkuznetsov239@mail.ru

**Аннотация.** Ведущие вузы нашей страны уже имеют успешный опыт подготовки разработчиков в области искусственного интеллекта (ИИ) для решения широкого спектра прикладных задач, важных в экономике и промышленности. Новая ступень развития сектора ИИ ориентирована на прорывные решения, что требует подготовки исследователей и элитных архитекторов перспективных моделей ИИ для новейших научных и технологических разработок и решения прикладных задач в сложных наукоемких областях и промышленности. Анализ современных образовательных программ в области ИИ ведущих профильных вузов РФ показывает преимущество специалитета для формирования завершенного ядра математических основ фундаментального ИИ и преодоления пробелов, возникающих при разрыве обучения в связке бакалавриат-магистратура. Эти преимущества усиливаются новыми Федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС) общего среднего образования 2022 года, которые формируют пререквизиты для дисциплин ИИ, и позволяют реализовать сквозной подход: школа-специалитет-аспирантура-академия/индустрия. Представленный в статье анализ и разработанные материалы вносят вклад в решение на федеральном уровне общей стратегической задачи развития системы математического образования в области ИИ.

**Ключевые слова:** Математика, искусственный интеллект, бакалавриат, специалитет.

## **1. Введение**

Бурное развитие искусственного интеллекта (ИИ) и усиление соперничества между крупными компаниями за технологическое лидерство привели к высокой динамике роста в этом секторе экономики и существенному изменению структуры рынка труда. Новые запросы к квалификации сотрудников в области ИИ [1-2] связаны с переходом от подготовки специалистов, решающих задачи массовой разработки отдельных прикладных решений ИИ, к формированию элитного кластера архитекторов прорывных моделей и технологий ИИ, что потребовало пересмотра содержания и форматов образования для обеспечения глубоких и всесторонних знаний в различных разделах математики и информатики, лежащих в основании технологий ИИ. В настоящий момент создалась уникальная возможность использовать разнообразие и гибкость системы образования в нашей стране [3], чтобы расширить спектр имеющихся уровней образования (средняя школа, бакалавриат, магистратура, аспирантура) в области ИИ специалитетом по математике ИИ. Анализ современных образовательных программ в области ИИ ведущих вузов РФ показывает преимущество специалитета для формирования завершеного ядра математических основ фундаментального ИИ и преодоления пробелов, возникающих при разрыве обучения в связке бакалавриат-магистратура (аналогичная ситуация складывается при обучении и на других смежных направлениях подготовки, где требуется строгая математическая база [4]). Специалитет дает существенные преимущества как в подготовке специалистов для новейших научных и технологических разработок в ИИ, так и решении прикладных задач в сложных наукоемких областях и индустрии. Эти преимущества усиливаются новыми школьными ФГОС 2022 года [5], которые формируют пререквизиты для дисциплин ИИ, и позволяют реализовать сквозной подход: школа-специалитет-аспирантура-академия/индустрия. В статье представлены расширенные материалы пленарного доклада «Первый в России специалитет в области математики искусственного интеллекта: наука и индустрия (Матмех СПбГУ)» на Всероссийской научно-практической конференции «Промышленный искусственный интеллект», прошедшей в июле 2025 года при поддержке СПбО РАН в Санкт-Петербурге [6].

## **2. Предыстория создания специалитета**

Математико-механический факультет Санкт-Петербургского государственного университета (Матмех СПбГУ) является одним из ведущих центров страны по подготовке специалистов элитного уровня в области математики и компьютерных наук [7-9]. В 1990-е годы Матмех СПбГУ стал площадкой для ряда заметных в Санкт-Петербурге и России инновационных образовательных инициатив, связанных с именем многолетнего декана Матмеха (1988-2018), Лауреата государственной премии СССР, члена-корреспондента РАН Г.А. Леонова [10]. Формирование углубленного потока для изучения фундаментальной математики (ПОМИ-потока) совместно с Санкт-Петербургским отделением математического института им. В.А. Стеклова РАН позволило в трудные годы восстановить кадровый потенциал Петербургской математической школы и добиться значимых успехов в науке и преподавании математики [11,10]. Создание отделения информатики и научно-образовательного ИТ-кластера на базе современной фундаментальной математики привели к регулярным победам студенческих команд Матмеха СПбГУ на международных чемпионатах мира по программированию [7,10]. В 2006 году Г.А. Леонов вместе со своим учеником Н.В. Кузнецовым организовал на Матмехе СПбГУ кафедру прикладной кибернетики, а реализованная на кафедре инновационная программа подготовки студентов, соединяющая высокий математический уровень с обучением современным ИТ-технологиям, позволила в короткий срок подготовить на кафедре молодых талантливых специалистов, с именами которых связан ряд заметных событий в современной науке и образовании в России и за рубежом [10]. На базе кафедры была открыта российско-финляндская научно-образовательная программа для подготовки аспирантов при поддержке стипендий Президента РФ и академических фондов, опыт которой был

использован для федерального пилотного проекта по проведению в СПбГУ в 2013 году первых защит на ученую степень Ph.D. СПбГУ, впервые в современной России присваиваемую самостоятельно университетом [12]. В 2013 году Матмех стал основой для Центра мирового уровня в области информационных технологий на базе СПбГУ по результатам конкурсного отбора Министерства связи и массовых коммуникаций РФ. В 2016 году Г.А. Леонов был назначен председателем федерального учебно-методического объединения по второй укрупнённой группе специальностей и направлений подготовки («Математика и компьютерные науки», «Фундаментальная информатика и информационные технологии», «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем»), где под его руководством были разработаны федеральные государственные стандарты высшего образования нового поколения.

Научно-педагогические коллективы Матмеха СПбГУ более 50 раз получали статус Ведущей научной школы РФ, что является уникальным достижением для страны [13]. Г.А. Леонов яркий представитель научной школы в области математической теории управления члена-корреспондента РАН В.А. Якубовича (1926-2012) [14], которая с 1996 года получила статус Ведущей научной школы РФ. В 2008 году Г.А. Леонов стал со-руководителем, а затем руководителем Ведущей научной школы РФ. В 2018 году он передал руководство Ведущей научной школой Н.В. Кузнецову [15]. С 2016 года руководители Ведущей научной школы неоднократно включались в ежегодные рейтинги высокоцитируемых ученых Highly Cited Researchers (Web of Science), куда отбирается около 0,1% самых цитируемых в своих областях ученых мира (в последние годы около 6000 ученых ежегодно, из которых менее 10 из РФ). Это стало существенным вкладом в укрепление позиций СПбГУ в Шанхайском рейтинге университетов (где статус высокоцитируемого ученого имеет одинаковый вес с получением Нобелевской премии и Филдсовской медали); при этом в Шанхайском предметном рейтинге по одному из ключевых направлений научной работы — Automation & Control, СПбГУ стал лучшим университетом РФ и вошел в топ-50 вузов мира: занял в 2018 году в этом рейтинге 32 место. Это стало уникальным достижением СПбГУ среди российских вузов по всем областям знаний за все годы существования рейтинга [15,10] и внесло вклад в исполнение Указа Президента Российской Федерации [16] об обеспечении вхождения к 2020 году не менее пяти российских университетов в первую сотню ведущих мировых университетов согласно мировому рейтингу университетов. В 2025 году Н.В. Кузнецову была присвоена Государственная премия РФ в области науки и технологий [17]. Выдающийся вклад Г.А. Леонова и его научной школы на Матмехе СПбГУ в развитие науки и образования в Санкт-Петербурге и стране отмечен по инициативе его учеников учреждением ежегодной премии Правительства Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургского отделения РАН имени Г.А. Леонова в области кибернетики и искусственного интеллекта [15].

Опираясь на накопленный опыт, традиции и продолжая развитие инноваций, в 2020 году в связи с Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [1] на Матмехе СПбГУ коллективом под руководством Н.В. Кузнецова была инициирована разработка цикла рабочих программ учебных дисциплин по математике искусственного интеллекта и смежным направлениям [18].

Разработанный с привлечением ведущих специалистов и представителей ИТ компаний комплексный цикл программ дисциплин в области машинного обучения и ИИ был нацелен на подготовку высококвалифицированных специалистов, обладающих целостной картиной современного этапа развития ИИ и востребованных как в ИТ сфере, так и в научных центрах России, ведущих исследования и разработки по различным направлениям ИИ. Этот цикл программ связал платформенную и профессиональную части образования через реализацию уникального сочетания фундаментальных знаний, которые закладываются при освоении студентами математических дисциплин направления подготовки «Прикладная математика и информатика», и профессиональных компетенций в широком спектре специальностей в области машинного обучения и ИИ, которые формируются современными прикладными дисциплинами программы. В 2022 году рабочие программы дисциплин из разработанного цикла легли в основу новой основной образовательной программы (ООП) бакалавриата «Прикладная математика, программирование и искусственный интеллект», которая заменила собой реализуемую тогда программу «Прикладная



математика и информатика», а также были использованы для модификации последовательной программы магистратуры «Математическое моделирование, программирование и искусственный интеллект». Новый бакалавриат стартовал в сентябре 2022 года и в течение двух приемных кампаний 2023 и 2024 годов становился наиболее востребованной образовательной программой среди всех образовательных программ СПбГУ и программ направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» других вузов Санкт-Петербурга (рис. 1) [18-19]. С 2024 года новый бакалавриат и магистратура вошли в сетевую образовательную программу с финансовой поддержкой Сбера.

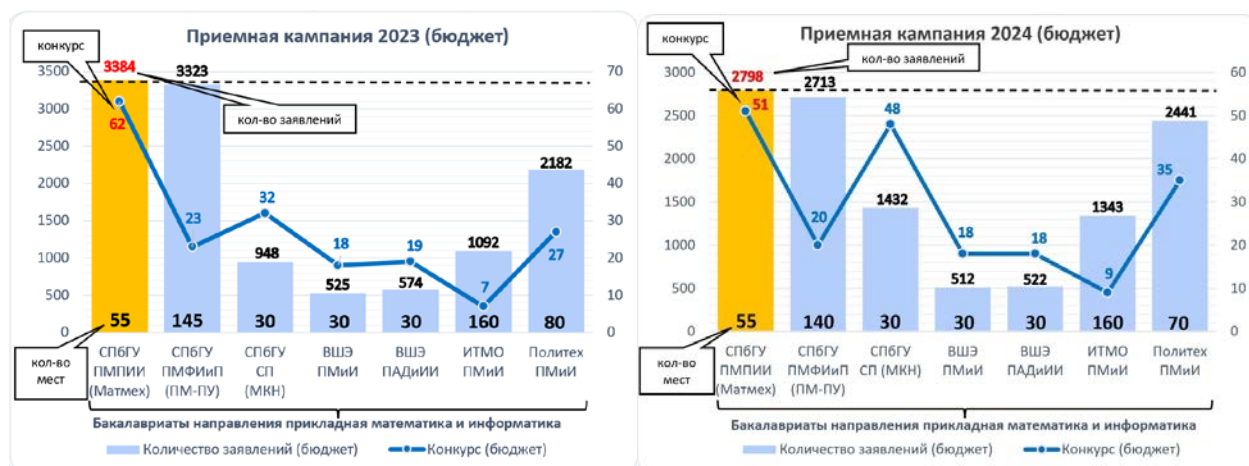


Рис. 1. Результаты приемных кампаний 2023 и 2024 годов в разрезе бакалавриатов ведущих вузов Санкт-Петербурга по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Результаты работы над бакалавриатом обсуждались на Профессорском форуме «Наука и технологии в XXI веке: тренды и перспективы» 2021 года в докладе «Подготовка высококвалифицированных специалистов в области кибернетики, IT-технологий и искусственного интеллекта на базе фундаментальной математики: опыт кафедры прикладной кибернетики СПбГУ» [20], а также были отмечены на всероссийском конкурсе «Золотые имена высшей школы» 2024 года [21].

Несмотря на обширность фундаментальной математической подготовки прошедшие годы обучения в бакалавриате «Прикладная математика, программирование и искусственный интеллект» показали, что для внедрения этих компетенций в глубокое освоение студентами дисциплин по ИИ не хватает существующего периода обучения и требуется доучивание даже основным компетенциям в этой области в магистратуре. Однако неизбежные последствия разрыва, естественно возникающие между двумя уровнями образования, в том числе уход части бакалавров в индустрию<sup>1</sup>, отсутствие требований профильного математического образования при поступлении в связанную магистратуру, не только приводят к пробелам в фундаментальной математической подготовке, необходимой для глубокого погружения в продвинутые направления ИИ, но и создает «эффект насыщения», что не дает возможности существенно продвинуться в качественном изменении квалификации выпускаемых специалистов в соответствии с новыми запросами рынка труда [19,20]. Возникшие трудности стимулировали наш интерес к изучению опыта других ООП в РФ в области ИИ, современных изменений на рынке труда и в государственных программах в сфере ИИ, что отражено в постановке качественно иных задач для подготовки ИИ-специалистов новой формации – исследователей и архитекторов новых моделей и прорывных технологий ИИ. Из прикладной области ИИ трансформируется в самостоятельную область науки, и для ее развития

<sup>1</sup> В последнее время в различных связанных программах на следующем уровне продолжают обучение только около 10% выпускников, что при выпуске в 50 человек дает после бакалавриата-магистратуры «пол землекопа» в аспирантуре, а после специалитета – 5 аспирантов.



чрезвычайно важен системный подход, основанный на связи науки и образования прежде всего в области фундаментальных и прикладных направлений математики, информатики и современного программирования.

### **3. Первый специалитет в области математики ИИ**

В 2024 году на Матмехе СПбГУ, учитывая произошедшие в секторе ИИ изменения, а также указы Президента РФ от 12 мая 2023 года «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования» и от 15 февраля 2024 № 124 «О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации и в Национальную стратегию, утвержденную этим Указом» [1], началась работа по переходу от бакалавриата в области математики ИИ к специалитету «Прикладная математика, современное программирование и искусственный интеллект».

Необходимость открытия специалитета для фундаментальной подготовки высококлассных специалистов-архитекторов ИИ нашла поддержку в ходе обсуждений на заседаниях Ученого совета Матмеха СПбГУ [22] и Научного совета по теории и процессам управления РАН [23]. Основная задача трансформации от четырехлетнего бакалавриата к пятилетнему специалитету с увеличением непрерывного базового обучения состоит в создании образовательных условий для полного освоения завершеного ядра математических основ фундаментального ИИ (разделы фундаментальной и прикладной математики, теоретической информатики) [22-24]. При этом переход к специалитету в текущий период потребовал смены направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» и в силу действующего Перечня специальностей высшего образования [25] оказался возможен только в рамках специальности 01.05.01 «Фундаментальные математика и механика», которая, с одной стороны, соответствует приоритету фундаментальной математической подготовки на открываемом специалитете, а с другой — недостаточно отражает новый этап развития прикладной математической науки, существенно связанный с передовыми задачами в области ИИ.

При разработке специалитета рабочей группой ставились следующие задачи: 1) обеспечение непрерывного обучения ИИ со школьного уровня на базе обновленного ФГОС 2022 среднего общего образования по математике и информатике (базовый и углубленный уровень); 2) формирование замкнутого ядра разделов основных курсов по фундаментальной и прикладной математике, теоретической информатике, отвечающих требованиям текущих передовых разработок в области ИИ; 3) учет опыта и дизайна существующих образовательных программ в ведущих математических центрах РФ, программ индустриально-университетского партнерства «АІ360» и третьей волны конкурсного отбора Минцифры РФ уровня «ТОП ДС» («TOP Data Science») [6,24].

Работа по анализу программ других вузов и формирование базовой части программы специалитета велись по категориям дисциплин: фундаментальная математика, прикладная математика, теоретическая информатика и программирование, фундаментальный искусственный интеллект. Отдельно учитывалась емкость блока дисциплин по выбору, который выстраивается с учетом индивидуальной траектории студента из углубленных и/или прикладных курсов, не связанных с формированием завершеного ядра математических основ ИИ.

В настоящее время масштабное развитие ИИ происходит по совершенно различным направлениям, которые связаны со всеми разделами фундаментальной математики. Поэтому подготовка элитных специалистов для долгосрочной работы в наиболее перспективных и новых направлениях ИИ, а не заточенных под конкретную текущую технологию или задачу ИИ, требует полного спектра знаний по фундаментальной математике, базовые блоки дисциплин которой хорошо отработаны в классических математических программах по фундаментальной и прикладной математике и теоретической информатике. Организация последовательности и связи дисциплин внутри категории фундаментальной математики выявила необходимость перехода от бакалавриата к специалитету для замкнутого глубокого освоения математических основ ИИ. В

частности, в классических образовательных программах по фундаментальной математике<sup>2</sup> связка дисциплин по теории вероятностей и математической статистике (необходимый пререквизит для фундаментального ИИ и обработки данных) опирается на другие пререквизитные математические курсы (в том числе математический анализ и алгебру), и поэтому их изучение заканчивается не раньше третьего курса. Обход пререквизитного барьера при изучении математической базы для ИИ создает лакуны или существенно упрощает материал (как, например, раннее начало дискретного раздела теории вероятностей) во взаимосвязанной цепочке дисциплин и не позволяет сформировать замкнутое математическое ядро для фундаментального ИИ.



Рис. 2. Связь основных курсов по фундаментальной и прикладной математике, теоретической информатике с материалом классического вводного курса в математическую теорию машинного обучения и ИИ

Категория дисциплин «прикладная математика» имеет самостоятельную ценность для расширения спектра математических знаний и играет ведущую роль в формировании широко используемых в ИИ компетенций в области вычислительных методов, оптимизации, стохастического анализа и других разделов. В категории дисциплин по теоретической информатике и программированию значительно обновлено содержание дисциплин, благодаря, в том числе, существенным изменениям школьного ФГОС 2022 года, который теперь включает в себя современные технологии программирования, новые разделы по алгоритмам представления и обработки данных, а также существенный задел по дискретной теории вероятностей, математической статистике и элементам искусственного интеллекта (см. Приложение 2). В разработанном специалитете эти изменения школьной программы позволили существенно разгрузить классический вводный курс по дискретному анализу (см, например, [26,27]) и добавить в него новые элементы из введения в машинное обучение, криптографии, блокчейна (см, например, [28,29]) для реализации непрерывного обучения, начиная со школы. Также современное обучение программированию должно учитывать концептуальные изменения, связанные с появлением и широким применением в программировании технологий ИИ. Категория «фундаментальный искусственный интеллект» содержит дисциплины, охватывающие материал обязательных разделов ИИ, в том числе классический вводный курс «Введение в математическую теорию машинного обучения и ИИ» (см, например, [30]). Компетенции этой категории расширяются и углубляются в различные области ИИ на дисциплинах по выбору в тематических профилях (специализациях).

Таким образом, специалитет «Прикладная математика, современное программирование и искусственный интеллект», разработанный на Матмехе СПбГУ, дает фундаментальное образование по математике и фокусируется на подготовке специалистов в области математической

<sup>2</sup> Программы МГУ, НГУ, НИУ ВШЭ, СПбГУ.

теории и методов ИИ для научной деятельности и работы в прорывных интеллектуальноемких отраслях индустрии [6,31]. Фундаментальность математической подготовки и закладывание теоретических основ программирования осуществляется за три года и обеспечивается платформенной частью учебного плана, включающей существенный объем основополагающих математических дисциплин и базовую информатику, которые служат пререквизитами для теоретических и прикладных курсов в области ИИ. Параллельно с формированием фундамента программы, опираясь на современные стандарты школьного образования по математике и информатике, с первого курса студенты погружаются в изучение математических основ ИИ и современных методов и инструментов программирования, необходимых для эффективного взаимодействия с системами ИИ и их практического применения для работы в индустрии по окончании платформенного периода обучения. Нарращивание квалификации и вариативность образования реализуется через разнообразие образовательных траекторий, начиная с третьего года обучения. Сочетание глубокого погружения в математику ИИ и параллельное использование ИИ в процессе обучения и практической подготовки создаёт продуктивную базу для углубленного понимания методов и технологий ИИ. Этот подход формирует у будущих выпускников профессиональные компетенции для усовершенствования систем ИИ, генерирования новых концепций его развития и разработки передовых решений в науке и прикладных интеллектуальноемких областях, связанных с математической теорией и приложениями ИИ.

Программа специалитета рассчитана на реализацию в образовательно-научно-индустриальном партнерстве с компаниями (Сбер, Т-банк, Яндекс и другие компании, сотрудничающие с СПбГУ). Коллаборация с индустриальными партнерами предусматривает выделение на программе группы студентов с усиленной подготовкой. Используя опыт и принципы организации углубленного обучения математике на ПОМИ-потоке Матмеха СПбГУ, на первом курсе предусмотрена возможность формирования группы для углубленного изучения разделов фундаментальной математики, теоретической информатики и программирования во взаимодействии с индустриальными партнерами (факультативы от партнеров, летние школы). В продвинутую группу студенты отбираются на конкурсной основе перед началом второго семестра. Учитываются их баллы при поступлении на программу, результаты сессии первого семестра, оценка портфолио и собеседования. После сессий 2-4 семестров (на первом и втором курсах) студенты группы рейтингуются в зависимости от полученных оценок (средний балл не ниже порогового значения) и заключения об их работе от индустриальных партнеров. В случае низкого рейтинга (при отсутствии академических задолженностей) студент переводится в группу, обучающуюся по стандартному учебному плану. Освободившиеся места могут занять студенты программы при условии успешной сдачи ими соответствующей академической разницы с углубленной частью плана и по результатам собеседования. После успешного окончания второго курса студенты продвинутой группы зачисляются на отдельную специализацию «Искусственный интеллект». По результатам каждой сессии 3 и 4 курсов действует аналогичная процедура оценивания освоения углубленного учебного плана, и студенты, получившие низкий рейтинг, переводятся на другие специализации. Студенты продвинутой группы имеют грантовую поддержку от индустриального партнера в форме стипендии.

Высокое качество подготовки будущих специалистов верифицируется и настраивается в процессе учебы при участии в преподавании, стажировках, практике и экспертной оценке структуры и наполнения учебного плана и содержания дисциплин индустриальных партнеров и научных центров РАН.

