

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

и.о. ректора

М.В. Румянцев

« 07 » 08 2025 г.

**Дополнительная профессиональная программа
(программа профессиональной переподготовки)**

«Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях»

Красноярск 2025

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Нормативная правовая основа Программы

Дополнительная профессиональная программа (программа профессиональной переподготовки) ИТ-профиля «Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях» (далее — Программа) разработана в соответствии с нормами Федерального закона РФ от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»; с постановлением Правительства РФ от 11 октября 2023 г. № 1678 «Об утверждении Правил применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»; приказом Минобрнауки России от 19 октября 2020 г. № 1316 «Об утверждении порядка разработки дополнительных профессиональных программ, содержащих сведения, составляющие государственную тайну, и дополнительных профессиональных программ в области информационной безопасности» (далее – приказ Минобрнауки России № 1316); методические рекомендации по разработке основных профессиональных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов (утв. Минобрнауки России 22 января 2015 г. № ДЛ-1/05вн); с учетом требований приказа Минобрнауки России от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам», с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 15 ноября 2013 г. № 1244 «О внесении изменений в Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 июля 2013 г. № 499»; приказа Министерства образования и науки РФ от 23 августа 2017 г. № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»; паспорта федерального проекта «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»; постановления Правительства Российской Федерации от 13 мая 2021 г. № 729 «О мерах по реализации программы стратегического лидерства «Приоритет-2030» (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 14 марта 2022 г. № 357 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 13 мая 2021 г. № 729»); приказа Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 28 февраля 2022 г. № 143 «Об утверждении методик расчета показателей федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и признании утратившими силу некоторых приказов Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций

Российской Федерации об утверждении методик расчета показателей федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»; федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Минобрнауки России от 19 сентября 2017 г. № 926, (далее — ФГОС ВО), а также профессионального стандарта 06.042 «Специалист по большим данным», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 6 июля 2020 г. N 405н.

Профессиональная переподготовка заинтересованных лиц (далее — Слушатели), осуществляемая в соответствии с Программой, имеющей отраслевую направленность «Информационно-аналитическое программное обеспечение», проводится в ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (далее — Университет) в соответствии с учебным планом в очно-заочной форме обучения.

Разделы, включенные в учебный план Программы, используются для последующей разработки календарного учебного графика, учебно-тематического плана, рабочих программ модулей (дисциплин), оценочных и методических материалов. Перечисленные документы разрабатываются Университетом самостоятельно, с учетом актуальных положений законодательства об образовании, законодательства в области информационных технологий и смежных областей знаний ФГОС ВО и профессионального стандарта 06.042 «Специалист по большим данным».

1.2. Цель программы

Целью ДПП ПП является формирование у слушателей, обучающихся по ОП ВО – программам бакалавриата и программам специалитета (начиная со 2 курса), программам магистратуры (начиная с 1 курса) по специальностям и направлениям подготовки, имеющим отраслевую направленность «Образование и наука» цифровых компетенций в области информационных технологий, а именно разработка и применение методов машинного обучения для решения задач, а также приобретение по итогам прохождения Программы новой квалификации «Инженер по машинному обучению».

1.3 Требования к поступающим

К обучению по Программе допускаются обучающиеся за счет бюджетных средств или по договорам об оказании платных образовательных услуг, освоившие программы бакалавриата в объеме не менее 1 курса (бакалавры 2 курса) или программы специалитета в объеме не менее 1 курса (специалисты 2 курса), или программы магистратуры (магистры) по специальностям и направлениям подготовки, имеющим отраслевую направленность «Образование и наука».

1.4. Характеристика новой квалификации и связанных с ней видов профессиональной деятельности, трудовых функций и(или) уровней квалификации

1.4.1. Область профессиональной деятельности слушателя, прошедшего обучение по программе профессиональной переподготовки, в которой может осуществлять профессиональную деятельность: разработка и применение методов машинного обучения для решения прикладных задач.

Выпускники могут осуществлять профессиональную деятельность в других областях и (или) сферах профессиональной деятельности при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям к квалификации работника.

1.4.2. Объекты профессиональной деятельности: методы машинного обучения.

Виды профессиональной деятельности: создание и применение технологий больших данных.

1.4.3. Уровень квалификации. В соответствии с приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 6 июля 2020 г. «Об утверждении Профессионального стандарта «Специалист по большим данным», дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки «Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях» обеспечивает достижение 6 уровня квалификации.

1.4.4. Компетенции (трудовые функции) в соответствии с профессиональным стандартом (формирование новых или совершенствование имеющихся)

Программа разработана в соответствии с актуальными квалификационными требованиями, профессиональными стандартами специалистов. Виды профессиональной деятельности, трудовые функции, указанные в профессиональном стандарте 06.042 «Специалист по большим данным», представлены в таблицах 1–2.

Характеристика новой квалификации, связанной с видом профессиональной деятельности и трудовыми функциями в соответствии с профессиональным стандартом 06.042 «Специалист по большим данным»

Трудовые действия	Трудовая функция	Обобщенная трудовая функция	Вид профессиональной деятельности
Разработка, обсуждение и утверждение содержания аналитических работ с использованием технологий больших данных	А/02.6 Планирование и организация аналитических работ с использованием технологий больших данных	А Анализ больших данных с использованием существующей в организации методологической и технологической инфраструктуры	Создание и применение технологий больших данных
Определение источников больших данных для анализа, идентификация внешних и внутренних источников данных для проведения аналитических работ	А/03.6 Подготовка данных для проведения аналитических работ по исследованию больших данных		
Получение и фильтрация больших объемов данных из гетерогенных источников			
Извлечение, проверка и очистка больших объемов данных из гетерогенных источников			
Оценка соответствия набора данных предметной области и задачам аналитических работ			
Выбор методов