#### **4. Сравнительный анализ**

Учебный план специалитета разрабатывался с учетом анализа современных образовательных программ в области ИИ ведущих вузов РФ (см. [6,23,24], Приложение 1). За прошедшие пять лет в РФ открыто более 100 ООП высшего образования в области ИИ, запущены крупные образовательные проекты, объединяющие ведущие университеты и индустрию, например, партнерство Сбера и Яндекса в рамках программы «AI360» и ведущих математических центров

России, коллаборации ООП бакалавриатов, прошедших отбор по конкурсу Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ (Минцифры) на уровень ДС («Data Science») и ТОП ДС («Top Data Science»). На рис. 3 и 4 представлены результаты анализа ООП в области ИИ трех вузов Санкт-Петербурга, которые вошли в ТОП ДС конкурса Минцифры и проект «AI360» индустриально-образовательного партнерства со Сбером и Яндексом: СПбГУ (Матмех, факультет математики и компьютерных наук, факультет прикладной математики и процессов управления), НИУ ИТМО, НИУ ВШЭ (школа информатики, физики и технологий) в Санкт-Петербурге. Проанализированы 11 ООП (10 программ уровня бакалавриат и один специалитет) по 5 направлениям подготовки (Таблица 1). Анализ продемонстрировал существенные различия в платформенной части учебных планов выбранных ООП по емкости в зачетных единицах (з.е.) математических дисциплин, которые являются пререквизитами для глубокого освоения продвинутых курсов по ИИ. Специалитет ПМСПИИ на Матмехе в СПбГУ (№1, Таблица 1) имеет преимущества по объему, разнообразию и содержательному наполнению фундаментального ядра, что обеспечивает непрерывность процесса подготовки высококвалифицированных кадров в области ИИ.

Таб. 1. Список ООП вузов Санкт-Петербурга в области ИИ, отобранных для анализа

| №  | ВУЗ                                | ООП                                                                           | Направление подготовки                                                                                                                     |
|----|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | СПбГУ Матмех: ПМСПИИ (специалитет) | Прикладная математика, современное программирование и искусственный интеллект | 01.05.01 Фундаментальные математика и механика                                                                                             |
| 2  | СПбГУ ПМ-ПУ: ПМПУИИ                | Прикладная математика, процессы управления и искусственный интеллект          | 01.03.02 Прикладная математика и информатика                                                                                               |
| 3  | СПбГУ МКН: AI360: ММО              | AI360: Математика машинного обучения                                          | 02.03.01 Математика и компьютерные науки                                                                                                   |
| 4  | СПбГУ МКН: НД                      | Науки о данных                                                                | 02.03.01 Математика и компьютерные науки                                                                                                   |
| 5  | СПбГУ Матмех: ИИиНД                | Искусственный интеллект и наука о данных                                      | 09.03.03 Прикладная информатика                                                                                                            |
| 6  | СПбГУ МКН: СП                      | Современное программирование                                                  | 01.03.02 Прикладная математика и информатика                                                                                               |
| 7  | ИТМО: КТПиИИ                       | Компьютерные технологии: Программирование и искусственный интеллект           | 01.03.02 Прикладная математика и информатика                                                                                               |
| 8  | ИТМО: ИнжИИ                        | Инженерия искусственного интеллекта                                           | 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем<br>11.03.02. Инфокоммуникационные технологии и системы связи |
| 9  | ИТМО: AI360: ML Native             | AI360: ML Native                                                              | 01.03.02 Прикладная математика и информатика                                                                                               |
| 10 | НИУ ВШЭ СПб: ПАДИИ                 | Прикладной анализ данных и искусственный интеллект                            | 01.03.02 Прикладная математика и информатика                                                                                               |
| 11 | НИУ ВШЭ СПб: ПМИ                   | Прикладная математика и информатика                                           | 01.03.02 Прикладная математика и информатика                                                                                               |





Рис. 3. Диаграмма сравнения трудоемкости (в з.е.) категорий дисциплин обязательной для всех студентов части ООП трех ведущих вузов Санкт-Петербурга в области ИИ, где цветовые обозначения категорий дисциплин представлены в Таблице 2

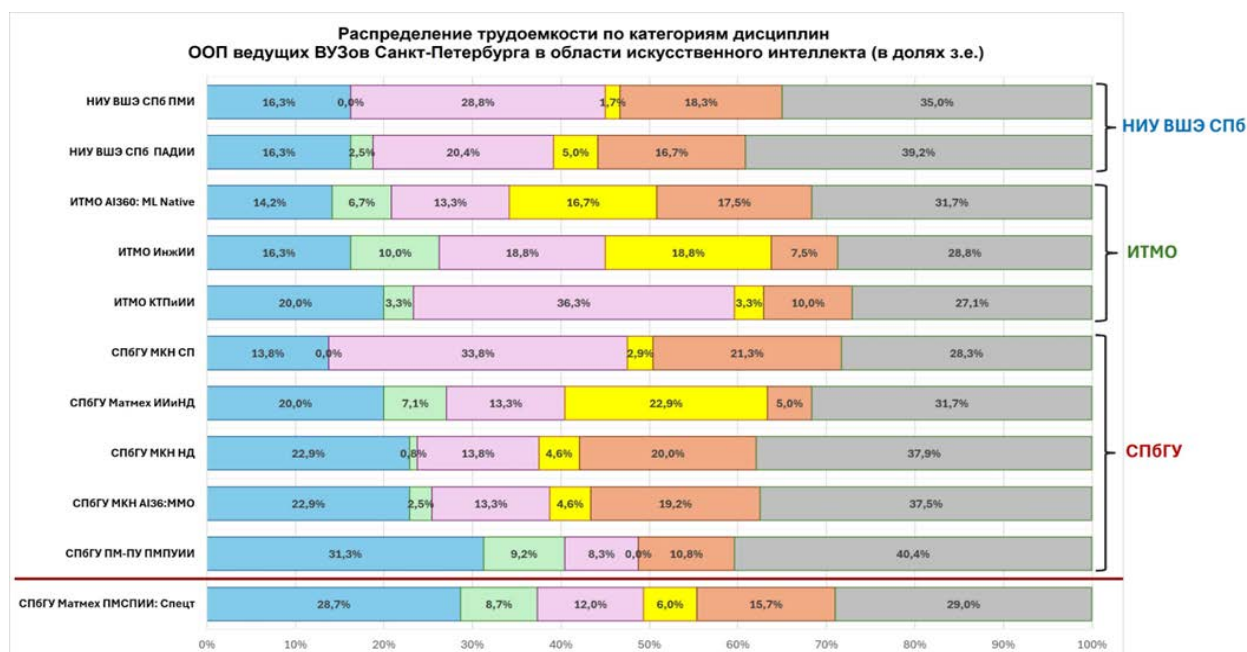


Рис. 4. Диаграмма сравнения трудоемкости (в долях з.е.) категорий дисциплин обязательной для всех студентов части ООП трех ведущих вузов Санкт-Петербурга в области ИИ, где цветовые обозначения категорий дисциплин представлены в Таблице 2

Таб. 2. Цветовые обозначения категорий дисциплин

|                                 |                            |                                                    |                                               |                            |                                  |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Фундаментальная математика (ФМ) | Прикладная математика (ПМ) | Теоретическая информатика и программирование (ТИП) | Фундаментальный искусственный интеллект (ФИИ) | Дисциплины по выбору (ДПВ) | Часть учебного плана вне анализа |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|

## Заключение

Разработанный на Математико-механическом факультете Санкт-Петербургского государственного университета новый специалитет пришел на смену первому в СПбГУ бакалавриату в области математики искусственного интеллекта «Прикладная математика, программирование и искусственный интеллект», становившемуся в течение двух приемных кампаний 2023 и 2024 годов наиболее востребованной среди всех образовательных программ СПбГУ и всех программ направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» других вузов Санкт-Петербурга [18,19,21]. Актуальность формата и содержания нового специалитета по математике ИИ на Матмехе СПбГУ подтверждена и поддержана внешней экспертизой. Потенциальными работодателями отмечено, что *«разработанный на Матмехе СПбГУ специалитет «Прикладная математика, современное программирование и искусственный интеллект» стал первым специалитетом в России, который включает наиболее полный спектр необходимых взаимосвязанных фундаментальных математических основ ИИ, а также учитывает обновленный школьный ФГОС 2022 для непрерывного продолжения обучения ИИ со школьного уровня. ...»* [19].

Сравнительный анализ продвинутых образовательных программ в ведущих математических центрах РФ, индустриально-университетского партнерства «АІ360» и «ТОП ДС» конкурсного отбора Минцифры#3 показал преимущество нового специалитета по объему и наполнению курсов, необходимых для глубокого понимания моделей ИИ. По мнению экспертов *«этот проект подтверждает лидирующую роль СПбГУ в развитии образовательных стандартов в сфере ИИ и обеспечивает российскому образованию мощный импульс для будущего прорыва в цифровизации промышленности и информационных технологиях»* [32].

Для успешного масштабирования опыта этой работы на федеральном уровне необходимы: 1) решение Минобрнауки РФ о возможности открытия пятилетних специалитетов по профильному направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», в котором сейчас реализуется большинство ведущих образовательных программ в стране (Таблица 1); 2) детальная проработка министерских и индустриальных конкурсных программ и их открытости, включая расширение участников конкурсов на программы специалитета. В настоящий момент, несмотря на изменения системы образования в стране, к конкурсу Минцифры допускают только программы бакалавриата. Критерии отбора конкурса 2025 года приведены на сайте министерства в конкурсной документации, критерии отбора образовательных программ для включения в индустриально-университетское партнерство «АІ360» на сайте партнерства не приведены (на момент публикации).

Дальнейшее развитие разработанной программы специалитета направлено на регулярный мониторинг индустриальных и научных трендов в сфере ИИ, практик применения ИИ в высшем образовании в России и за рубежом, а также продвинутых школьных образовательных программах (см, [33,34] и др.), и внедрение этого опыта в обучение. Основным внешним ресурсом, необходимым наукоёмкой образовательной программе, чтобы стать точкой роста образовательного лидерства в масштабах города и страны, которая способна обеспечить кадры для дальнейшего технологического лидерства государства, является привлечение на программу талантливых абитуриентов, мотивированных и подготовленных к такому обучению прохождением углубленной школьной подготовки.

Стремительное развитие образовательных технологий (доступность качественных онлайн курсов), рекламных материалов, мобильности преподавателей и абитуриентов, а также изменение приоритетов государственной политики, привели к существенному изменению влияния конкурентных особенностей вузов, нивелированию ряда традиционных преимуществ отдельных вузов и существенному увеличению значимости общих для всех факторов для привлечения сильных абитуриентов на бюджетные места и успешной организации массового договорного обучения на платной основе. При этом ключевое влияние на выбор вуза и программы для поступления часто оказывает привлекательность образовательных локаций (транспортная доступность и близость учебных помещений и общежитий, современная инфраструктура, близость локации к ведущим профильным индустриальным компаниям для возможности привлечения



сотрудников компаний к преподаванию и эффективной организации стажировок и практик) и стипендиальные/грантовые программы.

Дисклеймер: Качественный и количественный анализ содержания отобранных ООП проводился на данных из открытых источников, доступных на официальных сайтах вузов и образовательных программ, Министерства просвещения РФ, Министерства науки и высшего образования РФ, Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ (Минцифры), программы «АИ360», образовательной информационной системы «ФГОС», а также полученных от управлений образовательных программ ряда вузов: образовательные стандарты университетов и ФГОСы, учебные планы ООП, характеристики ООП, паспорта ООП, рабочие программы дисциплин, конкурсная документация федеральных министерских программ, общая информация. Критерии для включения вузов в выборку для анализа отражают общую объективную картину, однако не претендуют на полноту, и авторы не исключают, что не все факторы могли быть учтены в анализе. Выявленная тенденция в объеме и формате фундаментальной подготовки в области математики ИИ позволяет говорить о репрезентативности выборки и релевантности использованных в анализе метрик. Вопрос о размере выборки решался на основании критериев отбора и является репрезентативным в этом смысле. Однако авторы допускают, что выборка может быть расширена. Отнесение той или иной дисциплины к категории дисциплин выполнялось на основе их принадлежности к соответствующему тематическому модулю или блоку в учебных планах проанализированных ООП, где это было явно указано, для остальных программ применялось по аналогии. Наполнение учебного плана специалитета в части ряда дисциплин, прежде всего связанных с индустриальными партнерами, может меняться в соответствии с условиями реализации программы и актуальными изменениями тенденций на образовательном и трудовом рынках, а также нормативных документов. Данные для анализа приемных кампаний 2023 и 2024 годов брались из открытых источников – официальных сайтов университетов, на моменты их публикации по завершению соответствующего этапа приемной кампании, допускаются не критичные расхождения в отдельных значениях в связи с динамическим обновлением информации на сайтах, сроками ее размещения и занесения в архивы. Полнота и актуальность информации обусловлена периодами обращения к источникам и могут на момент написания статьи отличаться от текущего состояния и возможностей доступа.

## **Благодарности**

Авторы выражают благодарность за обсуждения и комментарии директору Президентского физико-математического лицея №239 М.Я. Пратусевичу, коллегам из академии наук и руководства университетов (академики И.А. Каляев, Н.Ю. Лукоянов, И.А. Соколов, И.А. Тайманов, члены-корреспонденты А.В. Ильин, О.А. Плехов, О.А. Степанов; проректор СПбПУ член-корр. Д.Г. Арсеньев, ректор университета Иннополис член-корр. А.В. Гасников, ректор АГУ Д.К. Мамий, проректор НИУ ИТМО В.О. Никифоров, ректор ЮФУ И.К. Шевченко), представителям индустриальных партнеров (Сбер, Т-банк, Яндекс, ЦНИИ Электроприбор), Комитету по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга и многим другим коллегам ученым, преподавателям, практикам.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда №25-11-00147, <https://rscf.ru/project/25-11-00147/>.

## **Литература**

- [1] Указ Президента Российской Федерации № 124 «О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» и в Национальную стратегию, утвержденную этим Указом», 15.02.2024 (<http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402150063>).

- [2] Гохберг, Л.М., Туровец, Ю.В., Вишневский, К.О. Искусственный интеллект в России. Технологии и рынки. М.: Изд. Дом ВШЭ, 2025, 148 с.
- [3] Рукшин, С.Е. Главные проблемы отечественной школы, 2024 (<https://послеуроков.рф/sergej-rukshin-glavnye-problemy-otechestvennoj-shkoly/>).
- [4] Указ Президента РФ от 12.05.2023 № 343 «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования».
- [5] Приказ Министерства просвещения РФ № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413», 12.08.2022.
- [6] Кузнецов, Н.В. и др. Первый в России специалитет в области математики искусственного интеллекта: наука и индустрия (Матмех СПбГУ). Пленарный доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Промышленный искусственный интеллект», 2025 (видео [https://vk.com/video-220669694\\_456239121?t=4m40s](https://vk.com/video-220669694_456239121?t=4m40s)).
- [7] Леонов, Г.А., Терехов, А.Н., Новиков, Б.А., Крук, Е.А., Нестеров, В.М. Создание на Математико-механическом факультете СПбГУ научно-образовательного ИТ-кластера на базе современной фундаментальной математики, Компьютерные инструменты в образовании, № 2, 2017, с. 42-57 (<http://ipo.spb.ru/journal/index.php?article/1908>).
- [8] Леонов, Г.А. О математическом образовании в России и Санкт-Петербурге. Прошлое, настоящее, будущее. Дифференциальные уравнения и процессы управления, № 2, с. 4-8, 2012 (<http://apcyb.spbu.ru/wp-content/uploads/2012-math-education.pdf>).
- [9] Математический Петербург. История, наука, достопримечательности. СПб: Образовательные проекты, 2018 (<https://www.mathsoc.spb.ru/history/MathSPb2ed.pdf>).
- [10] Abramovich, S., Kuznetsov, N. and Razov, A. G.A. Leonov: eminent scholar, admired teacher and unconventional administrator. Journal of Physics: Conference Series, vol. 1864, art. num. 012066, 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/1864/1/012066.
- [11] Назаров, А.И. Об учебном плане бакалавриата по направлению Математика в Санкт-Петербургском госуниверситете. Математика в высшем образовании, № 11, с. 63-66, 2013.
- [12] Кузнецов, Н.В. О результатах международных научно-образовательных программ кафедры прикладной кибернетики Математико-механического факультета. Заседание ученого совета Математико-механического факультета СПбГУ, 07.11.2024 ([https://spbu.ru/sites/default/files/2024-11/20241107\\_protocol\\_us\\_math.pdf](https://spbu.ru/sites/default/files/2024-11/20241107_protocol_us_math.pdf), презентация <https://apcyb.spbu.ru/wp-content/uploads/2024-MathMech-SPbU-Finland.pdf>, видео [https://vkvideo.ru/video-220669694\\_456239027](https://vkvideo.ru/video-220669694_456239027)).
- [13] Разов, А.И., Кузнецов, Н.В. О конкурсе Ведущих научных школ РФ. Заседание ученого совета Математико-механического факультета СПбГУ, 13.02.2020 ([https://spbu.ru/sites/default/files/20200213\\_protocol\\_us\\_math.pdf](https://spbu.ru/sites/default/files/20200213_protocol_us_math.pdf)).
- [14] Abramovich, S., Kuznetsov, N.V. and Leonov, G.A. V.A. Yakubovich – mathematician, “father of the field”, and herald of intellectual democracy in science and society. IFAC-PapersOnline, vol. 48(11), p. 1-3, 2015. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.09.150.
- [15] Академики и члены-корреспонденты Российской академии наук в Санкт-Петербургском государственном университете. СПб: Изд. СПбГУ, 2024 (<https://apcyb.spbu.ru/wp-content/uploads/2024-300-SPbU-RAS-KuznetsovNV.pdf>).
- [16] Указ Президента Российской Федерации № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки», 07.05.2012.
- [17] Вручение медалей Героя Труда и Государственных премий, 12.06.2025 (<http://kremlin.ru/events/president/news/77173>).
- [18] Кузнецов, Н.В. Об итогах приема в 2023 году. Заседание Ученого совета Математико-механического факультета СПбГУ, 14.09.2023 ([https://spbu.ru/sites/default/files/2023-09/20230914\\_protocol\\_us\\_math.pdf#page=4](https://spbu.ru/sites/default/files/2023-09/20230914_protocol_us_math.pdf#page=4), слайды <https://apcyb.spbu.ru/wp-content/uploads/2023-AMPandAI-MatMech-SPBU.pdf>).

- [19] Кузнецов, Н.В. Об итогах приема в 2024 году. Заседание Ученого совета Математико-механического факультета СПбГУ, 12.09.2024 ([https://spbu.ru/sites/default/files/2024-09/20240912\\_protocol\\_us\\_math.pdf#page=5](https://spbu.ru/sites/default/files/2024-09/20240912_protocol_us_math.pdf#page=5), слайды <https://apcyb.spbu.ru/wp-content/uploads/2024-AMPandAI-MatMech-SPBU.pdf>, видео [https://vkvideo.ru/video-220669694\\_456239019](https://vkvideo.ru/video-220669694_456239019)).
- [20] Кузнецов, Н.В. Подготовка высококвалифицированных специалистов в области кибернетики, IT-технологий и искусственного интеллекта на базе фундаментальной математики: опыт кафедры прикладной кибернетики СПбГУ. Профессорский форум «Наука и технологии в XXI веке: тренды и перспективы», 2021.
- [21] Лауреаты всероссийского конкурса «Золотые имена высшей школы». Кузнецов Николай Владимирович (Номинация «За вклад в науку и высшее образование», подноминация «За наставничество»), 04.02.2024 (<https://goldennames.professorstoday.org/tpost/k5uc177y41-kuznetsov-nikolai-vladimirovich>).
- [22] Кузнецов, Н.В. О переходе от бакалавриата «Прикладная математика, программирование и искусственный интеллект» к специалитету, а также КЦП на 2025-2026 годы. Заседание Ученого совета Математико-механического факультета СПбГУ, 17.04.2025 ([https://spbu.ru/sites/default/files/2025-04/20250417\\_protokol\\_us\\_math.pdf#page=3](https://spbu.ru/sites/default/files/2025-04/20250417_protokol_us_math.pdf#page=3), видео [https://vkvideo.ru/video-220669694\\_456239106](https://vkvideo.ru/video-220669694_456239106)).
- [23] Кузнецов, Н.В. и др. Сквозная система подготовки высококвалифицированных кадров в области кибернетики и искусственного интеллекта на базе фундаментальной математики в СПбГУ. Заседание Научного совета по теории и процессам управления РАН, 20.11.2024 (видео [https://vkvideo.ru/video-220669694\\_456239076](https://vkvideo.ru/video-220669694_456239076)).
- [24] Кузнецов, Н.В. Первый в России специалитет в области математики искусственного интеллекта. Фундаментальные проблемы обучения математике, информатике и информатизации образования: сборник тезисов докладов XI Международной научно-практической конференции в рамках международного научно-образовательного форума «Математика. Информатика. Образование», Владикавказский НЦ РАН, РСО-Алания, 29 июня – 05 июля 2025 г. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, с. 69–70, 2025 ([https://fpmi.elsu.ru/docs/FPMI-2025\\_Abstracts.pdf#page=66](https://fpmi.elsu.ru/docs/FPMI-2025_Abstracts.pdf#page=66)).
- [25] Приказ Министерства образования и науки РФ № 1061 «Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования» (с изменениями и дополнениями) – Приложение № 3. Перечень специальностей высшего образования – специалитета, 12.09.2013.
- [26] Романовский, И.В. Дискретный анализ: учебное пособие. 4-е изд., испр. и доп. СПб: Невский Диалект, 2008.
- [27] Журавлев, Ю.И., Флеров Ю.А., Вялый, М.Н. Дискретный анализ. Формальные системы и алгоритмы: учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М: Юрайт, 2025.
- [28] Пошерстник, Б.Е., Пратусевич, М.Я. Биткойн. Блокчейн. Криптовалюты. Лекции для старшеклассников. СПб: СММО Пресс, 2024.
- [29] Кузнецов, Н.В. и др., Рабочая программа учебной дисциплины «Дискретный анализ и введение в машинное обучение». СПбГУ, 2024.
- [30] Воронцов, К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин), 2009 (<http://www.machinelearning.ru/wiki/>).
- [31] В СПбГУ запустят первую в стране программу специалитета в области математики ИИ. Новости СПбГУ, 19.08.2025 (<https://spbu.ru/news-events/novosti/v-spbgu-zapustyat-pervuyu-v-strane-programmu-specialiteta-v-oblasti-matematik>).
- [32] Запуск первого в России специалитета в области математики искусственного интеллекта. DSCS.pro, 2025 (<https://dscs.pro/news/report-of-state-award-laureate-nikolay-vladimirovich-kuznetsov>).

- [33] Garzón, J., Patiño, E., and Marulanda, C. Systematic Review of Artificial Intelligence in Education: Trends, Benefits, and Challenges. *Multimodal Technol. Interact.* 9, 2025, 84. DOI: 10.3390/mti9080084.
- [34] Abramovich, S., and Pratushevich, M.Y. Advancing STEM education and research through preparing students with special interest in mathematics and science. *Adv Educ Res Eval*, 5(1), p. 254-263, 2024. DOI: 10.25082/AERE.2024.01.001.

## Приложение 1

## Учебные планы ООП ведущих ВУЗов РФ в области искусственного интеллекта, отобранных для анализа

## Список обозначений

- 1) Цветовые обозначения категорий дисциплин представлены в Таблице 2.  
 2) к – кредиты (в зачетных единицах), трудоемкость дисциплин (в академических часах), где л – лекции, п – практические занятия, с – семинары, лаб – лабораторные занятия, а – академические часы (если в учебном плане не указано распределение по видам занятий).

Таб. П.1.1.

| Специалитет: СПбГУ Матмех «Прикладная математика, современное программирование и искусственный интеллект» (01.05.01) |                                                                |                                                |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                        |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1 курс                                                                                                               |                                                                | 2 курс                                         |                                                             | 3 курс                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                        | 4 курс                                                   |                                                                  | 5 курс                                                                 |                           |
| 1                                                                                                                    | 2                                                              | 3                                              | 4                                                           | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6                                                                      | 7                                                        | 8                                                                | 9                                                                      | 10                        |
| Алгебра и теория чисел (60л+44п, 6к)                                                                                 | Алгебра и теория чисел (42л+26п, 5к)                           | Алгебра и теория чисел (46л+28п, 5к)           |                                                             | Тематические <b>профили</b> с вариативными траекториями (100+ дисциплин, 47 кредитов):<br>1. Высокопроизводительные методы вычислений<br>2. Вычислительная стохастика, статистические модели и анализ данных<br>3. Нелинейная динамика, оптимизация и интеллектуальное управление<br>4. Управление и обработка информации в кибернетических и робототехнических системах<br>5*. Искусственный интеллект (углубленная подготовка) |                                                                        |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Геометрия и топология (30л+28п, 4к)                                                                                  | Геометрия и топология (28л+26п, 4к)                            | Геометрия и топология (30л+28п, 5к)            | Геометрия и топология (26л, 3к)                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                        |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Математический анализ (60л+56п, 6к)                                                                                  | Математический анализ (56л+52п, 6к)                            | Математический анализ (60л+56п, 6к)            | Математический анализ (56л+26п, 5к)                         | Математический анализ (30л+28п, 3к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Уравнения математической физики (30л+42п, 4к)                          |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Дискретный анализ и введение в машинное обучение (30л+28п, 4к)                                                       | Дискретный анализ и введение в машинное обучение (28л+26п, 4к) | Дифференциальные уравнения (30л+42п, 5к)       | Дифференциальные уравнения (28л+26п, 4к)                    | Функциональный анализ (46л+14п, 3к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Функциональный анализ (42л, 3к)                                        |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Информатика и основы программирования (28л, 2к)                                                                      | Информатика и основы программирования (28л, 2к)                | Информатика и теория алгоритмов (28л, 2к)      | Введение в теорию управления (14л+42с, 3к)                  | Теория вероятностей (30л+28п, 3к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Теория вероятностей (28л+26п, 3к)                                      |                                                          |                                                                  |                                                                        |                           |
| Практикум по программированию на C++ (28п, 2к)                                                                       | Практикум по программированию на C++ (26п, 2к)                 | Алгоритмы и структуры данных на Java (28п, 2к) | Численные методы (42л+26п, 5к)                              | Вычислительная линейная алгебра (28л+14п, 2к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Математическая статистика и анализ данных (28л+14с, 3к)                | Случайные процессы и стохастический анализ (30л+14с, 4к) |                                                                  |                                                                        |                           |
|                                                                                                                      | Математическая логика (28л+14п, 2к)                            | Базы данных (28п+14п, 2к)                      | Системное программирование и операционные системы (26л, 2к) | Экстремальные задачи (46л+14п, 3к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Вычислительные методы для структур данных (28л+14с, 3к)                | Специальные методы оптимизации (30л+28п, 4к)             | Прикладная механика и мехатроника (26л+14с, 2к)                  |                                                                        |                           |
|                                                                                                                      |                                                                |                                                | Прикладное программирование на Python (26п, 2к)             | Компьютерный практикум по прикладной математике (28п, 2к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Введение в математическую теорию машинного обучения и ИИ (28л+26п, 4к) | Глубокое машинное обучение (28л+14с, 4к)                 | Машинное обучение с подкреплением и нейронные сети (28л+26с, 4к) | Современные методы и архитектуры машинного обучения и ИИ (30л+28с, 6к) |                           |
|                                                                                                                      | Практика НИР (ознакомительная)                                 | Практика НИР                                   | Практика НИР                                                | Практика НИР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Практика НИР                                                           | Практика НИР                                             | Практика НИР                                                     | Практика НИР (ВКР)                                                     | Практика НИР (ВКР)        |
|                                                                                                                      |                                                                |                                                |                                                             | Индустриальное программирование. Часть 1 (28с, 2к)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Индустриальное программирование. Часть 2 (26с, 2к)                     | Индустриальное программирование. Часть 3 (28с, 2к)       | Индустриальное программирование. Часть 4 (26с, 2к)               | Практика педагогическая                                                | Практика педагогическая   |
|                                                                                                                      |                                                                |                                                |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                        | Практика производственная                                | Практика производственная                                        | Практика производственная                                              | Практика производственная |



Таб. П.1.2.

| СПбГУ ПМ-ПУ «Прикладная математика, процессы управления и искусственный интеллект» (01.03.02) |                                          |                                                      |                                                        |                                                                                                |                                                                  |                                                            |                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                                                        |                                          | 2 курс                                               |                                                        | 3 курс                                                                                         |                                                                  | 4 курс                                                     |                                                         |
| 1                                                                                             | 2                                        | 3                                                    | 4                                                      | 5                                                                                              | 6                                                                | 7                                                          | 8                                                       |
| Алгебра<br>(48л+48п, 5к)                                                                      | Алгебра<br>(42л+42п, 5к)                 | Теория групп и<br>теория чисел<br>(32л+32п, 3к)      |                                                        | Блоки дисциплин по выбору (ДПВ): 15+11=26к<br>в каждом семестре: 1 из 18 блоков по 2 дисц, 15к |                                                                  |                                                            |                                                         |
|                                                                                               |                                          |                                                      |                                                        |                                                                                                | Вариативные блоки: 3<br>дисц., 11к                               |                                                            |                                                         |
| Математический анализ<br>(62л+64п, 6к)                                                        | Математический анализ<br>(56л+56п, 6к)   | Математический анализ<br>(62л+48п, 5к)               | Математический анализ<br>(42л+28п, 5к)                 | Уравнения математической физики<br>(32л+16п, 3к)                                               | Уравнения математической физики<br>(28л+28п, 4к)                 |                                                            |                                                         |
| Геометрия<br>(48л+48п, 5к)                                                                    | Геометрия<br>(42л+42п, 4к)               | Дифференциальные уравнения<br>(32л+32п, 4к)          | Дифференциальные уравнения<br>(56л+42п, 6к)            | Теория вероятностей и математическая статистика<br>(32л+32п, 3к)                               | Теория вероятностей и математическая статистика<br>(28л+28п, 4к) |                                                            |                                                         |
| Основы программирования<br>(32с+32п, 4к)                                                      | Основы программирования<br>(28с+28п, 4к) | Теория функций комплексной переменной<br>(32+32, 4к) | Теория функций комплексной переменной<br>(28л+28п, 3к) | Теория управления<br>(32л+64п, 4к)                                                             | Методы оптимизации<br>(28л+14п, 2к)                              |                                                            |                                                         |
|                                                                                               | Дискретная математика<br>(42л+14п, 4к)   | Базы данных и сетевые технологии<br>(32л+16п, 2к)    | Вариационное исчисление<br>(28л+28п, 3к)               | Теория игр и исследование операций<br>(32л+32п, 3к)                                            | Теоретическая информатика<br>(28л+14с, 3к)                       |                                                            |                                                         |
|                                                                                               |                                          | Численные методы<br>(30л+32п, 4к)                    | Численные методы<br>(26л+14п, 3к)                      | Численные методы<br>(30л+32п, 3к)                                                              | Архитектура вычислительных систем<br>(16л+12с, 2к)               |                                                            |                                                         |
|                                                                                               |                                          | Теоретическая механика<br>(32л+32п, 3к)              | Теоретическая механика<br>(42л+28п, 4к)                | Электродинамика и квантовая механика<br>(32л+32п, 3к)                                          | Практикум на ЭВМ (математическая статистика)<br>(14п, 1к)        | Математическое моделирование<br>(32л+16п, 3к)              |                                                         |
|                                                                                               |                                          |                                                      |                                                        |                                                                                                | Электродинамика и квантовая механика (28л, 2к)                   | Аналитическая динамика управляемых систем<br>(32л+16п, 3к) | Современные проблемы прикладной математики<br>(12л, 2к) |
|                                                                                               |                                          |                                                      |                                                        |                                                                                                | Учебная практика (НИР)                                           | Практика производственная (проектно-тех-я)                 | Практика производственная (НИР)                         |

Таб. П.1.3.

| СПбГУ МыКН «AI360: Математика машинного обучения» (02.03.01) |                                               |                                                      |                                                                                      |                                                     |                                             |                                                      |                                              |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1 курс                                                       |                                               | 2 курс                                               |                                                                                      | 3 курс                                              |                                             | 4 курс                                               |                                              |
| 1                                                            | 2                                             | 3                                                    | 4                                                                                    | 5                                                   | 6                                           | 7                                                    | 8                                            |
| Основы теории множеств (16л+16п, 2к)                         |                                               |                                                      | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 46-54к                                               |                                                     |                                             |                                                      |                                              |
| Алгебра Часть 1 (64л+40п, 5к)                                | Алгебра Часть 1 (64л+28п, 5к)                 |                                                      | ДПВ 1 из 2 дисц Математическая логика (16л+16п, 3к)/ Теория информации (16л+16п, 3к) | 8-10к: от 2 до 5 дисц из 32 ДПВ (1д=32с)            | 12-14к: от 4 до 7 дисц из 32 ДПВ (1д=32с)   | 15-17к: от 4 до 7 дисц из 32 ДПВ (1д=30л+30п)        | 8-10к: от 2 до 5 дисц из 32 ДПВ (1д=32л+30п) |
| Математический анализ Ч.1 (64л+42п, 5к)                      | Математический анализ Ч.1 (64л+28п, 5к)       | Математический анализ Ч.2 (30л+30п, 5к)              | Математический анализ Ч.2 (30л+30п, 4к)                                              | Математический анализ Ч.3 (30л+26п, 2к)             |                                             |                                                      |                                              |
| Геометрия и топология (32л+12п, 3к)                          | Геометрия и топология (48л+28п, 4к)           | Дифференциальные уравнения (32л+28п, 4к)             | Теория вероятностей и основы случайных процессов (32л+26п, 4к)                       | Математическая статистика (32л+30п, 3к)             | Вариационное исчисление (16л+30п, 2к)       |                                                      |                                              |
| Дискретная математика (24л+14п, 2к)                          | Дискретная теория вероятностей (32л+32п, 4к)  | Вычислительные методы (16л+16п, 2к)                  | Методы оптимизации (16л+30п, 2к)                                                     |                                                     |                                             |                                                      |                                              |
| Алгоритмы и структуры данных (24л+26п, 2к)                   | Алгоритмы и структуры данных (32л+32п, 4к)    | Теоретическая информатика (32л+28п, 4к)              |                                                                                      |                                                     |                                             |                                                      |                                              |
| Основы программирования (16л+16п, 2к)                        |                                               | Программирование на языке С (16л+16п, 2к)            | Программирование на языке С++ (30л+30п, 4к)                                          |                                                     |                                             |                                                      |                                              |
| Объектно-ориентированное программирование (16л+16п, 1к)      |                                               | Основы Linux (16п, 1к)                               | Операционные системы (30л+30п, 3к)                                                   | Презентация результатов научного исследования (32с) |                                             |                                                      | Предпринимательство (32л)                    |
| Python и введение в анализ данных (16л+16п, 1к)              | Python и инструменты разработки (30л+30п, 3к) | Архитектура компьютера (30л+30п, 3к)                 | Машинное обучение 1 (30л+30п, 3к)                                                    | Глубинное обучение (30л+30п, 4к)                    | Глубокое обучение на практике (30л+30п, 4к) |                                                      |                                              |
|                                                              |                                               | Учебная практика (проектно-технологическая практика) | Учебная практика (проектно-технологическая практика)                                 | Учебная практика (НИР)                              | Учебная практика (НИР)                      | Практика производственная (проектно-технологическая) | Практика производственная (НИР)              |

Таб. П.1.4.

| СПбГУ МиКН «Науки о данных» (02.03.01)                  |                                                |                                                                 |                                                            |                                                         |                                               |                                                      |                                               |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 курс                                                  |                                                | 2 курс                                                          |                                                            | 3 курс                                                  |                                               | 4 курс                                               |                                               |
| 1                                                       | 2                                              | 3                                                               | 4                                                          | 5                                                       | 6                                             | 7                                                    | 8                                             |
| Основы теории множеств (16л+16п, 2к)                    |                                                |                                                                 |                                                            | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 45-53к                  |                                               |                                                      |                                               |
| Алгебра Часть 1 (64л+40п, 5к)                           | Алгебра Часть 1 (64л+28п, 5к)                  |                                                                 |                                                            | 8-10к: от 2 до 5 дисц из 32 ДПВ (1д=30л+30п)            | 14-16к: от 4 до 7 дисц из 32 ДПВ (1д=30л+30с) | 15-17к: от 4 до 7 дисц из 32 ДПВ (1д=30л+30п)        | 8-10к: от 2 до 5 дисц из 32 ДПВ (1д=30эл+30п) |
| Математический анализ Ч.1 (64л+42п, 5к)                 | Математический анализ Ч.1 (64л+28п, 5к)        | Математический анализ Ч.2 (30л+30п, 5к)                         | Математический анализ Ч.2 (30л+30п, 4к)                    | Анализ Фурье (30л+26п, 2к)                              |                                               |                                                      |                                               |
| Геометрия и топология (32л+12п, 3к)                     | Геометрия и топология (48л+28п, 4к)            | Дифференциальные уравнения и динамические системы (32л+28п, 4к) | Теория вероятностей (32л+26п, 4к)                          | Математическая статистика (32л+30п, 3к)                 |                                               |                                                      |                                               |
| Дискретная математика (24л+14п, 2к)                     | Дискретная теория вероятностей (32л+32п, 4к)   | Теоретическая информатика (32л+28п, 4к)                         | Вариационное исчисление (16л+30п, 2к)                      |                                                         |                                               |                                                      |                                               |
| Математические основы алгоритмов (24л+26п, 2к)          | Математические основы алгоритмов (32л+32п, 4к) | Программирование на языке С (16л+16п, 2к)                       | Программирование на языке С++ (30л+30п, 4к)                |                                                         |                                               |                                                      |                                               |
| Основы программирования (16л+16п, 2к)                   | Язык программирования Python (30л+30п, 3к)     | Основы Linux (16п, 1к)                                          | Операционные системы (30л+30п, 3к)                         | Презентация результатов научного исследования (32с, 2к) |                                               |                                                      |                                               |
| Объектно-ориентированное программирование (16л+16п, 2к) |                                                | Архитектура компьютера (30л+30п, 4к)                            | Введение в анализ данных и машинное обучение (30л+30п, 3к) | Глубокое обучение (30л+30п, 4к)                         | Глубокое обучение на практике (30л+30п, 4к)   |                                                      | Предпринимательство (32л, 3к)                 |
|                                                         |                                                | Учебная практика (проектно-технологическая практика)            | Учебная практика (проектно-технологическая практика)       | Учебная практика (НИР)                                  | Учебная практика (НИР)                        | Практика производственная (проектно-технологическая) | Практика производственная (НИР)               |

Таб. П.1.5.

| СПбГУ Матмех «Искусственный интеллект и наука о данных» (09.03.03) |                                               |                                                                  |                                                                           |                                                                                                                            |                                                      |                                                                                                  |                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                             |                                               | 2 курс                                                           |                                                                           | 3 курс                                                                                                                     |                                                      | 4 курс                                                                                           |                                                                    |
| 1                                                                  | 2                                             | 3                                                                | 4                                                                         | 5                                                                                                                          | 6                                                    | 7                                                                                                | 8                                                                  |
| Алгебра<br>(48л+45п, 5к)                                           | Алгебра<br>(15л+15п, 2к)                      |                                                                  |                                                                           | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 12к                                                                                        |                                                      |                                                                                                  |                                                                    |
| Математический анализ<br>(48л+45п, 6к)                             | Математический анализ<br>(45л+45п, 5к)        | Математический анализ<br>(45л+30п, 4к)                           |                                                                           | ДПВ: 1 из 3 дисц,<br>(36л+8с+8п, 4к)                                                                                       | ДПВ: 1 из 2 дисц,<br>(16л+14с+14п, 3к)               | ДПВ: 1 из 2 дисц,<br>(16л+14п, 2к)                                                               | ДПВ: от 1 до 2 дисц,<br>(20л+16п, 3к)                              |
| Геометрия и топология<br>(32л+26п, 4к)                             | Геометрия и топология<br>(32л+30п, 5к)        | Геометрия и топология<br>(32л+30п, 4к)                           | Дифференциальные и разностные уравнения<br>(60л+30п, 5к)                  |                                                                                                                            | Экстремальные задачи<br>(60л, 3к)                    |                                                                                                  |                                                                    |
| Дискретная математика<br>(32л+16п, 4к)                             | Дискретная математика<br>(32л+16п, 4к)        | Теория вероятностей и математическая статистика<br>(32л+26п, 4к) | Теория вероятностей и математическая статистика<br>(30л+10п, 4к)          |                                                                                                                            | Многопоточность в машинном обучении<br>(14л+12п, 2к) | Управление программными проектами<br>(15л, 2к)                                                   |                                                                    |
| Информатика<br>(16л+14с, 2к)                                       | Алгоритмы и структуры данных<br>(30л+16п, 3к) | Вычислительная математика<br>(30л+16п+14лаб, 4к)                 | Статистический анализ данных<br>(32с, 2к)                                 | Методы параллельного программирования<br>(30л+30п, 4к)                                                                     | Нейронные сети<br>(30л+18с+32п, 5к)                  | Алгоритмы для больших данных<br>(12л+14п, 3к)                                                    | Правила разработки документации<br>(30с, 2к)                       |
| Программирование на языке C++<br>(14л+16п, 2к)                     | Программирование C++<br>(16л+16п, 3к)         | Программирование на Python<br>(16с+60п, 4к)                      | Модели и методологии разработки программного обеспечения<br>(30л+14с, 4к) | Методы и технологии искусственного интеллекта и науки о данных в анализе и моделировании социальных сетей<br>(34л+32п, 3к) | Байесовские методы<br>(30л+14п, 3к)                  | LLM-модели: технологии и кейсы<br>(34л+24с+28п, 5к)                                              | Информационная безопасность и искусственный интеллект<br>(60л, 3к) |
|                                                                    | Основы баз данных<br>(30л+60п, 4к)            |                                                                  | Математическая логика<br>(30л+15п, 3к)                                    | Жизненный цикл системы искусственного интеллекта<br>(36л+26с, 4к)                                                          | Анализ естественного языка<br>(16л+16п, 3к)          | Прикладные задачи машинного обучения<br>(18л+16п, 3к)                                            | Проектирование систем искусственного интеллекта<br>(16л+14п, 3к)   |
|                                                                    |                                               |                                                                  | Введение в теорию искусственного интеллекта<br>(30л+18с, 3к)              | Машинное обучение<br>(60л+44с+54п, 7к)                                                                                     | Алгоритмы обработки изображений<br>(16л+16п, 3к)     | Экономико-правовые вопросы программного обеспечения и искусственного интеллекта<br>(12л+22с, 3к) | Этико-правовые вопросы искусственного интеллекта<br>(16л+14с, 2к)  |
|                                                                    |                                               | Учебная практика (проектно-технологическая практика)             | Учебная практика (НИР)                                                    | Учебная практика (проектно-технологическая)                                                                                | Практика производственная (проектно-технологическая) | Практика производственная 1 (НИР)                                                                | Практика производственная 2 (НИР)                                  |

Таб. П.1.6.

| СПбГУ МнКН «Современное программирование» (01.03.02)       |                                                              |                                                      |                                                               |                                                   |                                                   |                                                                         |                                                   |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1 курс                                                     |                                                              | 2 курс                                               |                                                               | 3 курс                                            |                                                   | 4 курс                                                                  |                                                   |
| 1                                                          | 2                                                            | 3                                                    | 4                                                             | 5                                                 | 6                                                 | 7                                                                       | 8                                                 |
| Алгебра 1<br>(32л+32п, 4к)                                 | Алгебра 2<br>(30л+30п, 4к)                                   |                                                      |                                                               | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 51к               |                                                   |                                                                         |                                                   |
| Математический анализ 1<br>(48л+48п, 5к)                   | Математический анализ 2<br>(45л+45п, 4к)                     | Математический анализ 3<br>(48л+32п, 4к)             | Математический анализ 4<br>(30л+45п, 4к)                      | 15к: от 4 до 6 дисц.<br>из 32 ДПВ<br>(1д=30л+32с) | 16к: от 4 до 7 дисц.<br>из 32 ДПВ<br>(1д=30л+30с) | 8к: от 2 до 4 дисц.<br>из 32 ДПВ<br>(1д=30л+30п)                        | 12к: от 3 до 6 дисц.<br>из 32 ДПВ<br>(1д=30л+30п) |
| Дискретная математика 1<br>(32л+32п, 3к)                   | Дискретная математика 2<br>(30л+30п, 3к)                     | Теоретическая информатика<br>(32л+28п, 4к)           | Теория вероятностей<br>(30л+30п, 4к)                          | Математическая статистика<br>(32л+32п, 4к)        | Разработка компиляторов<br>(30л+30п, 4к)          | Проектирование высоконагруженных систем<br>(30л+30п, 4к)                |                                                   |
| Математические основы алгоритмов<br>(24л+30п, 3к)          | Математические основы алгоритмов<br>(32л+32п, 4к)            | Алгоритмы и структуры данных 1<br>(32л+32п, 4к)      | Алгоритмы и структуры данных 2<br>(32л+32п, 4к)               |                                                   | Компьютерные сети<br>(30л+30п, 4к)                | Актуальные вопросы информатики и информационных технологий<br>(30с, 2к) |                                                   |
| Основы программирования<br>(16л+16п, 2к)                   | Основы Linux<br>(16п, 1к)                                    | Базы данных<br>(32л+32п, 4к)                         | Теория информации<br>(16л+16п, 3к)                            |                                                   |                                                   | Практика командной разработки ПО<br>(30п, 3к)                           |                                                   |
| Объектно-ориентированное программирование<br>(16л+16п, 2к) | Объектно-ориентированное программирование 2<br>(14л+14п, 2к) | Архитектура компьютера<br>(30л+30п, 3к)              | Математическая логика в информатике<br>(30л+30п, 3к)          |                                                   |                                                   |                                                                         |                                                   |
| Программирование на языке C<br>(16л+16п, 2к)               | Программирование на языке C++<br>(30л+30п, 4к)               | Программная инженерия<br>(30л+30п, 3к)               | Операционные системы<br>(30л+30п, 4к)                         |                                                   |                                                   |                                                                         |                                                   |
|                                                            | Программирование на языке Kotlin<br>(16л+30п, 2к)            | Функциональное программирование<br>(32л+32п, 4к)     | Введение в анализ данных и машинное обучение<br>(30л+30п, 3к) | Глубокое обучение<br>(30л+30п, 4к)                |                                                   |                                                                         |                                                   |
|                                                            |                                                              | Учебная практика (проектно-технологическая практика) | Учебная практика (проектно-технологическая практика)          | Учебная практика (НИР)                            | Учебная практика (НИР)                            | Практика производственная (проектно-технологическая)                    | Практика производственная (НИР)                   |



Таб. П.1.7.

| СПб ИТМО «Компьютерные технологии: программирование и искусственный интеллект» (01.03.02) |                                              |                                              |                                              |                                                 |                                   |                                                           |                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                                                    |                                              | 2 курс                                       |                                              | 3 курс                                          |                                   | 4 курс                                                    |                                                          |
| 1                                                                                         | 2                                            | 3                                            | 4                                            | 5                                               | 6                                 | 7                                                         | 8                                                        |
|                                                                                           |                                              | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 24к          |                                              |                                                 |                                   |                                                           |                                                          |
|                                                                                           |                                              | ДПВ (16л+32лаб, 3к)<br>1 из 5д               | ДПВ (16л+32лаб, 3к)<br>1 из 8д               | ДПВ (16л+32п, 6к)<br>2 из 11д                   | ДПВ (16л+32лаб, 6к)<br>2 из 7д    | ДПВ (16л+32лаб, 6к)<br>2 из 2д                            |                                                          |
| Математический анализ (64л+32п, 6к)                                                       | Математический анализ (64л+32п, 6к)          | Математический анализ (64л+32п, 6к)          | Математический анализ (64л+32п, 6к)          |                                                 |                                   |                                                           |                                                          |
| Линейная алгебра (64л+32п, 6к)                                                            | Линейная алгебра (64л+32п, 6к)               | Дифференциальные уравнения (32л+32п, 4к)     | Теория вероятностей (32л+32п, 4к)            | Математическая статистика (32л+32лаб, 4к)       |                                   |                                                           |                                                          |
| Дискретная математика (32л+32лаб, 4к)                                                     | Дискретная математика (32л+32лаб, 4к)        | Дискретная математика (32л+32лаб, 4к)        | Дискретная математика (32л+32лаб, 4к)        | Анализ данных (32л+32лаб, 4к)                   |                                   |                                                           |                                                          |
| Алгоритмы и структуры данных (32л+32лаб, 4к)                                              | Алгоритмы и структуры данных (32л+32лаб, 4к) | Алгоритмы и структуры данных (32л+32лаб, 4к) | Алгоритмы и структуры данных (32л+32лаб, 4к) | Параллельное программирование (32л+32лаб, 4к)   | Компьютерные сети (32л+16лаб, 4к) | Теория кодирования (32л+32лаб, 6к)                        |                                                          |
| Архитектура ЭВМ (64л+32лаб, 6к)                                                           | Парадигмы программирования (32л+32лаб, 4к)   | Математическая логика (32л+32лаб, 4к)        | Технологии программирования (32л+32лаб, 4к)  | Функциональное программирование (32л+32лаб, 4к) | Машинное обучение (32л+32лаб, 4к) | Базы данных (32л+32лаб, 6к)                               | Компьютерное зрение (32л+32лаб, 4к)                      |
| Введение в программирование (32л+32лаб, 4к)                                               | Языки программирования C++ (32л+32лаб, 4к)   | Операционные системы (32л+16лаб, 3к)         | Методы оптимизации (32л+32лаб, 4к)           |                                                 |                                   |                                                           |                                                          |
| Введение в цифровую культуру (16л+16лаб, 2к)                                              |                                              |                                              |                                              |                                                 | Учебная практика (6к)             | Производственная (проектно-технологическая) практика (9к) | Производственная, преддипломная практика (6к) + ВКР (6к) |

Таб. П.1.8.

| СПб ИТМО «Инженерия искусственного интеллекта» (02.03.03)     |                                                               |                                                            |                                                 |                                                                      |                                                          |                                                             |                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                        |                                                               | 2 курс                                                     |                                                 | 3 курс                                                               |                                                          | 4 курс                                                      |                                                                                             |
| 1                                                             | 2                                                             | 3                                                          | 4                                               | 5                                                                    | 6                                                        | 7                                                           | 8                                                                                           |
|                                                               |                                                               | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 18к                        |                                                 |                                                                      |                                                          |                                                             |                                                                                             |
|                                                               |                                                               | Трек 1. Язык программирования C++ ((32л+64с)*3, 18к)       |                                                 |                                                                      |                                                          |                                                             |                                                                                             |
|                                                               |                                                               | Основы языка программирования C++                          | C++: параллельное программирование              | C++: объектно-ориентированное программирование                       |                                                          |                                                             |                                                                                             |
|                                                               |                                                               | Трек 2. Язык программирования Java ((32л+64с)*3, 18к)      |                                                 |                                                                      |                                                          |                                                             |                                                                                             |
|                                                               |                                                               | Основы языка программирования Java                         | Java: объектно-ориентированное программирование | Java: параллельное программирование                                  |                                                          |                                                             |                                                                                             |
| Математический анализ и основы вычислений (64л+64п, 6к)       | Математический анализ и основы вычислений (64л+64п, 6к)       | Математический анализ и основы вычислений (64л+64п, 6к)    | Функциональный анализ (32л+32п, 3к)             | Дифференциальная геометрия (32л+32п, 3к)                             |                                                          |                                                             |                                                                                             |
| Линейная алгебра и обработка данных (64л+64п, 6к)             | Линейная алгебра и обработка данных (64л+64п, 6к)             | Теория вероятностей и продвинутая статистика (32л+32п, 3к) | Многомерный статистический анализ (32л+32п, 3к) | Модели случайных процессов и анализ временных рядов (64л+64п, 6к)    |                                                          |                                                             |                                                                                             |
| Дискретная математика (32л+32п, 3к)                           | Статистика и анализ данных (32л+32лаб, 3к)                    | Методы оптимизации (32л+32п, 3к)                           | Статистика для машинного обучения (32л+32п, 3к) | Продвинутые методы оптимизации (32л+32лаб, 3к)                       | Дискретное моделирование (32л+32п, 3к)                   | Распределенная обработка данных (32л+16лаб, 3к)             | Программирование на специализированных вычислителях (32л+16лаб, 3к)                         |
| Архитектура вычислительных систем (32л+32п, 3к)               | Численные методы анализа (32л+32п, 3к)                        | Основы баз данных (32л+32лаб, 3к)                          | Классическое машинное обучение (32л+32лаб, 3к)  | Web-разработка: Backend (32л+32лаб, 3к)                              | Анализ текстов и большие языковые модели (32л+32лаб, 3к) | Рекомендательные системы (32л+32лаб, 3к)                    | Управление проектами в сфере искусственного интеллекта (32л+32п, 3к)                        |
| Алгоритмы и структуры данных (32л+32лаб, 3к)                  | Алгоритмы и структуры данных (32л+32лаб, 3к)                  | Сетевые технологии (32л+16лаб, 3к)                         |                                                 | Web-разработка: Frontend (32л+32лаб, 3к)                             | Компьютерное зрение (32л+32лаб, 3к)                      | Безопасность систем искусственного интеллекта (32л+16п, 3к) | Проектирование и разработка систем символического искусственного интеллекта (32л+32лаб, 3к) |
| Программирование и обработка данных на Python (32л+64лаб, 6к) | Программирование и обработка данных на Python (32л+64лаб, 6к) |                                                            |                                                 | Инженерия данных (32л+32лаб, 3к)                                     | Машинное обучение для временных рядов (32л+32лаб, 3к)    | Автоматическое машинное обучение (32л+16лаб, 3к)            | Вероятностное машинное обучение (32л+32лаб, 3к)                                             |
|                                                               |                                                               |                                                            |                                                 | Программная инженерия и инженерия машинного обучения (32л+32лаб, 3к) |                                                          | Архитектуры систем искусственного интеллекта (32л+32п, 3к)  | Генеративный искусственный интеллект (32л+32лаб, 3к)                                        |
|                                                               |                                                               |                                                            |                                                 | Глубокое обучение (32л+32лаб, 3к)                                    |                                                          |                                                             |                                                                                             |
|                                                               |                                                               |                                                            |                                                 |                                                                      | Производственная (НИР) практика (6к)                     | Производственная (НИР) практика (9к)                        | Производственная, преддипломная практика (6к) + ВКР (6к)                                    |

Таб. П.1.9.

| СПб ИТМО «AI360: ML Native» (01.03.02)            |                                                 |                                           |                                                    |                                                               |                                                                     |                                                      |                                                          |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1 курс                                            |                                                 | 2 курс                                    |                                                    | 3 курс                                                        |                                                                     | 4 курс                                               |                                                          |
| 1                                                 | 2                                               | 3                                         | 4                                                  | 5                                                             | 6                                                                   | 7                                                    | 8                                                        |
|                                                   |                                                 | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 30+12=42к |                                                    |                                                               |                                                                     |                                                      |                                                          |
|                                                   |                                                 | ДПВ (48а, 3к) 1 из 4д                     | ДПВ (48а, 6к) 2 из 7д                              | ДПВ (48а, 6к) 2 из 7д                                         | ДПВ (48а, 3к) 1 из 4д                                               | ДПВ (48а, 6к) 2 из 4д                                | 2 ДПВ (48а, 6к) 1 из 3д                                  |
|                                                   |                                                 | AI360: Трек 1. Программистский трек (12к) |                                                    |                                                               |                                                                     |                                                      |                                                          |
|                                                   |                                                 |                                           | Программирование на GPU/TPU (32л+32лаб, 3к)        | Параллельное программирование (32л+16лаб, 3к)                 | Программирование распределенных систем (32л+32лаб, 3к)              | Базы данных (32л+32лаб, 3к)                          |                                                          |
|                                                   |                                                 | AI360: Трек 2. Математический трек (12к)  |                                                    |                                                               |                                                                     |                                                      |                                                          |
| Линейная алгебра (64л+32лаб, 6к)                  | Линейная алгебра (64л+32лаб, 6к)                |                                           | Абстрактная алгебра и теория чисел (32л+32лаб, 3к) | Дифференциальные уравнения (32л+32п, 3к)                      | Функциональный анализ (32л+32лаб, 3к)                               | Топология (32л+32лаб, 3к)                            |                                                          |
| Математический анализ (64л+64п, 6к)               | Математический анализ (64л+64п, 6к)             | Теория вероятностей (64л+32лаб, 6к)       | Математическая статистика (32л+32лаб, 4к)          |                                                               | Предпринимательская культура ОП AI360: ML Native (3к) - 1 из 4 дисц |                                                      |                                                          |
| Дискретная математика (32л+32лаб, 4к)             | Дискретная математика (32л+32лаб, 4к)           | Вычислительная математика (32л+32лаб, 4к) |                                                    |                                                               |                                                                     |                                                      |                                                          |
| Алгоритмы и структуры данных (32л+32лаб, 4к)      | Алгоритмы и структуры данных (32л+32лаб, 4к)    | Методы оптимизации (32л+32лаб, 4к)        | Методы оптимизации (32л+32лаб, 4к)                 | Случайные процессы (32л+32лаб, 4к)                            | Компьютерное зрение (32л+32лаб, 4к)                                 |                                                      |                                                          |
| Python и введение в анализ данных (32л+32лаб, 4к) | Python и инструменты разработки (32л+32лаб, 4к) | Машинное обучение (64л+32лаб, 6к)         | Машинное обучение (64л+32лаб, 6к)                  | Глубинное обучение (32л+32лаб, 4к)                            | Эффективные методы разработки в машинном обучении (32л+32лаб, 4к)   | Обучение с подкреплением (32л+32лаб, 4к)             |                                                          |
| Введение в программирование (32л+32лаб, 4к)       | Язык программирования C++ (32л+32лаб, 4к)       |                                           |                                                    | Сбор и разметка данных для машинного обучения (32л+32лаб, 4к) | Обработка естественных языков (32л+32лаб, 4к)                       | Генеративный искусственный интеллект (32л+32лаб, 4к) |                                                          |
|                                                   |                                                 |                                           |                                                    | Учебная практика (3к)                                         | Учебная практика (3к)                                               | Учебная практика (3к)                                | Производственная, преддипломная практика (6к) + ВКР (6к) |

Таб. П.1.10.

| НИУ ВШЭ СПб ШИФТ «Прикладной анализ данных и искусственный интеллект» -<br>трек МИНЦИФРЫ (01.03.02) |                                        |                                      |                                                            |                                                                                                              |                                     |                                                                                |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 курс                                                                                              |                                        | 2 курс                               |                                                            | 3 курс                                                                                                       |                                     | 4 курс                                                                         |                                         |
| 1                                                                                                   | 2                                      | 3                                    | 4                                                          | 5                                                                                                            | 6                                   | 7                                                                              | 8                                       |
|                                                                                                     |                                        |                                      |                                                            | Специализации: "Анализ данных в финансах", "Архитектура машинного обучения", "Прикладной анализ данных": 40к |                                     |                                                                                |                                         |
| Алгебра (52а, 4к)                                                                                   | Линейная алгебра и геометрия (72а, 4к) | Дифференциальные уравнения (52а, 3к) |                                                            | Дисциплины специализации (3 дисц, 12к)                                                                       |                                     | Дисциплины специализации (3 дисц, 12к)<br>ДПВ специализации (4 из 7 дисц, 16к) |                                         |
| Математический анализ 1 (78а, 5к)                                                                   | Математический анализ 1 (118а, 5к)     | Математический анализ 2 (98а, 5к)    | Теория вероятностей и математическая статистика (144а, 8к) | Теория вероятностей и математическая статистика (52а, 5к)                                                    |                                     |                                                                                |                                         |
| Дискретная математика (52а, 4к)                                                                     | Дискретная математика (72а, 4к)        | Дискретная математика (52а, 2к)      | Дискретная математика (72а, 2к)                            | Параллельное программирование на GPU (CUDA, OpenMP, numba) (64а, 4к)                                         |                                     |                                                                                |                                         |
| Алгоритмы и структуры данных (52а, 4к)                                                              | Алгоритмы и структуры данных (72а, 4к) | Архитектура компьютера (70а, 5к)     | Операционные системы (80а, 6к)                             | Анализ сетевых данных (64а, 5к)                                                                              |                                     |                                                                                |                                         |
| Основы и методологии программирования (52а, 2к)                                                     |                                        | Базы данных (52а, 3к)                | Численные методы и методы оптимизации (52а, 3к)            | Численные методы и методы оптимизации (52а, 3к)                                                              | Основы глубокого обучения (64а, 5к) | Трансформеры и большие языковые модели (на англ. языке) (3к)                   |                                         |
| Язык программирования на C++ (52а, 4к)                                                              |                                        |                                      | Основы машинного обучения (108а, 4к)                       |                                                                                                              |                                     |                                                                                |                                         |
| Проект (8к)                                                                                         |                                        | Проект (2к)                          |                                                            | Проект (4к)                                                                                                  |                                     |                                                                                |                                         |
|                                                                                                     |                                        |                                      | Учебная практика (3к)                                      |                                                                                                              | Производственная практика (4к)      |                                                                                | Преддипломная практика (5к) + ВКР (10к) |

Таб. П.1.11.

| НИУ ВШЭ СПб ШИФТ «Прикладная математика и информатика» -<br>трек МИНЦИФРЫ (01.03.02) |                                                 |                                           |                                                            |                                                           |                                               |                                                |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1 курс                                                                               |                                                 | 2 курс                                    |                                                            | 3 курс                                                    |                                               | 4 курс                                         |                                        |
| 1                                                                                    | 2                                               | 3                                         | 4                                                          | 5                                                         | 6                                             | 7                                              | 8                                      |
| Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 44к                                                  |                                                 |                                           |                                                            |                                                           |                                               |                                                |                                        |
| Алгебра (52а, 4к)                                                                    | Линейная алгебра и геометрия (108а, 7к)         |                                           |                                                            | ДПВ: Блок 1 (2 дисц, 10к); Блок 2 (2 дисц, 10к)           |                                               | ДПВ: Блок 3 (3 дисц, 15к); Блок 4 (3 дисц, 9к) |                                        |
| Математический анализ 1 (78а, 5к)                                                    | Математический анализ 1 (118а, 5к)              | Математический анализ 2 (98а, 5к)         | Теория вероятностей и математическая статистика (144а, 8к) | Теория вероятностей и математическая статистика (52а, 5к) |                                               |                                                |                                        |
| Дискретная математика (52а, 3к)                                                      | Дискретная математика (32а, 1к)                 | Дискретная математика (52а, 2к)           | Дискретная математика (72а, 2к)                            | Разработка программного обеспечения (56а, 2к)             | Разработка программного обеспечения (68а, 4к) |                                                |                                        |
| Алгоритмы и структуры данных (52а, 4к)                                               | Алгоритмы и структуры данных (72а, 4к)          | Алгоритмы и структуры данных (66а, 2к)    | Операционные системы (80а, 6к)                             | Введение в машинное обучение (56а, 4к)                    | Параллельное программирование (68а, 4к)       | Веб-поиск и ранжирование (52а, 6к)             |                                        |
| Основы и методология программирования (52а, 4к)                                      | Основы и методология программирования (30а, 2к) | Архитектура компьютера (70а, 5к)          | Язык программирования Java (108а, 4к)                      |                                                           |                                               |                                                |                                        |
| Язык программирования на C++ (52а, 4к)                                               | Язык программирования на C++ (72а, 4к)          | Формальные языки (42а, 3к)                |                                                            |                                                           |                                               |                                                |                                        |
|                                                                                      |                                                 | Функциональное программирование (64а, 3к) |                                                            |                                                           |                                               |                                                |                                        |
| Проектный семинар, Проект (3к+3к)                                                    |                                                 | Проектный семинар, Проект (1к+4к)         |                                                            | Проектный семинар, Проект (1к+3к)                         |                                               | Проектный семинар, Проект (1к+6к)              |                                        |
|                                                                                      |                                                 |                                           |                                                            |                                                           | Производственная практика (3к)                |                                                | Преддипломная практика (3к) + ВКР (9к) |

Таб. П.1.12.

| МФТИ «AI360: Передовые методы искусственного интеллекта» (01.03.02) |                                                         |                                                                                         |                                                            |                                                        |                                                                   |                                                                 |                                        |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1 курс                                                              |                                                         | 2 курс                                                                                  |                                                            | 3 курс                                                 |                                                                   | 4 курс                                                          |                                        |
| 1                                                                   | 2                                                       | 3                                                                                       | 4                                                          | 5                                                      | 6                                                                 | 7                                                               | 8                                      |
| Блоки дисциплин по выбору (ДПВ): 15+6=21к                           |                                                         |                                                                                         |                                                            |                                                        |                                                                   |                                                                 |                                        |
| Линейная алгебра (30л+30п, 3к)                                      | Линейная алгебра (30л+30п, 3к)                          |                                                                                         | Б1: 1 из 5 дисц. 3к                                        | Б2: 1 из 7 дисц, 3к                                    | Б3: 1 из 10 дисц, 3к                                              | Б4: 1 из 6 дисц, 3к                                             | Б5: 1 из 4 дисц, 3к                    |
| Введение в математический анализ (60л+60п, 6к)                      | Многомерный анализ, интегралы ряды (60л+60п, 6к)        | Математический анализ - 2 (Кратные интегралы, Гармонический анализ, ТФКП) (60л+60п, 6к) | Введение в математическую статистику (30л+30п, 3к)         | Функциональный анализ (30л+30п, 3к)                    | Профильные дисциплины: 6к                                         |                                                                 |                                        |
| Основы комбинаторики и теории чисел (30л+30п, 3к)                   | Вычислительная линейная алгебра (30л+30п, 2к) Вар       | Элементы дифференциальных уравнений (30л+30п, 3к)                                       | Практикум по математической статистике на Python (15п, 2к) | Прикладная статистика и анализ данных (30л+30п, 3к)    | Практикум по научному программированию, 1к<br>Б6: 1 из 2 дисц, 1к | Б7: 1 из 5 дисц, 2к                                             | Б8: 2. из 6 дисц, 2к                   |
| Математическая логика и теория алгоритмов (30л+30п, 2к)             | Основы дискретной математики (30л+30п, 3к)              | Теория вероятностей (30л+30п, 3к)                                                       | Случайные процессы (30л+30п, 3к)                           | Анализ временных рядов (30л+30п, 2к)                   |                                                                   |                                                                 |                                        |
| Алгоритмы и структуры данных (30л+30п, 3к)                          | Математическая логика и теория алгоритмов (30л+30п, 3к) | Теория оптимизации (30л+30п, 3к)                                                        | Численные методы оптимизации (30л+30п, 3к)                 | Формальные языки и трансляции (30л+30п, 3к)            | Теория информации и сложность вычислений (30л+30п, 3к)            |                                                                 |                                        |
| Практикум по алгоритмам и структурам данных (30п, 2к)               | Алгоритмы и структуры данных (30л+30п, 3к)              | Дискретный анализ (30л+30п, 3к)                                                         | Промышленное программирование и Devops (30л+30п, 2к)       | Параллельные и распределенные вычисления (30л+30п, 3к) | Модельное мышление (30л+30п, 2к)                                  | Статистическая теория машинного обучения (30л+30п, 3к)          | Рекомендательные системы (30л+30п, 2к) |
| Python и основы анализа данных (30п, 2к)                            | Технологии программирования (30л+30п, 2к)               | Архитектура компьютеров и операционные системы (30л+30п, 3к)                            | Системы хранения данных (30л+30п, 2к)                      | Сбор и разметка данных (30л+30п, 2к)                   |                                                                   |                                                                 | Генеративные модели (30л+30п, 2к)      |
| Программирование на языке C++ (15л+15п, 2к)                         | Python и промышленная разработка (30п, 2к)              | Машинное обучение (30л+30п, 2к)                                                         | Машинное обучение (30л+30п, 2к)                            | Глубокое обучение (30л+30п, 2к)                        |                                                                   | Производственная (НИР) практика (15к)                           | Производственная (НИР) практика (15к)  |
| Учебная практика: Основы ИИ (4к)                                    | Учебная практика: Индустрия ИИ (4к)                     | Учебная практика: Наука ИИ (4к)                                                         | Учебная практика: Возможности ИИ (4к)                      | Учебная практика: Математика ИИ (4к)                   | Учебная практика: Алгоритмы в ИИ (4к)                             | Учебная практика: Проектная практика по машинному обучению (4к) |                                        |



Таб. П.1.13.

| МФТИ «Прикладная математика и информатика (классика)» (01.03.02) |                                                                  |                                                              |                                                          |                                                                      |                                                            |                                                       |                      |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 курс                                                           |                                                                  | 2 курс                                                       |                                                          | 3 курс                                                               |                                                            | 4 курс                                                |                      |
| 1                                                                | 2                                                                | 3                                                            | 4                                                        | 5                                                                    | 6                                                          | 7                                                     | 8                    |
|                                                                  |                                                                  |                                                              | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 6+12+6+6+12=48к          |                                                                      |                                                            |                                                       |                      |
|                                                                  |                                                                  |                                                              | Б1: 1 дисц. из 8, 3к<br>Б2: 1 дисц. из 2, 3к             | Б3: 1 дисц. из 2, 3к<br>Б4: 2 дисц. из 8, 6к<br>Б5: 1 дисц. из 2, 3к | Б6: 1 дисц. из 12, 3к<br>Б7: 1 дисц. из 3, 3к              | Б8: 2 дисц. из 6, 6к                                  | Б9: 2 дисц. из 4, 6к |
|                                                                  |                                                                  |                                                              |                                                          |                                                                      | Дисциплины профиля: 12к в 1 из 30 Профилей (специализация) |                                                       |                      |
| Введение в математический анализ (60л+60п, 6к)                   | Многомерный анализ, интегралы и ряды (60л+60п, 6к)               | Кратные интегралы и теория поля (45л+45п, 4к)                | Гармонический анализ (30л+30п, 3к)                       | Функциональный анализ (30л+30п, 3к)                                  | Функциональный анализ (30л+30п, 3к)                        |                                                       |                      |
| Алгебра и геометрия (60л+30п, 4к)                                | Алгебра и геометрия (45л+45п, 4к) + Практикум (30п, 1к)          | Теория групп (30л+30п, 3к)                                   | Теория колец и полей (30л+30п, 3к)                       | Теория функций комплексного переменного (30л+30п, 3к)                |                                                            |                                                       |                      |
| Основы комбинаторики и теории чисел (30л+30п, 3к)                | Основы комбинаторики и теории чисел (30л+30п, 3к)                | Основы вероятности и теории меры (30л+30п, 3к)               | Теория вероятностей (30л+30п, 3к)                        | Математическая статистика (30л+30п, 3к)                              |                                                            |                                                       |                      |
| Математическая логика и теория алгоритмов (30л+30п, 2к)          | Математическая логика и теория алгоритмов (30л+30п, 3к Вар)      | Дифференциальные уравнения (30л+30п, 2к)                     | Дифференциальные уравнения (30л+30п, 4к)                 | Практикум по математической статистике на Python (15лаб, 2к)         | Случайные процессы (30л+30п, 3к)                           |                                                       |                      |
| Алгоритмы и структуры данных (30л+30п, 3к) + Практикум (30п, 2к) | Алгоритмы и структуры данных (30л+30п, 3к) + Практикум (30п, 2к) | Дискретный анализ (30л+30п, 2к)                              | Введение в анализ данных (30л, 2к)                       |                                                                      | Вычислительная математика (30л+45лаб, 3к)                  |                                                       |                      |
| Программирование на языке C++ (15л+15п, 2к)                      | Программирование на языке C++ (15л+15п, 3к)                      | Архитектура компьютеров и операционные системы (30л+30п, 3к) | Базы данных (30п, 2к)                                    |                                                                      | Параллельные и распределенные вычисления (30л+30п, 3к)     |                                                       |                      |
|                                                                  | Практикум на Python (30п, 2к)                                    | Формальные языки и трансляции (30л+30п, 3к)                  |                                                          |                                                                      |                                                            |                                                       |                      |
|                                                                  | Технологии программирования (30л+30п, 2к)                        | Физические основы и логика моделирования (30л+30лаб, 3к)     | Физические основы и логика моделирования (30л+30лаб, 3к) |                                                                      |                                                            | Управление технологическими инновациями (30л+30п, 3к) |                      |

Таб. П.1.14.

| МГУ ВМК «Искусственный интеллект и анализ данных» (01.03.02) |                                                           |                                                               |                                                               |                                                 |                                                           |                                                   |                                                     |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1 курс                                                       |                                                           | 2 курс                                                        |                                                               | 3 курс                                          |                                                           | 4 курс                                            |                                                     |
| 1                                                            | 2                                                         | 3                                                             | 4                                                             | 5                                               | 6                                                         | 7                                                 | 8                                                   |
| Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 12+6+6+14+20=58к             |                                                           |                                                               |                                                               |                                                 |                                                           |                                                   |                                                     |
|                                                              | ДПВ "Профессиональные компетенции" (программирование), 6к |                                                               | ДПВ "Фундаментальная математика", 12к                         |                                                 | ДПВ "Профессиональные компетенции" (программирование), 6к |                                                   |                                                     |
| Математический анализ (72л+72с, 7к)                          | Математический анализ (72л+72с, 7к)                       | Математический анализ (72л+72с, 7к)                           | ДПВ "Математическое моделирование", 14к                       |                                                 |                                                           |                                                   |                                                     |
| Алгебра и геометрия (72л+72с, 7к)                            | Алгебра и геометрия (72л+72с, 7к)                         | Дифференциальные уравнения (36л+36с, 4к)                      | Дифференциальные уравнения (36л+36с, 3к)                      | ДПВ "Технологии искусственного интеллекта", 20к |                                                           |                                                   |                                                     |
| Алгоритмы и алгоритмические языки (54л, 4к)                  | Дискретная математика (36л+36с, 4к)                       | Теория вероятностей и математическая статистика (36л+36п, 3к) | Теория вероятностей и математическая статистика (36л+36п, 3к) |                                                 |                                                           |                                                   |                                                     |
| Практикум на ЭВМ (программирование) (54л+54с, 3к)            | Практикум на ЭВМ (программирование) (54л+54с, 3к)         | Практикум на ЭВМ (программирование) (54л+54с, 3к)             | Практикум на ЭВМ (программирование) (54л+54с, 3к)             |                                                 | Численные методы (36л+36с, 4к)                            | Теория игр и исследование операций (72л, 3к)      | Прикладной статистический анализ (36л+36с, 4к)      |
|                                                              |                                                           | Физика (классическая механика) (36л+36с, 4к)                  | Программирование для искусственного интеллекта (36л+36с, 3к)  | Алгоритмы и структуры данных (54л, 3к)          | Прикладные задачи анализа данных (36л+36с, 4к)            | Глубокое машинное обучение (36л+36п, 4к)          | Практикум по глубокому машинному обучению (36с, 3к) |
| Учебная технологическая (проектно-технологическая) практика  |                                                           |                                                               | Введение в искусственный интеллект (18л+18п, 2к)              | Методы машинного обучения (72л+72п, 3к)         | Методы машинного обучения (72л+72п, 3к)                   | Практикум по методам машинного обучения (36с, 3к) |                                                     |
| Учебная практика (НИР)                                       | Учебная практика (НИР)                                    | Учебная практика (НИР)                                        | Учебная практика (НИР)                                        |                                                 |                                                           |                                                   | Преддипломная практика (НИР)                        |

Таб. П.1.15.

| МГУ ВМК «Программная инженерия в искусственном интеллекте» (02.03.02) |                                                          |                                                               |                                                               |                                                   |                                                         |                                                                  |                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                                |                                                          | 2 курс                                                        |                                                               | 3 курс                                            |                                                         | 4 курс                                                           |                                                             |
| 1                                                                     | 2                                                        | 3                                                             | 4                                                             | 5                                                 | 6                                                       | 7                                                                | 8                                                           |
| Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 8+6+6+18+16=54к                       |                                                          |                                                               |                                                               |                                                   |                                                         |                                                                  |                                                             |
|                                                                       | ДПВ "Фундаментальная информатика", 6к                    |                                                               | ДПВ "Фундаментальная математика", 8к                          |                                                   |                                                         | ДПВ "Фундаментальная информатика", 6к                            |                                                             |
| Математический анализ (72л+72с, 7к)                                   | Математический анализ (72л+72с, 7к)                      | Математический анализ (72л+72с, 7к)                           |                                                               | ДПВ "Искусственный интеллект", 18к                |                                                         |                                                                  |                                                             |
| Линейная алгебра и аналитическая геометрия (72л+72с, 7к)              | Линейная алгебра и аналитическая геометрия (72л+72с, 7к) | Дифференциальные уравнения (36л+36с, 4к)                      | Дифференциальные уравнения (36л+36с, 3к)                      | ДПВ "Системы искусственного интеллекта", 16к      |                                                         |                                                                  |                                                             |
|                                                                       | Дискретная математика (36л+36с, 4к)                      | Теория вероятностей и математическая статистика (36л+36п, 3к) | Теория вероятностей и математическая статистика (36л+36п, 3к) | Численные методы (36л+36с, 4к)                    | Методы оптимизации (36л+36с, 4к)                        |                                                                  |                                                             |
| Программирование (36л+36с, 3к)                                        | Программирование (36л+36с, 3к)                           | Объектно-ориентированное программирование (36л+18с, 3к)       | Основы программной инженерии (36л+18с, 3к)                    | Разработка программного обеспечения (36л+18с, 3к) | Методы и системы обработки больших данных (36л+36с, 4к) |                                                                  |                                                             |
|                                                                       | Архитектура компьютера (36л+18с, 3к)                     |                                                               | Программирование для искусственного интеллекта (36л+36с, 4к)  | Машинное обучение (36л+36с, 4к)                   | Генеративные модели в машинном обучении (36л+36с, 4к)   | Интеллектуальные системы (36л+36с, 4к)                           |                                                             |
|                                                                       |                                                          |                                                               | Анализ и визуализация данных (36л+18с, 3к)                    |                                                   | Основы нейросетей (36л+36с, 4к)                         | Разработка ПО для систем искусственного интеллекта (36л+36с, 4к) | Безопасность систем искусственного интеллекта (36л+36с, 4к) |
|                                                                       |                                                          |                                                               | Алгоритмы и структуры данных (36л+18с, 3к)                    |                                                   |                                                         |                                                                  |                                                             |
|                                                                       |                                                          |                                                               | Технологическая (проектно-технологическая) практика           |                                                   |                                                         |                                                                  | Преддипломная практика +ВКР                                 |

Таб. П.1.16.

| НИУ ВШЭ Факультет компьютерных наук<br>«Прикладная математика и информатика - трек AI360» (01.03.02) |                                        |                                                           |                                       |                               |                                                                     |                                               |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 курс                                                                                               |                                        | 2 курс                                                    |                                       | 3 курс                        |                                                                     | 4 курс                                        |                                           |
| 1                                                                                                    | 2                                      | 3                                                         | 4                                     | 5                             | 6                                                                   | 7                                             | 8                                         |
|                                                                                                      |                                        | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 5+12+5+6+5+4+5+38+20=100к |                                       |                               |                                                                     |                                               |                                           |
|                                                                                                      |                                        | ДПВ: 1 из 3 дисц., 5к                                     | ДПВ: 2 из 3 дисц., 12к                | ДПВ: 1 из 2 дисц., 5к         | ДПВ: 1 из 2 дисц., 6к                                               | ДПВ: 1 из 1 дисц., 5к                         | ДПВ: 1 из 2 дисц., 4к<br>1 из 3 дисц., 5к |
| Математический анализ (84а, 5к)                                                                      | Математический анализ (80а, 5к)        | Математический анализ 2 (56а, 3к)                         |                                       | 7 специализаций (38к)         |                                                                     |                                               |                                           |
| Линейная алгебра и геометрия (56а, 5к)                                                               | Линейная алгебра и геометрия (80а, 5к) | Теория вероятностей (56а, 3к)                             | Теория вероятностей (40а, 3к)         |                               |                                                                     |                                               |                                           |
|                                                                                                      | Алгебра (60а, 3к)                      | Алгоритмы и структуры данных 2 (56а, 3к)                  | Математическая статистика 1 (60а, 4к) |                               |                                                                     |                                               |                                           |
|                                                                                                      | Теория чисел (40а, 3к)                 | Архитектура компьютера (70а, 5к)                          | Операционные системы (80а, 6к)        | Машинное обучение 1 (56а, 4к) | Методы оптимизации/Методы оптимизации в машинном обучении (80а, 4к) |                                               |                                           |
| Дискретная математика (56а, 3к)                                                                      | Дискретная математика (40а, 3к)        |                                                           |                                       |                               |                                                                     |                                               |                                           |
| Алгоритмы и структуры данных (56а, 5к)                                                               | Алгоритмы и структуры данных (80а, 5к) |                                                           |                                       |                               |                                                                     |                                               |                                           |
| Язык программирования Python (56а, 4к)                                                               | Программирование на C++ (80а, 4к)      | Minor: ДПВ AI360, 20к                                     |                                       |                               |                                                                     |                                               |                                           |
| Дисциплины трека AI360: (56+28+28=112а, 8к)                                                          |                                        | Учебная практика                                          |                                       |                               |                                                                     | Учебная (1к) + Производственная практика (2к) | Преддипломная практика (6к) + ВКР (10к)   |

Таб. П.1.17.

| <b>Университет Иннополис</b><br><b>«Математические основы искусственного интеллекта» (09.03.01)</b> |                                           |                                 |                                                                 |                                                                 |                                      |                                                          |                                                      |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------|
| 1 курс                                                                                              |                                           |                                 | 2 курс                                                          |                                                                 |                                      | 3 курс                                                   |                                                      |                                                                                      | 4 курс                                                  |                                                         |          |
| 1                                                                                                   | 2                                         | 3                               | 4                                                               | 5                                                               | 6                                    | 7                                                        | 8                                                    | 9                                                                                    | А                                                       | В                                                       | С        |
| Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 20+14=34к                                                           |                                           |                                 |                                                                 |                                                                 |                                      |                                                          |                                                      |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
| ДПВ: 20к                                                                                            |                                           |                                 |                                                                 |                                                                 |                                      | ДПВ: 14к                                                 |                                                      |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
| Математический анализ (90а, 4к)                                                                     | Математический анализ (90а, 4к)           | Математический анализ (28а, 4к) | Обыкновенные дифференциальные уравнения (60а, 6к)               |                                                                 |                                      | Введение в машинное обучение (60а, 5к)                   | Введение в машинное обучение (60а, 5к)               |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
| Аналитическая геометрия и линейная алгебра (90а, 4к)                                                | Вычислительная линейная алгебра (90а, 4к) |                                 | Теория вероятностей (60а, 5к)                                   | Математическая статистика (60а, 5к)                             | Теория случайных процессов (28а, 4к) | Прикладная статистика в анализе данных (60а, 4к)         | Глубокое обучение (60а, 4к)                          |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
| Введение в комбинаторику и дискретную математику (90а, 4к)                                          | Дискретная математика (90а, 4к)           |                                 | Введение в оптимизацию и численные методы оптимизации (60а, 5к) | Вычислительная математика (60а, 5к)                             |                                      | Эффективные алгоритмы для труднорешаемых задач (60а, 5к) | Математические основы ИИ (60а, 4к)                   |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
| Алгоритмы и программирование (90а, 5к)                                                              | Алгоритмы и программирование (90а, 5к)    |                                 |                                                                 | Современные численные методы оптимизации и в обучении (60а, 4к) |                                      |                                                          | Методы обработки и генерации текста и речи (60а, 4к) | Учебная практика, ознакомительная практика (3к)                                      | ИИ прикладной проект (60а, 5к)                          | ИИ прикладной проект (60а, 5к)                          |          |
| Общая физика (76а, 4к)                                                                              | Общая физика (76а, 4к)                    |                                 |                                                                 | Теоретическая механика (60а, 4к)                                |                                      |                                                          |                                                      | Производственная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика (12к) | Производственная практика, преддипломная практика (18к) | Производственная практика, преддипломная практика (24к) | ВКР (9к) |

Таб. П.1.18.

| Университет Иннополис «AI360: Инженерия данных» (09.03.01) |                                           |                                                                        |                                                               |                                                          |                                                                                     |                      |                                                                 |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                     |                                           | 2 курс                                                                 |                                                               | 3 курс                                                   |                                                                                     | 4 курс               |                                                                 |
| 1                                                          | 2                                         | 3                                                                      | 4                                                             | 5                                                        | 6                                                                                   | 7                    | 8                                                               |
| Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 32+30=62к                  |                                           |                                                                        |                                                               |                                                          |                                                                                     |                      |                                                                 |
| ДПВ: 2дисп=8+8+8+8=32к                                     |                                           |                                                                        |                                                               |                                                          |                                                                                     | ДПВ: 3дисп=18+12=30к |                                                                 |
| Математический анализ (80а, 4к)                            | Математический анализ (80а, 4к)           | Математический анализ (80а, 4к)                                        |                                                               |                                                          |                                                                                     |                      |                                                                 |
| Аналитическая геометрия и линейная алгебра (90а, 5к)       | Вычислительная линейная алгебра (90а, 4к) | Дифференциальные уравнения и уравнения в частных производных (60а, 4к) | Математическая статистика (60а, 4к)                           | Прикладная статистика в анализе данных (60а, 4к)         | Машинное обучение (60а, 4к)                                                         |                      |                                                                 |
| Введение в комбинаторику и дискретную математику (90а, 4к) | Дискретная математика (90а, 4к)           | Теория вероятностей (60а, 4к)                                          | Теория случайных процессов (60а, 4к)                          | Введение в машинное обучение (60а, 4к)                   | Глубокое обучение (60а, 4к)                                                         |                      |                                                                 |
| Алгоритмы и программирование (90а, 5к)                     | Алгоритмы и программирование (90а, 5к)    | Введение в оптимизацию и численные методы оптимизации (60а, 4к)        | Вычислительная математика (60а, 4к)                           | Вычислительная математика (углубл. курс) (60а, 4к)       | Математические основы ИИ (60а, 4к)                                                  |                      |                                                                 |
| Программирование на Python (60а, 5к)                       | Программирование на Python (60а, 5к)      |                                                                        | Современные численные методы оптимизации в обучении (60а, 4к) | Эффективные алгоритмы для труднорешаемых задач (60а, 4к) | Методы обработки и генерации текста и речи (60а, 4к)                                |                      |                                                                 |
| ИИ прикладной проект (240а, 4+4+6+5=19к)                   |                                           |                                                                        |                                                               |                                                          |                                                                                     |                      |                                                                 |
|                                                            |                                           |                                                                        | Учебная практика, ознакомительная практика (9к)               |                                                          | Производственная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика (9к) |                      | Производственная практика, преддипломная практика (6к) ВКР (9к) |



Таб. П.1.19.

| Университет Иннополис «Анализ данных и искусственный интеллект»<br>(на английском языке) (09.03.01) |                                                         |                                                                            |                                                           |                                                                                              |                                              |                                                                      |                                                                                                  |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------|
| 1 курс                                                                                              |                                                         |                                                                            | 2 курс                                                    |                                                                                              |                                              | 3 курс                                                               |                                                                                                  |                                                                                      | 4 курс                                                  |                                                         |          |
| 1                                                                                                   | 2                                                       | 3                                                                          | 4                                                         | 5                                                                                            | 6                                            | 7                                                                    | 8                                                                                                | 9                                                                                    | A                                                       | B                                                       | C        |
| Математический анализ I (90а, 4к)                                                                   | Математический анализ II (90а, 4к)                      | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 7+18+7+8+16=56к                            |                                                           |                                                                                              |                                              |                                                                      |                                                                                                  |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
| Аналитическая геометрия и линейная алгебра I (90а, 4к)                                              | Аналитическая геометрия и линейная алгебра II (90а, 4к) | Б1: 1 дисц. из 14, 2к IT-management & Soft Skills<br>Б2: 1 дисц. из 10, 5к |                                                           | Б3: 1 дисц. из 2, 5к<br>Б4: 1 дисц. из 2, 4к<br>Б5: 1 дисц. из 3, 4к<br>Б6: 1 дисц. из 3, 5к | Б7: 1 дисц. из 4, 2к<br>Б8: 1 дисц. из 6, 5к | Б9: 1 дисц. из 2, 4к<br>Б10: 1 дисц. из 2, 4к                        | Б11: 1 дисц. из 3, 4к<br>Б12: 1 дисц. из 2, 4к<br>Б13: 1 дисц. из 2, 4к<br>Б14: 1 дисц. из 3, 4к |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
| Основы компьютерной архитектуры (90а, 4к)                                                           | Алгоритмы и структуры данных (90а, 4к)                  | Разработка программного продукта - проект (42а, 3к)                        | Дифференциальные уравнения (90а, 4к)                      | Введение в машинное обучение (60а, 4к)                                                       |                                              | Введение в компьютерное зрение (60а, 4к)                             |                                                                                                  |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
| Введение в программирование (90а, 3к)                                                               | Теоретические основы компьютерных наук (90а, 4к)        |                                                                            | Теория вероятностей и математическая статистика (90а, 4к) |                                                                                              |                                              | Прикладные технологии машинного и глубокого обучения (60а, 4к)       |                                                                                                  |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
|                                                                                                     | Проектирование и анализ программных систем (90а, 4к)    |                                                                            | Операционные системы (90а, 4к)                            |                                                                                              |                                              |                                                                      |                                                                                                  |                                                                                      |                                                         |                                                         |          |
|                                                                                                     |                                                         |                                                                            | Введение в оптимизацию (90а, 5к)                          |                                                                                              | Прикладной проект (28а, 4к)                  | Практика подготовки и написания работ на иностранном языке (30а, 5к) | Практика подготовки и написания работ на иностранном языке (30а, 5к)                             | Учебная практика, ознакомительная практика (3к)                                      |                                                         |                                                         |          |
|                                                                                                     |                                                         |                                                                            | Физика I (Механика) (90а, 4к)                             |                                                                                              |                                              |                                                                      |                                                                                                  | Производственная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика (12к) | Производственная практика, преддипломная практика (27к) | Производственная практика, преддипломная практика (27к) | ВКР (9к) |

Таб. П.1.20.

| ЮФУ «Математическое моделирование и искусственный интеллект» -<br>трек МИНЦИФРЫ (01.03.02) |                                                             |                                          |                                          |                                                               |                                                               |                                              |                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                                                     |                                                             | 2 курс                                   |                                          | 3 курс                                                        |                                                               | 4 курс                                       |                                                           |
| 1                                                                                          | 2                                                           | 3                                        | 4                                        | 5                                                             | 6                                                             | 7                                            | 8                                                         |
| Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 2+2+5+5+5+10+11+7=47к                                      |                                                             |                                          |                                          |                                                               |                                                               |                                              |                                                           |
| Б1: 1 дисц. из 2, 2к                                                                       | Б2: 1 дисц. из 2, 2к                                        | Б3: 1 дисц. из 2, 5к                     | Б4: 1 дисц. из 4, 5к                     | Б5: 1 дисц. из 5, 5к                                          | Б6: 1 дисц. из 5, 5к<br>Б7: 1 дисц. из 3, 5к                  | Б8: 1 дисц. из 4, 5к<br>Б9: 1 дисц. из 4, 6к | Б10: 1 дисц. из 4, 5к<br>Б11: 1 дисц. из 2, 2к            |
| Алгебра и геометрия (36л+54п, 6к)                                                          | Алгебра и геометрия (64л+48п, 6к)                           |                                          |                                          |                                                               |                                                               |                                              |                                                           |
| Математический анализ (36л+54п, 6к)                                                        | Математический анализ (48л+48п, 6к)                         | Математический анализ (54л+54п, 5к)      | Математический анализ (36л+54п, 5к)      | Уравнения математической физики (36л+36п, 4к)                 | Уравнения математической физики (32л+32п, 5к)                 |                                              |                                                           |
| Математическая логика и дискретная математика (36л+18п, 3к)                                | Математическая логика и дискретная математика (32л+32п, 4к) | Дифференциальные уравнения (36л+36п, 4к) | Дифференциальные уравнения (32л+32п, 5к) | Теория вероятностей и математическая статистика (48л+48п, 6к) | Методы оптимизации и исследование операций (48л+32п, 5к)      | Компьютерные сети (36л+36п, 5к)              |                                                           |
| Программирование на C++ (36л+72лаб, 5к)                                                    | Программирование на C++ (32л+64лаб, 5к)                     |                                          |                                          | Численные методы (54л+54лаб, 7к)                              | Архитектура компьютера и операционные системы (36л+36лаб, 5к) | Машинное обучение (36л+36лаб, 6к)            | Искусственные нейронные сети и приложения (36л+36лаб, 5к) |
| Основы алгоритмизации и программирования (54л+72лаб, 8к)                                   | Инструменты и библиотеки языка Python (36л+36лаб, 4к)       |                                          |                                          | Базы данных (36л+36п, 5к)                                     | Интеллектуальные системы (36л+36лаб, 5к)                      |                                              | Практика производственная: НИР (9к)                       |
|                                                                                            | Проект 1 (2к)                                               |                                          | Проект 2 (3к)                            |                                                               | Проект 3 (3к)                                                 |                                              | Практика производственная: преддипломная (3к)             |
|                                                                                            |                                                             |                                          | Учебная практика: НИР (3к)               |                                                               |                                                               | Учебная практика: НИР (3к)                   | ВКР (6к)                                                  |

Таб. П.1.21.

| ЮФУ «Фундаментальная информатика и информационные технологии» -<br>трек МИНЦИФРЫ (02.03.02) |                                        |                                        |                                                         |                                                               |                                                                 |                                                                    |                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 курс                                                                                      |                                        | 2 курс                                 |                                                         | 3 курс                                                        |                                                                 | 4 курс                                                             |                                                |
| 1                                                                                           | 2                                      | 3                                      | 4                                                       | 5                                                             | 6                                                               | 7                                                                  | 8                                              |
| Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 5+10+5+5=25к                                                |                                        |                                        |                                                         |                                                               |                                                                 |                                                                    |                                                |
| Алгебра и геометрия (54л+34п, 5к)                                                           | Алгебра и геометрия (32л+32п, 5к)      |                                        | Б1: 1 дисц. из 6 (32л+32п, 5к)                          | Б2: 2 дисц. из 6 (2*(32л+32п), 2*5к=10к)                      |                                                                 | Б3: 1 дисц. из 3 (54л+18п, 5к)<br>Б4: 1 дисц. из 3 (36л+36лаб, 5к) |                                                |
| Непрерывная математика (34л+48п, 5к)                                                        | Непрерывная математика (34л+48п, 5к)   |                                        | Вычислительная математика (32л+32лаб, 5к)               | Теория вероятностей и математическая статистика (36л+36п, 5к) | Компьютерные сети (48л+32лаб, 6к)                               |                                                                    |                                                |
| Дискретная математика (36л+34п, 3к)                                                         | Дискретная математика (32л+32п, 5к)    | Математическая логика (54л+36п, 6к)    | Теория алгоритмов (48л+16п, 5к)                         | Архитектура компьютера и операционные системы (54л+36лаб, 5к) | Математические основы защиты информации (32л+32п, 5к)           | Интеллектуальные системы (54л+54лаб, 6к)                           |                                                |
| Основы программирования (54л+70лаб, 7к)                                                     | Языки программирования (48л+64лаб, 8к) | Языки программирования (54л+72лаб, 7к) | Парадигмы и технологии программирования (36л+36лаб, 3к) | Технологии баз данных (36л+54лаб, 5к)                         | Data mining - методы анализа и обработки данных (32л+32лаб, 5к) | Компьютерная графика (54л+54лаб, 7к)                               |                                                |
|                                                                                             |                                        | Программная инженерия (54л+18п, 5к)    | Алгоритмы и структуры данных (48л+32лаб, 5к)            | Парадигмы и технологии программирования (32л+32лаб, 2к)       | Введение в машинное обучение и нейронные сети (32л+32лаб, 5к)   | Разработка компиляторов (36л+32лаб, 5к)                            | Практика производственная: НИР (12к)           |
|                                                                                             | Проект 1 (2к)                          |                                        | Проект 2 (3к)                                           | Теория автоматов и формальных языков (54л+18п, 5к)            | Проект 3 (3к)                                                   |                                                                    | Практика производственная: преддипломная (12к) |
|                                                                                             |                                        |                                        |                                                         |                                                               |                                                                 | Учебная практика: НИР (2к)                                         | ВКР (6к)                                       |

Таб. П.1.22.

| ЮФУ «Технологии искусственного интеллекта» - трек МИНЦИФРЫ (09.03.01) |                                                         |                                                                      |                                                                                                        |                                                                                                                    |                                                                                                        |                                                                                                     |                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                                |                                                         | 2 курс                                                               |                                                                                                        | 3 курс                                                                                                             |                                                                                                        | 4 курс                                                                                              |                                                                   |
| 1                                                                     | 2                                                       | 3                                                                    | 4                                                                                                      | 5                                                                                                                  | 6                                                                                                      | 7                                                                                                   | 8                                                                 |
|                                                                       |                                                         |                                                                      |                                                                                                        |                                                                                                                    | Блок элективных дисциплин:<br>15+15=30к                                                                |                                                                                                     |                                                                   |
| Математика<br>(50л+50п, 6к)                                           | Математика<br>(50л+50п, 6к)                             | Математика<br>(36л+18п, 3к)                                          | Компьютерные<br>сети (34л+36лаб,<br>5к)                                                                |                                                                                                                    | 1 из 2-х Блоков-1 по 2 дисц.<br>(2*(36л+72п), 15к)<br>1 из 2 Блоков-2 по 2 дисц.<br>(2*(36л+72п), 15к) |                                                                                                     |                                                                   |
| Алгоритмизация и<br>программирование<br>(36л+18п+18лаб,<br>4к)        | Алгоритмизация и<br>программирование<br>(18л+34лаб, 4к) | Операционные<br>системы<br>(36л+36лаб, 5к)                           | Базы данных и<br>СУБД (34л+36лаб,<br>5к)                                                               | Методы<br>оптимизации<br>(36л+36п, 5к)                                                                             | Теория принятия<br>решений<br>(34л+34п, 5к)                                                            |                                                                                                     |                                                                   |
| Дискретная<br>математика<br>(50л+50п, 6к)                             |                                                         | Безопасность<br>информационных<br>технологий<br>(36л+36лаб, 5к)      | Аналоговая и<br>цифровая<br>схемотехника<br>(50л+18п+34лаб,<br>5к)                                     | Аналоговая и<br>цифровая<br>схемотехника<br>(36п+18п+18лаб,<br>4к)                                                 | Компьютерное<br>зрение<br>(34л+16п+34лаб,<br>6к)                                                       |                                                                                                     |                                                                   |
|                                                                       |                                                         | Технологии<br>искусственного<br>интеллекта<br>(36л+18п+18лаб,<br>6к) | Представление и<br>использование<br>знаний в<br>интеллектуальных<br>системах<br>(34л+18п+18лаб,<br>5к) | Информационное<br>и программное<br>обеспечение<br>систем<br>искусственного<br>интеллекта<br>(54л+18п+36лаб,<br>7к) |                                                                                                        | Обработка<br>естественного<br>языка<br>(36л+18п+18лаб,<br>5к)                                       |                                                                   |
|                                                                       |                                                         |                                                                      | Разработка<br>приложений для<br>систем<br>искусственного<br>интеллекта<br>(18л+36п+36лаб,<br>5к)       | Машинное<br>обучение и<br>аналитика<br>больших данных<br>(54л+36п+36лаб,<br>7к)                                    | Творческий<br>проект (3к)                                                                              | Рекомендательные<br>системы и<br>системы<br>поддержки<br>принятия решений<br>(36л+18п+18лаб,<br>6к) | Практика<br>производственная:<br>технологическая<br>(15к)         |
|                                                                       | Физика<br>(34л+34п+18лаб,<br>5к)                        | Физика<br>(36л+18п+18лаб,<br>4к)                                     |                                                                                                        | Учебная практика<br>(3к)                                                                                           |                                                                                                        |                                                                                                     | Практика<br>производственная:<br>преддипломная<br>(6к) + ВКР (9к) |

Таб. П.1.23.

| ЮФУ «Перспективные информационные технологии» - трек МИНЦИФРЫ (09.03.02) |                                                      |                                                                             |                                                                |                                                                                     |                                                                                                 |                                                                                        |                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                                   |                                                      | 2 курс                                                                      |                                                                | 3 курс                                                                              |                                                                                                 | 4 курс                                                                                 |                                                          |
| 1                                                                        | 2                                                    | 3                                                                           | 4                                                              | 5                                                                                   | 6                                                                                               | 7                                                                                      | 8                                                        |
| Математика<br>(50л+50п, 6к)                                              | Математика<br>(50л+50п, 6к)                          | Математика<br>(36л+18п, 3к)                                                 | Компьютерные сети<br>(36л+36лаб, 5к)                           |                                                                                     | 8 Блоков элективных дисциплин (ДПВ): 30к<br>1 или 2 Блока от 2 до 5 дисц. в каждом              |                                                                                        |                                                          |
| Дискретная математика<br>(50л+50п, 6к)                                   |                                                      | Технологии программирования<br>(36л+36п+18лаб, 5к)                          | Базы данных и СУБД<br>(34л+36лаб, 5к)                          | Методы оптимизации<br>(36л+36п, 5к)                                                 | Теория принятия решений<br>(34л+34п, 5к)                                                        |                                                                                        |                                                          |
| Алгоритмизация и программирование<br>(36л+18п+18лаб, 4к)                 | Алгоритмизация и программирование<br>(18л+34лаб, 4к) | Операционные системы<br>(36л+36лаб, 5к)                                     | Мультимедиа технологии<br>(36л+54лаб, 5к)                      | Дистанционные информационные технологии<br>(36п+36лаб, 5к)                          | Внедрение, сопровождение, настройка и эксплуатация информационных систем<br>(72л+36п+36лаб, 9к) | Обеспечение надежности и управление качеством информационных систем<br>(36л+54лаб, 5к) |                                                          |
|                                                                          |                                                      | Безопасность информационных технологий<br>(36л+36лаб, 5к)                   | Моделирование информационных технологий<br>(34л+18п+36лаб, 5к) | Web-программирование<br>(36л+36п+18лаб, 5к)                                         |                                                                                                 | Интеллектуальные системы и технологии<br>(36л+54лаб, 6к)                               |                                                          |
|                                                                          |                                                      | Основы информационных технологий, процессов и систем<br>(54л+36п+36лаб, 5к) | Архитектура информационных систем<br>(34л+18п+36лаб, 5к)       | Технологии анализа и визуализации данных<br>(36л+36лаб, 5к)                         |                                                                                                 |                                                                                        |                                                          |
|                                                                          |                                                      | Междисциплинарный проект 1 (3к)                                             | Междисциплинарный проект 1 (3к)                                | Проект "Разработка элементов поддержки мультимедиа и дистанционных технологий" (3к) |                                                                                                 |                                                                                        | Практика производственная: технологическая (18к)         |
|                                                                          |                                                      |                                                                             |                                                                | Учебная практика (3к)                                                               |                                                                                                 |                                                                                        | Практика производственная: преддипломная (6к) + ВКР (9к) |

Таб. П.1.24.

| НГУ «Инженерная школа: искусственный интеллект и прикладной инжиниринг» (01.03.02) |                                                  |                                                  |                                                             |                                                              |                                     |                                     |                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                                             |                                                  | 2 курс                                           |                                                             | 3 курс                                                       |                                     | 4 курс                              |                                                        |
| 1                                                                                  | 2                                                | 3                                                | 4                                                           | 5                                                            | 6                                   | 7                                   | 8                                                      |
|                                                                                    |                                                  |                                                  |                                                             | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 3+13+4+4=24к                 |                                     |                                     |                                                        |
| Математический анализ (64л+64п, 5к)                                                | Математический анализ (64л+64п, 5к)              | Математический анализ (64л+64п, 5к)              | Теория функций комплексного переменного (32л+32п+16лаб, 4к) | Блок 1: выбор из 2 дисц. (3к)                                | Блок 2: выбор из 8 дисц. (13к)      |                                     |                                                        |
| Алгебра и геометрия (32л+48п+16лаб, 5к)                                            | Алгебра и геометрия (32л+48п+16лаб, 5к)          | Дифференциальные уравнения (32л+32п, 3к)         | Дифференциальные уравнения (32л+32п, 3к)                    |                                                              | Функциональный анализ (32л+32п, 4к) | Блок 4: выбор из 61 дисц. (4к)      |                                                        |
| Математическая логика (32л+32п, 3к)                                                | Математическая логика (32л+32п, 3к)              | Теория вероятностей с приложениями (32л+32п, 3к) | Математическая статистика (32л+32п+16лаб, 4к)               | Уравнения математической физики (32л+32п, 4к)                |                                     | Блок 3: выбор из 117 дисц. (4к)     |                                                        |
| Основы дискретной математики (32л+32п, 3к)                                         | Алгоритмы и структуры данных (32л+32лаб, 3к)     | Методы оптимизации (32л+32п+16лаб, 4к)           | Дифференциальная геометрия (32л+32п+16лаб, 4к)              | Исследование операций (32л+32п+16лаб, 4к)                    |                                     |                                     |                                                        |
| Основы программирования (16л+32п+32лаб, 3к)                                        | Программирование на языке Python (32п+32лаб, 3к) | Введение в численные методы (32п+16лаб, 2к)      | Введение в численные методы (32п+16лаб, 2к)                 | Современные методы вычислительной математики (32л+32лаб, 4к) |                                     |                                     |                                                        |
|                                                                                    |                                                  | Программирование (16п+32лаб, 2к)                 | Программирование (16п+32лаб, 2к)                            | Машинное обучение (32п+32лаб, 3к)                            |                                     | Инженерный проект (32п, 3к)         | Инженерный проект (32п, 3к)                            |
|                                                                                    |                                                  |                                                  | Анализ данных (32лаб, 2к)                                   |                                                              | Учебная практика: НИР (4к)          | Практика производственная: НИР (8к) | Практика производственная: преддипломная (8к) ВКР (6к) |



Таб. П.1.25.

| НГУ «Математика и компьютерные науки» (02.03.01)        |                                       |                                                                |                                                       |                                                       |                                                    |                                                         |                                                         |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1 курс                                                  |                                       | 2 курс                                                         |                                                       | 3 курс                                                |                                                    | 4 курс                                                  |                                                         |
| 1                                                       | 2                                     | 3                                                              | 4                                                     | 5                                                     | 6                                                  | 7                                                       | 8                                                       |
| Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 4+4=8к                  |                                       |                                                                |                                                       |                                                       |                                                    |                                                         |                                                         |
| Математический анализ (64л+64п, 7к)                     | Математический анализ (64л+64п, 7к)   | Математический анализ (64л+64п, 7к)                            | Математический анализ (64л+64п, 7к)                   | Функциональный анализ (32л+32п, 3к)                   | Функциональный анализ (32л+32п, 4к)                | Блок 1: выбор из 117 дисц. (4к)                         |                                                         |
| Аналитическая геометрия (32л+32п, 4к)                   | Аналитическая геометрия (32л+32п, 4к) | Теория функций комплексного переменного (32л+32п, 3к)          | Теория функций комплексного переменного (32л+32п, 3к) | Уравнения математической физики (32л+32п, 3к)         | Уравнения математической физики (32л+32п, 4к)      | Блок 2: выбор из 61 дисц. (4к)                          |                                                         |
| Высшая алгебра (48л+48п, 5к)                            | Высшая алгебра (48л+48п, 5к)          | Дифференциальные уравнения (32л+32п, 3к)                       | Дифференциальные уравнения (32л+32п, 3к)              | Теория вероятностей (48л+32п, 5к)                     | Математическая статистика (32л+32п, 4к)            | Теория Галуа (32л+16п, 3к)                              |                                                         |
| Дискретная математика и теория алгоритмов (32л+32п, 4к) | Математическая логика (32л+32п, 3к)   | Математическая логика (32л+32п, 3к)                            | Дифференциальная геометрия (32л+32п, 3к)              | Основы теории информации и криптографии (32л+32п, 4к) | Теория формальных языков и автоматов (32л+16п, 2к) | Дискретные задачи теории принятия решений (32л+32п, 4к) | Дискретные задачи теории принятия решений (32л+32п, 4к) |
| Программный инструментальный математика (16л+32п, 3к)   | Программирование (32л+32п+32лаб, 6к)  | Программирование (16л+32лаб, 3к)                               | Математическое моделирование (32л+16п, 3к)            | Графы и алгоритмы (32л+16п, 3к)                       | Базы данных (32л+16лаб, 3к)                        | Теория программирования (32л+64п, 4к)                   |                                                         |
|                                                         |                                       | Вычислительный практикум (32лаб, 1к)                           | Вычислительный практикум (16лаб, 1к)                  | Вычислительный практикум (16лаб, 1к)                  | Вычислительный практикум (32лаб, 1к)               |                                                         |                                                         |
|                                                         |                                       | Вычислительные методы анализа и линейной алгебры (48л+32п, 4к) |                                                       | Методы вычислений (32п+32п, 4к)                       | Методы вычислений (32п+32п, 4к)                    |                                                         |                                                         |
|                                                         |                                       |                                                                |                                                       |                                                       | Методы оптимизации (32л+16п, 3к)                   |                                                         |                                                         |
|                                                         |                                       |                                                                |                                                       |                                                       | Теория параллельных процессов (32л+8п+8лаб, 3к)    |                                                         |                                                         |
|                                                         |                                       |                                                                |                                                       |                                                       | Учебная практика: НИР (4к)                         | Практика производственная: НИР (8к)                     | Практика производственная: преддипломная (8к) ВКР (6к)  |

Таб. П.1.26.

| УрФУ «Прикладная математика» (01.03.04) |                                  |                                                     |                                             |                                                           |                                                        |                                                        |                                                                  |
|-----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 курс                                  |                                  | 2 курс                                              |                                             | 3 курс                                                    |                                                        | 4 курс                                                 |                                                                  |
| 1                                       | 2                                | 3                                                   | 4                                           | 5                                                         | 6                                                      | 7                                                      | 8                                                                |
| Основы алгебры (85а, 5к)                |                                  |                                                     | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 4+5+3+3=15к |                                                           |                                                        |                                                        |                                                                  |
| Математический анализ (136а, 8к)        | Математический анализ (136а, 8к) | Математический анализ (136а, 8к)                    | Комплексный анализ (51а, 4к)                | Теория вероятностей и математическая статистика (68а, 4к) |                                                        |                                                        |                                                                  |
| Аналитическая геометрия (85а, 4к)       | Линейная алгебра (136а, 8к)      | Дифференциальная геометрия и топология (51а, 3к)    | Кратные интегралы и ряды (85а, 7к)          | Функциональный анализ (68а, 4к)                           |                                                        |                                                        |                                                                  |
|                                         |                                  | Дифференциальные уравнения (68а, 4к)                | Дифференциальные уравнения (68а, 4к)        | Уравнения математической физики (68а, 3к)                 | Уравнения математической физики (68а, 3к)              |                                                        |                                                                  |
|                                         |                                  | Объектно-ориентированное программирование (68а, 4к) | Дискретная математика (68а, 4к)             | Численные методы (68а, 3к)                                | Численные методы (68а, 4к)                             |                                                        |                                                                  |
|                                         |                                  |                                                     |                                             | Дискретная математика (68а, 4к)                           | Вариационное исчисление и методы оптимизации (34а, 2к) | Вариационное исчисление и методы оптимизации (68а, 3к) | Исследование операций (68а, 4к)                                  |
|                                         |                                  |                                                     |                                             | Базы данных (68а, 4к)                                     | Прикладная статистика (51а, 3к)                        | Теория случайных процессов (68а, 4к)                   | Теория массового обслуживания (51а, 3к)                          |
|                                         |                                  |                                                     |                                             |                                                           | Математическое моделирование (68а, 4к)                 | Проектирование информационных систем (51а, 3к)         | Программирование для Интернет (51а, 3к)                          |
|                                         |                                  |                                                     |                                             |                                                           | Операционные системы и сети (51а, 4к)                  | Интеллектуальные информационные системы (51а, 3к)      |                                                                  |
|                                         |                                  |                                                     |                                             |                                                           | Язык Python (51а, 3к)                                  | Машинное обучение (68, 4к)                             | Практика производственная: НИР (5к)                              |
|                                         |                                  |                                                     | Учебная практика: НИР (4к)                  |                                                           | Практика производственная: НИР (5к)                    |                                                        | Практика производственная: преддипломная (1к) ВКР (3к), ГИА (3к) |

Таб. П.1.27.

| УрФУ «Прикладная математика» (01.03.04)       |                                               |                                                     |                                                        |                                                           |                                                           |                                        |                                                                  |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 курс                                        |                                               | 2 курс                                              |                                                        | 3 курс                                                    |                                                           | 4 курс                                 |                                                                  |
| 1                                             | 2                                             | 3                                                   | 4                                                      | 5                                                         | 6                                                         | 7                                      | 8                                                                |
| Математический анализ (102а, 6к)              | Математический анализ (102а, 5к)              | Математический анализ (102а, 6к)                    | Теория автоматов (34а, 2к)                             | Блок дисциплин по выбору (ДПВ): 3+3+6+12=24к              |                                                           |                                        |                                                                  |
| Алгебра и геометрия (102а, 6к)                | Алгебра и геометрия (102а, 5к)                | Дифференциальные уравнения (68а, 3к)                | Дифференциальные уравнения (68а, 4к)                   | Функциональный анализ (51а, 3к)                           |                                                           |                                        |                                                                  |
| Языки и технологии программирования (102, 6к) | Языки и технологии программирования (102, 5к) | Дискретная математика (102а, 6к)                    | Математическая логика (68а, 4к)                        | Теория вероятностей и математическая статистика (68а, 3к) | Теория вероятностей и математическая статистика (68а, 4к) |                                        |                                                                  |
| Операционные системы (68а, 3к)                |                                               | Объектно-ориентированное программирование (68а, 3к) | Объектно-ориентированное программирование (51а, 3к)    | Численные методы (68а, 3к)                                | Численные методы (68а, 4к)                                | Прикладная статистика (68а, 4к)        |                                                                  |
|                                               |                                               | Компьютерные сети (68а, 3к)                         | Комбинаторные алгоритмы (68а, 3к)                      | Базы данных (68а, 4к)                                     | Методы оптимизации (68а, 4к)                              | Математическое моделирование (68а, 3к) | Математическое моделирование (28а, 2к)                           |
|                                               |                                               | Архитектура ЭВМ (34а, 2к)                           | Функциональное и логическое программирование (68а, 3к) | Комбинаторные алгоритмы (68а, 4к)                         |                                                           | Теория алгоритмов (51а, 3к)            |                                                                  |
|                                               |                                               |                                                     | Язык Python (34а, 2к)                                  |                                                           |                                                           |                                        |                                                                  |
|                                               |                                               |                                                     | Протоколы Интернет (68а, 3к)                           |                                                           |                                                           |                                        | Практика производственная: НИР (5к)                              |
|                                               |                                               | Учебная практика: НИР (3к)                          | Учебная практика: НИР (5к)                             | Практика производственная: НИР (3к)                       | Практика производственная: НИР (3к)                       | Практика производственная: НИР (3к)    | Практика производственная: преддипломная (1к) ВКР (3к), ГИА (3к) |

Таб. П.1.28.

| Центральный университет «Искусственный интеллект» (02.03.01)                                                  |                                                                                               |                                                           |                                                           |                                       |                                     |           |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------|
| 1 курс                                                                                                        |                                                                                               | 2 курс                                                    |                                                           | 3 курс                                |                                     | 4 курс    |                   |
| 1                                                                                                             | 2                                                                                             | 3                                                         | 4                                                         | 5                                     | 6                                   | 7         | 8                 |
| Дисциплины по выбору (ДПВ) - Модули (М1-М3) Flex курсов: 45к                                                  |                                                                                               |                                                           |                                                           |                                       |                                     |           |                   |
| М1. STEM курсы + Софт-навыки                                                                                  |                                                                                               |                                                           |                                                           |                                       |                                     |           |                   |
|                                                                                                               |                                                                                               |                                                           |                                                           | М2. "Разработка"                      |                                     |           |                   |
|                                                                                                               |                                                                                               |                                                           |                                                           | М3. "Экономика"                       |                                     |           |                   |
|                                                                                                               |                                                                                               | Теория вероятностей и математическая статистика (90а, 5к) | Продвинутая статистика (90а, 5к)                          | Дисциплины по выбору (Мейджор) (30к)  |                                     |           |                   |
| Блоки дисциплины по выбору: "Математика" "Программирование как инструмент" "Искусственный интеллект введение" |                                                                                               |                                                           | Основы промышленной разработки (64а, 5к)                  | Методы выпуклой оптимизации (60а, 5к) | Дисциплины по выбору (Майнор) (25к) |           |                   |
| Основы математического анализа и линейной алгебры 1/2 (180а, 10к)                                             |                                                                                               |                                                           | Архитектура компьютера и операционные системы 1 (90а, 5к) | Базы данных (52а, 5к)                 |                                     |           |                   |
| Математический анализ 1/2 (120а, 5к)                                                                          |                                                                                               |                                                           |                                                           |                                       |                                     |           |                   |
| Линейная алгебра и геометрия 1/2 (60а, 5к)                                                                    |                                                                                               |                                                           |                                                           |                                       |                                     |           |                   |
| Разработка на Python (66а, 5к)/Основы разработки на Go (84а, 5к)                                              | Введение в статистику (60а, 5к)/Искусственный интеллект (90а, 5к)/Machine Learning (104а, 5к) |                                                           |                                                           |                                       |                                     |           |                   |
|                                                                                                               |                                                                                               | Алгоритмы и структуры данных (66а, 5к)                    | Алгоритмы и структуры данных (66а, 5к)                    |                                       |                                     |           |                   |
|                                                                                                               |                                                                                               | Machine Learning (104а, 5к)                               | Deep Learning (90а, 5к)                                   |                                       |                                     |           |                   |
|                                                                                                               |                                                                                               |                                                           | Технологическая практика (3к)                             | Технологическая практика (4к)         | Технологическая практика (4к)       | НИР (12к) | НИР (8к) ВКР (6к) |

## Приложение 2

## Сравнительный анализ Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) среднего общего образования (СОО) с изменениями и дополнениями

Таб. П.2.1.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>ФГОС 17.05.2012</b><br/>(Приказ об утверждении)<br/>10-11 кл. (среднее общее образование)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p><b>ФГОС 12.09.2022</b><br/>(Приказ об изменениях к ФГОС от 17.05.2012)<br/>10-11 кл. (среднее общее образование)<br/><b>Комментарий:</b><br/>1) Приказ устанавливает изменения в части требований к результатам освоения основной образовательной программы.<br/>2) Изменения, внесенные в ФГОС от 17.05.2012 Приказами Министерства образования и науки и Министерства просвещения РФ 2014, 2015, 2017, 2020, <b>не касались</b> учебных предметов «Математика» и «Информатика».</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p><b>Математика (базовый уровень)</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Предметные результаты изучения предметной области «Математика и информатика» включают предметные результаты изучения учебных предметов:<br/>«Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия» (базовый уровень) - требования к предметным результатам освоения базового курса математики должны отражать:<br/>7) сформированность представлений о процессах и явлениях, имеющих вероятностный характер, о статистических закономерностях в реальном мире, об основных понятиях элементарной теории вероятностей; умений находить и оценивать вероятности наступления событий в простейших практических ситуациях и основные характеристики случайных величин;</p> | <p>По учебному предмету «Математика» (включая курсы «Алгебра и начала математического анализа», «Геометрия», «Вероятность и статистика») (базовый уровень) требования к предметным результатам освоения базового курса математики должны отражать:<br/>7) умение оперировать понятиями: среднее арифметическое, медиана, наибольшее и наименьшее значения, размах, дисперсия, стандартное отклонение числового набора; умение извлекать, интерпретировать информацию, представленную в таблицах, на диаграммах, графиках, отражающую свойства реальных процессов и явлений; представлять информацию с помощью таблиц и диаграмм; исследовать статистические данные, в том числе с применением графических методов и электронных средств;<br/>8) умение оперировать понятиями: случайный опыт и случайное событие, вероятность случайного события; умение вычислять вероятность с использованием графических методов; применять формулы сложения и умножения вероятностей, комбинаторные факты и формулы при решении задач; оценивать вероятности реальных событий; знакомство со случайными величинами; умение приводить примеры проявления закона больших чисел в природных и общественных явлениях.</p> |
| <p><b>Математика (углубленный уровень)</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>«Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия» (углубленный уровень) – требования к предметным результатам освоения углубленного курса математики должны включать требования к результатам освоения базового курса и дополнительно отражать:<br/>5) владение умениями составления вероятностных моделей по условию задачи и вычисления вероятности наступления событий, в том числе с применением формул комбинаторики и основных теорем теории вероятностей; исследования случайных величин по их распределению.</p>                                                                                                                                          | <p>По учебному предмету «Математика» (включая разделы «Алгебра и начала математического анализа», «Геометрия», «Вероятность и статистика») (углубленный уровень) требования к предметным результатам освоения углубленного курса математики должны включать требования к результатам освоения базового курса и дополнительно отражать:<br/>3) умение оперировать понятиями: граф, связный граф, дерево, цикл, граф на плоскости; умение задавать и описывать графы различными способами; использовать графы при решении задач;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>4) умение свободно оперировать понятиями: сочетание, перестановка, число сочетаний, число перестановок; бином Ньютона; умение применять комбинаторные факты и рассуждения для решения задач;</p> <p>...</p> <p>12) умение свободно оперировать понятиями: среднее арифметическое, медиана, наибольшее и наименьшее значения, размах, дисперсия, стандартное отклонение для описания числовых данных; умение исследовать статистические данные, в том числе с применением графических методов и электронных средств; графически исследовать совместные наблюдения с помощью диаграмм рассеивания и линейной регрессии;</p> <p>....</p> <p>13) умение находить вероятности событий с использованием графических методов; применять для решения задач формулы сложения и умножения вероятностей, формулу полной вероятности, формулу Бернулли, комбинаторные факты и формулы; оценивать вероятности реальных событий; умение оперировать понятиями: случайная величина, распределение вероятностей, математическое ожидание, дисперсия и стандартное отклонение случайной величины, функции распределения и плотности равномерного, показательного и нормального распределений; умение использовать свойства изученных распределений для решения задач; знакомство с понятиями: закон больших чисел, методы выборочных исследований; умение приводить примеры проявления закона больших чисел в природных и общественных явлениях;</p> <p>...</p> <p>18) ... составлять вероятностную модель и интерпретировать полученный результат;</p> |
| <p><b>Информатика (базовый уровень)</b></p> <p><b>«Информатика» (базовый уровень) – требования к предметным результатам освоения базового курса информатики должны отражать:</b></p> <p>3) владение умением понимать программы, написанные на выбранном для изучения универсальном алгоритмическом языке высокого уровня; знанием основных конструкций программирования; умением анализировать алгоритмы с использованием таблиц;</p> | <p><b>По учебному предмету «Информатика» (базовый уровень) требования к предметным результатам освоения базового курса информатики должны отражать:</b></p> <p>1) ... умение характеризовать большие данные, приводить примеры источников их получения и направления использования;</p> <p>...</p> <p>7) владение теоретическим аппаратом, позволяющим ... определять кратчайший путь во взвешенном графе и количество путей между вершинами ориентированного ациклического графа;</p> <p>8) умение читать и понимать программы, реализующие несложные алгоритмы обработки числовых и текстовых данных (в том числе массивов и символьных строк) на выбранном для изучения универсальном языке программирования высокого уровня (Паскаль, Python, Java, C++, C#);</p> <p>9) умение реализовывать на выбранном для изучения языке программирования высокого уровня (Паскаль, Python, Java, C++, C#) типовые алгоритмы обработки чисел, числовых последовательностей и массивов: представление числа в виде набора простых сомножителей; нахождение максимальной</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>(минимальной) цифры натурального числа, записанного в системе счисления с основанием не превышающем 10; вычисление обобщенных характеристик массива или числовой последовательности и т.д.;</p> <p>...</p> <p>12) ...понимание возможностей и ограничений технологий искусственного интеллекта в различных областях;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Информатика (углубленный уровень)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>«Информатика» (углубленный уровень) – требования к предметным результатам освоения углубленного курса информатики должны включать требования к результатам освоения базового курса и дополнительно отражать:</b></p> <p>3) владение универсальным языком программирования высокого уровня (по выбору), представлениями о базовых типах данных и структурах данных; умением использовать основные управляющие конструкции;</p> <p>9) владение опытом построения и использования компьютерно-математических моделей, проведения экспериментов и статистической обработки данных с помощью компьютера, интерпретации результатов, получаемых в ходе моделирования реальных процессов; умение оценивать числовые параметры моделируемых объектов и процессов, пользоваться базами данных и справочными системами;</p> <p>10) сформированность умения работать с библиотеками программ; наличие опыта использования компьютерных средств представления и анализа данных.</p> <p><b>В «Информатике» (базовый и углубленный уровни) нет упоминаний про искусственный интеллект</b></p> | <p><b>По учебному предмету «Информатика» (углубленный уровень) требования к предметным результатам освоения углубленного курса информатики должны отражать требования к результатам освоения базового курса и дополнительно отражать:</b></p> <p>1) умение классифицировать основные задачи анализа данных (прогнозирование, классификация, кластеризация, анализ отклонений); понимать последовательность решения задач анализа данных: сбор первичных данных, очистка и оценка качества данных, выбор и/или построение модели, преобразование данных, визуализация данных, интерпретация результатов;</p> <p>...</p> <p>5) ...умение решать алгоритмические задачи, связанные с анализом графов (задачи построения оптимального пути между вершинами графа, определения количества различных путей между вершинами ориентированного ациклического графа); умение использовать деревья при анализе и построении кодов и для представления арифметических выражений, при решении задач поиска и сортировки; умение строить дерево игры по заданному алгоритму; разрабатывать и обосновывать выигрышную стратегию игры;</p> <p>...</p> <p>7) ... владение универсальном языке программирования высокого уровня (Паскаль, Python, Java, C++, C#);</p> |



Таб. П.2.2.

| <b>ПРИМЕРНАЯ ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА<br/>СРЕДНЕГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ</b><br><b>одобрена решением федерального учебно-методического объединения<br/>по общему образованию (протокол от 28 июня 2016 г. № 2/16-з)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Математика: Алгебра и начала анализа 10-11 кл.</b><br>«Примерные программы содержат сравнительно новый для российской школы раздел «Вероятность и статистика». К этому разделу относятся также сведения из логики, комбинаторики и теории графов, значительно варьирующиеся в зависимости от типа программы (базовый/углубленный уровень)».                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Основная базовая программа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Углубленный уровень                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Раздел. Вероятность и статистика. Работа с данными</b><br>Повторение. Решение задач на табличное и графическое представление данных. Использование свойств и характеристик числовых наборов: средних, наибольшего и наименьшего значения, размаха, дисперсии. Решение задач на определение частоты и вероятности событий. Вычисление вероятностей в опытах с равновероятными элементарными исходами. Решение задач с применением комбинаторики. Решение задач на вычисление вероятностей независимых событий, применение формулы сложения вероятностей. Решение задач с применением диаграмм Эйлера, дерева вероятностей, формулы Бернулли. Условная вероятность. Правило умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Дискретные случайные величины и распределения. Независимые случайные величины. Распределение суммы и произведения независимых случайных величин. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины. Математическое ожидание и дисперсия суммы случайных величин. Геометрическое распределение. Биномиальное распределение и его свойства. Непрерывные случайные величины. Понятие о плотности вероятности. Равномерное распределение. Показательное распределение, его параметры. Понятие о нормальном распределении. Параметры нормального распределения. Примеры случайных величин, подчиненных нормальному закону (погрешность измерений, рост человека). Неравенство Чебышева. Теорема Бернулли. Закон больших чисел. Выборочный метод измерения вероятностей. Роль закона больших чисел в науке, природе и обществе. Ковариация двух случайных величин. Понятие о коэффициенте корреляции. Совместные наблюдения двух случайных величин. Выборочный коэффициент корреляции. | <b>Раздел. Вероятность и статистика, логика, теория графов и комбинаторика</b><br>Повторение. Использование таблиц и диаграмм для представления данных. Решение задач на применение описательных характеристик числовых наборов: средних, наибольшего и наименьшего значения, размаха, дисперсии и стандартного отклонения. Вычисление частот и вероятностей событий. Вычисление вероятностей в опытах с равновероятными элементарными исходами. Использование комбинаторики. Вычисление вероятностей независимых событий. Использование формулы сложения вероятностей, диаграмм Эйлера, дерева вероятностей, формулы Бернулли. Вероятностное пространство. Аксиомы теории вероятностей. Условная вероятность. Правило умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Формула Байеса. Дискретные случайные величины и распределения. Совместные распределения. Распределение суммы и произведения независимых случайных величин. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины. Математическое ожидание и дисперсия суммы случайных величин. Бинарная случайная величина, распределение Бернулли. Геометрическое распределение. Биномиальное распределение и его свойства. Гипергеометрическое распределение и его свойства. Непрерывные случайные величины. Плотность вероятности. Функция распределения. Равномерное распределение. Показательное распределение, его параметры. Распределение Пуассона и его применение. Нормальное распределение. Функция Лапласа. Параметры нормального распределения. Примеры случайных величин, подчиненных нормальному закону (погрешность измерений, рост человека). Центральная предельная теорема. Неравенство Чебышева. Теорема Чебышева и теорема Бернулли. Закон больших чисел. Выборочный метод измерения вероятностей. Роль закона больших чисел в науке, природе и обществе. Ковариация двух случайных величин. Понятие о коэффициенте корреляции. Совместные наблюдения двух случайных величин. Выборочный коэффициент корреляции. Линейная регрессия. Статистическая гипотеза. Статистика критерия и ее уровень значимости. Проверка простейших гипотез. Эмпирические распределения и их связь с теоретическими распределениями. Ранговая корреляция. Построение соответствий. Инъективные и сюръективные соответствия. Биекции. Дискретная непрерывность. Принцип |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>Дирихле. Кодирование. Двоичная запись. Основные понятия теории графов. Деревья. Двоичное дерево. Связность. Компоненты связности. Пути на графе. Эйлеровы и Гамильтоновы пути.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Информатика 10-11 кл.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Базовый уровень</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Углубленный уровень</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>Раздел. Математические основы информатики</b></p> <p><b>Параграф. Дискретные объекты</b></p> <p>Решение алгоритмических задач, связанных с анализом графов (примеры: построения оптимального пути между вершинами ориентированного ациклического графа; определения количества различных путей между вершинами). Использование графов, деревьев, списков при описании объектов и процессов окружающего мира. Бинарное дерево.</p> <p><b>Раздел. Использование программных систем и сервисов</b></p> <p><b>Параграф. Компьютер – универсальное устройство обработки данных</b></p> <p>Распределенные вычислительные системы и обработка больших данных. Организация хранения и обработки данных, в том числе с использованием интернет-сервисов, облачных технологий и мобильных устройств.</p> <p><b>Параграф. Системы искусственного интеллекта и машинное обучение</b></p> <p>Машинное обучение – решение задач распознавания, классификации и предсказания. Искусственный интеллект.</p> | <p><b>Раздел. Математические основы информатики</b></p> <p><b>Параграф. Дискретизация</b></p> <p>Измерения и дискретизация. Частота и разрядность измерений. Универсальность дискретного представления информации. Дискретное представление звуковых данных. Многоканальная запись. Размер файла, полученного в результате записи звука. Дискретное представление статической и динамической графической информации. Сжатие данных при хранении графической и звуковой информации.</p> <p><b>Параграф. Дискретные объекты</b></p> <p>Решение алгоритмических задач, связанных с анализом графов (примеры: построения оптимального пути между вершинами ориентированного ациклического графа; определения количества различных путей между вершинами). Обход узлов дерева в глубину. Упорядоченные деревья (деревья, в которых упорядочены ребра, выходящие из одного узла). Использование деревьев при решении алгоритмических задач (примеры: анализ работы рекурсивных алгоритмов, разбор арифметических и логических выражений). Бинарное дерево. Использование деревьев при хранении данных. Использование графов, деревьев, списков при описании объектов и процессов окружающего мира.</p> <p><b>Раздел. Информационно-коммуникационные технологии и их использование для анализа данных</b></p> <p><b>Параграф. Аппаратное и программное обеспечение компьютера</b></p> <p>Распределенные вычислительные системы и обработка больших данных.</p> <p><b>Параграф. Системы искусственного интеллекта и машинное обучение</b></p> <p>Машинное обучение – решение задач распознавания, классификации и предсказания. Искусственный интеллект. Анализ данных с применением методов машинного обучения. Экспертные и рекомендательные системы. Большие данные в природе и технике (геномные данные, результаты физических экспериментов, интернет-данные, в частности данные социальных сетей). Технологии их обработки и хранения.</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Из «Примерная рабочая программа среднего общего образования» 10-11 кл., одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол 7/22 от 29.09.2022)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Учебный предмет «Математика»</b><br><b>Учебный курс «Вероятность и статистика»</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Базовый уровень</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Углубленный уровень</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>В учебном плане на изучение курса «Вероятность и статистика» на базовом уровне отводится 1 учебный час в неделю в течение каждого года обучения, всего 70 учебных часов.</p> <p>«... в структуре учебного курса «Вероятность и статистика» средней школы на базовом уровне выделены следующие основные содержательные линии: «Случайные события и вероятности», «Случайные величины и закон больших чисел». Важную часть курса занимает изучение геометрического и биномиального распределений и знакомство с их непрерывными аналогами — показательным и нормальным распределениями.»</p> <p><b>Содержание учебного курса (по годам обучения)</b><br/> <b>Планируемые предметные результаты освоения примерной рабочей программы (по годам обучения)</b></p> <p><b>10 класс</b></p> <p>Представление данных с помощью таблиц и диаграмм. Среднее арифметическое, медиана, наибольшее и наименьшее значения, размах, дисперсия и стандартное отклонение числовых наборов.</p> <p>Случайные эксперименты (опыты) и случайные события. Элементарные события (исходы). Вероятность случайного события. Близость частоты и вероятности событий. Случайные опыты с равновероятными элементарными событиями. Вероятности событий в опытах с равновероятными элементарными событиями.</p> <p>Операции над событиями: пересечение, объединение, противоположные события. Диаграммы Эйлера. Формула сложения вероятностей.</p> <p>Условная вероятность. Умножение вероятностей. Дерево случайного эксперимента. Формула полной вероятности. Независимые события.</p> <p>Комбинаторное правило умножения. Перестановки и факториал. Число сочетаний. Треугольник Паскаля. Формула бинома Ньютона.</p> <p>Бинарный случайный опыт (испытание), успех и неудача. Независимые испытания. Серия независимых испытаний до первого успеха. Серия независимых испытаний Бернулли. Случайная величина. Распределение вероятностей. Диаграмма распределения. Примеры распределений, в том числе, геометрическое и биномиальное.</p> <p><b>Освоение учебного курса «Вероятность и статистика» на базовом уровне среднего общего образования должно обеспечивать достижение следующих предметных образовательных результатов:</b></p> | <p>В учебном плане на изучение учебного курса «Вероятность и статистика» на углублённом уровне отводится 1 учебный час в неделю в течение каждого года обучения, всего 70 учебных часов.</p> <p>«...в структуре учебного курса «Вероятность и статистика» средней школы на углублённом уровне выделены основные содержательные линии: «Случайные события и вероятности» и «Случайные величины и закон больших чисел. Помимо основных линий в курс включены элементы теории графов и теории множеств, необходимые для полноценного освоения материала данного учебного курса и смежных математических учебных курсов.»</p> <p><b>Содержание учебного курса (по годам обучения)</b><br/> <b>Планируемые предметные результаты освоения примерной рабочей программы (по годам обучения)</b></p> <p><b>10 класс</b></p> <p>Граф, связный граф, пути в графе: циклы и цепи. Степень (валентность) вершины. Графы на плоскости. Деревья.</p> <p>Случайные эксперименты (опыты) и случайные события. Элементарные события (исходы). Вероятность случайного события. Близость частоты и вероятности событий. Случайные опыты с равновероятными элементарными событиями.</p> <p>Операции над событиями: пересечение, объединение, противоположные события. Диаграммы Эйлера. Формула сложения вероятностей.</p> <p>Условная вероятность. Умножение вероятностей. Дерево случайного эксперимента. Формула полной вероятности. Формула Байеса. Независимые события.</p> <p>Бинарный случайный опыт (испытание), успех и неудача. Независимые испытания. Серия независимых испытаний до первого успеха. Перестановки и факториал. Число сочетаний. Треугольник Паскаля. Формула бинома Ньютона.</p> <p>Серия независимых испытаний Бернулли. Случайный выбор из конечной совокупности. Случайная величина. Распределение вероятностей. Диаграмма распределения. Операции над случайными величинами. Бинарная случайная величина. Примеры распределений, в том числе геометрическое и биномиальное.</p> <p><b>Освоение учебного курса «Вероятность и статистика» на уровне среднего общего образования должно обеспечивать достижение следующих предметных образовательных результатов:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Свободно оперировать понятиями: граф, плоский граф, связный граф, путь в графе,</li> </ul> |

- Читать и строить таблицы и диаграммы.
- Оперировать понятиями: среднее арифметическое, медиана, наибольшее, наименьшее значение, размах массива числовых данных.
- Оперировать понятиями: случайный эксперимент (опыт) и случайное событие, элементарное событие (элементарный исход) случайного опыта; находить вероятности в опытах с равновероятными случайными событиями, находить и сравнивать вероятности событий в изученных случайных экспериментах.
- Находить и формулировать события: пересечение и объединение данных событий, событие, противоположное данному событию; пользоваться диаграммами Эйлера и формулой сложения вероятностей при решении задач.
- Оперировать понятиями: условная вероятность, независимые события; находить вероятности с помощью правила умножения, с помощью дерева случайного опыта.
- Применять комбинаторное правило умножения при решении задач.
- Оперировать понятиями: испытание, независимые испытания, серия испытаний, успех и неудача; находить вероятности событий в серии независимых испытаний до первого успеха; находить вероятности событий в серии испытаний Бернулли.
- Оперировать понятиями: случайная величина, распределение вероятностей, диаграмма распределения.

### 11 класс

Числовые характеристики случайных величин: математическое ожидание, дисперсия и стандартное отклонение. Примеры применения математического ожидания, в том числе в задачах из повседневной жизни. Математическое ожидание бинарной случайной величины. Математическое ожидание суммы случайных величин. Математическое ожидание и дисперсия геометрического и биномиального распределений.

Закон больших чисел и его роль в науке, природе и обществе. Выборочный метод исследований. Примеры непрерывных случайных величин. Понятие о плотности распределения. Задачи, приводящие к нормальному распределению. Понятие о нормальном распределении.

**Освоение учебного курса «Вероятность и статистика» на базовом уровне среднего общего образования должно обеспечивать достижение следующих предметных образовательных результатов:**

- Сравнивать вероятности значений случайной величины по распределению или с помощью диаграмм.
- Оперировать понятием математического ожидания; приводить примеры, как применяется математическое ожидание случайной величины

цепь, цикл, дерево, степень вершины, дерево случайного эксперимента.

- Свободно оперировать понятиями: случайный эксперимент (опыт), случайное событие, элементарное случайное событие (элементарный исход) случайного опыта; находить вероятности событий в опытах с равновероятными элементарными событиями.
- Находить и формулировать события: пересечение, объединение данных событий, событие, противоположное данному; использовать диаграммы Эйлера, координатную прямую для решения задач; пользоваться формулой сложения вероятностей для вероятностей двух и трёх случайных событий.
- Оперировать понятиями: условная вероятность, умножение вероятностей, независимые события, дерево случайного эксперимента; находить вероятности событий с помощью правила умножения, дерева случайного опыта, использовать формулу полной вероятности, формулу Байеса при решении задач; определять независимость событий по формуле и по организации случайного эксперимента.
- Применять изученные комбинаторные формулы для перечисления элементов множеств, элементарных событий случайного опыта, решения задач по теории вероятностей.
- Свободно оперировать понятиями: бинарный случайный опыт (испытание), успех и неудача, независимые испытания, серия испытаний; находить вероятности событий: в серии испытаний до первого успеха; в серии испытаний Бернулли; в опыте, связанном со случайным выбором из конечной совокупности.
- Свободно оперировать понятиями: случайная величина, распределение вероятностей, диаграмма распределения, бинарная случайная величина, геометрическое, биномиальное распределение.

### 11 класс

Совместное распределение двух случайных величин. Независимые случайные величины.

Математическое ожидание случайной величины (распределения). Примеры применения математического ожидания (страхование, лотерея). Математическое ожидание бинарной случайной величины. Математическое ожидание суммы случайных величин. Математическое ожидание геометрического и биномиального распределений.

Дисперсия и стандартное отклонение случайной величины (распределения). Дисперсия бинарной случайной величины. Математическое ожидание произведения и дисперсия суммы независимых случайных величин. Дисперсия и стандартное отклонение биномиального распределения. Дисперсия и стандартное отклонение геометрического распределения.

|                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>находить математическое ожидание по данному распределению.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Иметь представление о законе больших чисел.</li> <li>• Иметь представление о нормальном распределении.</li> </ul> | <p>Неравенство Чебышёва. Теорема Чебышёва. Теорема Бернулли. Закон больших чисел. Выборочный метод исследований. Выборочные характеристики. Оценивание вероятности события по выборочным данным. Проверка простейших гипотез с помощью изученных распределений.</p> <p>Непрерывные случайные величины. Примеры. Функция плотности вероятности распределения. Равномерное распределение и его свойства. Задачи, приводящие к показательному распределению. Задачи, приводящие к нормальному распределению. Функция плотности вероятности показательного распределения, функция плотности вероятности нормального распределения. Функция плотности и свойства нормального распределения.</p> <p>Последовательность одиночных независимых событий. Задачи, приводящие к распределению Пуассона.</p> <p>Ковариация двух случайных величин. Коэффициент линейной корреляции. Совместные наблюдения двух величин. Выборочный коэффициент корреляции. Различие между линейной связью и причинно-следственной связью. Линейная регрессия, метод наименьших квадратов.</p> <p><b>Освоение учебного курса «Вероятность и статистика» на уровне среднего общего образования должно обеспечивать достижение следующих предметных образовательных результатов:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Оперировать понятиями: совместное распределение двух случайных величин; использовать таблицу совместного распределения двух случайных величин для выделения распределения каждой величины, определения независимости случайных величин.</li> <li>• Свободно оперировать понятием математического ожидания случайной величины (распределения); применять свойства математического ожидания при решении задач; вычислять математическое ожидание биномиального и геометрического распределений.</li> <li>• Свободно оперировать понятиями: дисперсия, стандартное отклонение случайной величины; применять свойства дисперсии случайной величины (распределения) при решении задач; вычислять дисперсию и стандартное отклонение геометрического и биномиального распределений.</li> <li>• Вычислять выборочные характеристики по данной выборке и оценивать характеристики генеральной совокупности данных по выборочным характеристикам. Оценивать вероятности событий и проверять простейшие статистические гипотезы, пользуясь изученными распределениями.</li> </ul> |
| <b>Учебный предмет «Информатика»</b>                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Базовый уровень</b>                                                                                                                                                                                                       | <b>Углубленный уровень</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Базовый уровень изучения информатики обеспечивает подготовку учащихся, ориентированных на те специальности, в которых информационные технологии являются необходимыми инструментами профессиональной                         | В рамках углублённого уровня изучения информатики обеспечивается целенаправленная подготовка выпускников средней школы к продолжению образования в высших учебных заведениях по специальностям, непосредственно                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



деятельности; участие в проектной и исследовательской деятельности, связанной с междисциплинарной и творческой тематикой.

#### Предметные результаты

- умение характеризовать большие данные, приводить примеры источников их получения и направления использования;
- владение теоретическим аппаратом, позволяющим ... определять кратчайший путь во взвешенном графе и количество путей между вершинами ориентированного ациклического графа;
- умение читать и понимать программы, реализующие несложные алгоритмы обработки числовых и текстовых данных (в том числе массивов и символьных строк) на выбранном для изучения универсальном языке программирования высокого уровня (Паскаль, Python, Java, C++, C#);
- умение реализовывать на выбранном для изучения языке программирования высокого уровня (Паскаль, Python, Java, C++, C#) типовые алгоритмы обработки чисел, числовых последовательностей и массивов: представление числа в виде набора простых сомножителей; нахождение максимальной (минимальной) цифры натурального числа, записанного в системе счисления с основанием, не превышающим 10; вычисление обобщённых характеристик элементов массива или числовой последовательности (суммы, произведения, среднего арифметического, минимального и максимального элементов; количества элементов, удовлетворяющих заданному условию); сортировку элементов массива;
- понимание возможностей и ограничений технологий искусственного интеллекта в различных областях

#### 10 класс

##### Раздел. Цифровая грамотность

Распределённые вычислительные системы и обработка больших данных.

#### 11 класс

##### Раздел. Теоретические основы информатики

Графы. Основные понятия. Виды графов. Решение алгоритмических задач, связанных с анализом графов (построение оптимального пути между вершинами графа; определение количества различных путей между вершинами ориентированного ациклического графа).

Деревья. Бинарное дерево. Дискретные игры двух игроков с полной информацией. Построение дерева перебора вариантов; описание стратегии игры в табличной форме. Выигрышные стратегии. Использование графов и деревьев при описании объектов и процессов окружающего мира.

##### Раздел. Алгоритмы и программирование

Язык программирования (Паскаль, Python, Java, C++, C#). Основные конструкции языка программирования. Типы данных: целочисленные,

связанным с цифровыми технологиями, таким как программная инженерия; информационная безопасность; информационные системы и технологии; мобильные системы и сети; большие данные и машинное обучение; промышленный интернет вещей; искусственный интеллект; технологии беспроводной связи; робототехника; квантовые технологии; системы распределённого реестра; технологии виртуальной и дополненной реальности.

#### Предметные результаты

- умение характеризовать большие данные, приводить примеры источников их получения и направления использования; умение классифицировать основные задачи анализа данных (прогнозирование, классификация, кластеризация, анализ отклонений); понимать последовательность решения задач анализа данных: сбор первичных данных, очистка и оценка качества данных, выбор и/или построение модели, преобразование данных, визуализация данных, интерпретация результатов;
- умение решать алгоритмические задачи, связанные с анализом графов (задачи построения оптимального пути между вершинами графа, определения количества различных путей между вершинами ориентированного ациклического графа); умение использовать деревья при анализе и построении кодов и для представления арифметических выражений, при решении задач поиска и сортировки; умение строить дерево игры по заданному алгоритму; разрабатывать и обосновывать выигрышную стратегию игры;
- владение универсальным языком программирования высокого уровня (Python, Java, C++, C#), представлениями о базовых типах данных и структурах данных; умение использовать основные управляющие конструкции; умение осуществлять анализ предложенной программы: определять результаты работы программы при заданных исходных данных; определять, при каких исходных данных возможно получение указанных результатов; выявлять данные, которые могут привести к ошибке в работе программы; формулировать предложения по улучшению программного кода;
- понимание возможностей и ограничения применения технологий искусственного интеллекта в различных областях, наличие представлений о круге решаемых задач машинного обучения (распознавания, классификации и прогнозирования).

#### 10 класс

##### Раздел. Цифровая грамотность

Распределённые вычислительные системы и обработка больших данных.

##### Раздел. Алгоритмы и программирование

Язык программирования (Python, Java, C++, C#). Типы данных: целочисленные, вещественные, символьные, логические. Ветвления. Сложные

вещественные, символичные, логические. Ветвления. Составные условия. Циклы с условием. Циклы по переменной. Использование таблиц трассировки. Разработка и программная реализация алгоритмов решения типовых задач базового уровня.

### Раздел. Информационные технологии

Анализ данных. Основные задачи анализа данных: прогнозирование, классификация, кластеризация, анализ отклонений. Последовательность решения задач анализа данных: сбор первичных данных, очистка и оценка качества данных, выбор и/или построение модели, преобразование данных, визуализация данных, интерпретация результатов. **Интеллектуальный анализ данных.**

Средства искусственного интеллекта. Сервисы машинного перевода и распознавания устной речи. Идентификация и поиск изображений, распознавание лиц. Самообучающиеся системы. Искусственный интеллект в компьютерных играх. Использование методов искусственного интеллекта в обучающих системах. Использование методов искусственного интеллекта в робототехнике. Интернет вещей. Перспективы развития компьютерных интеллектуальных систем.

условия. Циклы с условием. Циклы по переменной. Взаимозаменяемость различных видов циклов. Инвариант цикла. Составление цикла с использованием заранее определённого инварианта цикла.

Разработка программ для решения простых задач анализа данных (очистка данных, классификация, анализ отклонений).

### Раздел. Информационные технологии

Анализ данных. Основные задачи анализа данных: прогнозирование, классификация, кластеризация, анализ отклонений. Последовательность решения задач анализа данных: сбор первичных данных, очистка и оценка качества данных, выбор и/или построение модели, преобразование данных, визуализация данных, интерпретация результатов. Программные средства и интернет-сервисы для обработки и представления данных. Большие данные. Машинное обучение. *Интеллектуальный анализ данных.*

### 11 класс

### Раздел. Теоретические основы информатики

Графы. Основные понятия. Виды графов. Описание графов с помощью матриц смежности, весовых матриц, списков смежности. Решение алгоритмических задач, связанных с анализом графов (построение оптимального пути между вершинами графа; определение количества различных путей между вершинами ориентированного ациклического графа).

Деревья. Бинарное дерево. Деревья поиска. Способы обхода дерева. Представление арифметических выражений в виде дерева. Дискретные игры двух игроков с полной информацией. Построение дерева перебора вариантов; описание стратегии игры в табличной форме. Выигрышные и проигрышные позиции. Выигрышные стратегии.

**Средства искусственного интеллекта. Сервисы машинного перевода и распознавания устной речи.**

Когнитивные сервисы. Идентификация и поиск изображений, распознавание лиц.

**Самообучающиеся системы. Искусственный интеллект в компьютерных играх.** Использование методов **искусственного интеллекта** в обучающих системах. Использование методов **искусственного интеллекта** в робототехнике. Интернет вещей. Перспективы развития компьютерных интеллектуальных систем. **Нейронные сети.**

### Раздел. Алгоритмы и программирование

Алгоритмы на графах. Построение минимального остовного дерева взвешенного связного неориентированного графа. *Обход графа в глубину. Обход графа в ширину.* Количество различных путей между вершинами ориентированного ациклического графа. Алгоритм Дейкстры. *Алгоритм Флойда—Воршалла.*

Деревья. Реализация дерева с помощью ссылочных структур. Двоичные (бинарные) деревья. Построение дерева для заданного арифметического



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>выражения. Рекурсивные алгоритмы обхода дерева. Использование стека и очереди для обхода дерева.</p> <p>Динамическое программирование как метод решения задач с сохранением промежуточных результатов. Задачи, решаемые с помощью динамического программирования: вычисление рекурсивных функций, подсчёт количества вариантов, задачи оптимизации.</p> <p><b>Раздел. Информационные технологии</b></p> <p>Обработка результатов эксперимента. Метод наименьших квадратов. Оценка числовых параметров моделируемых объектов и процессов. Восстановление зависимостей по результатам эксперимента.</p> <p>Вероятностные модели. Методы Монте-Карло. Имитационное моделирование. Системы массового обслуживания.</p> <p>Основы языка HTML и каскадных таблиц стилей (CSS). Сценарии на языке JavaScript.</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **Launching the first specialist degree program in mathematical artificial intelligence at the Faculty of Mathematics and Mechanics of St. Petersburg State University based on the analysis of the federal state educational standard for schools and programs of leading Russian universities**

Kuznetsov N.V.<sup>1,2\*</sup>, Alexeeva T.A.<sup>1,3</sup>, E.V. Kudryashova<sup>1</sup>, Mokaev R.N.<sup>1</sup>, Mokaev T.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Mathematics and Mechanics, Saint Petersburg State University

<sup>2</sup>Russian Academy of Sciences

<sup>3</sup>Department of Mathematics, National Research University Higher School of Economics, Saint Petersburg

\*nkuznetsov239@mail.ru

**Abstract.** Leading Russian universities already have substantial experience in training AI developers to solve a wide range of applied problems important for the economy and industry. The next stage in the development of the AI sector targets breakthrough solutions, which calls for educating researchers and elite architects of advanced AI models for cutting-edge scientific and technological developments and for tackling applied tasks in complex high-tech domains. Our analysis of contemporary AI degree programs at leading Russian universities shows the advantages of the integrated specialist degree for forming a complete core of the mathematical foundations of fundamental AI and for bridging the gaps that arise with the bachelor–master split. These advantages are reinforced by the 2022 Federal State Educational Standards for general secondary education, which set the prerequisites for AI-oriented disciplines and enable an end-to-end pathway: school – specialist degree – postgraduate studies – academy/industry. The analysis and materials presented here contribute to the broader strategic task of developing the national system of mathematical education in AI at the federal level.

**Keywords:** Mathematics; artificial intelligence; bachelor’s degree; specialist degree.

**Acknowledgements** The authors thank M.Ya. Pratushevich, Director of the Presidential Physics and Mathematics Lyceum No. 239, for discussions and comments; colleagues from the Russian Academy of Sciences and university leadership (Academicians I.A. Kalyaev, N.Yu. Lukoyanov, I.A. Sokolov, I.A. Taimanov; Corresponding Members A.V. Ilyin, O.A. Plekhov, O.A. Stepanov; St Petersburg University Vice-Rector, Corresponding Member D.G. Arsenev; Innopolis University Rector, Corresponding Member A.V. Gasnikov; Astrakhan State University Rector D.K. Mamiy; ITMO University Vice-Rector V.O. Nikiforov; Southern Federal University Rector I.K. Shevchenko), representatives of industrial partners (Sber, T-Bank, Yandex, Central Research Institute "Electropribor"), the Committee on Science and Higher Education of the Government of St Petersburg, and many other colleagues—researchers, teachers, and practitioners.

The work was supported by the Russian Science Foundation, grant no.25-11-00147, <https://rscf.ru/project/25-11-00147/>.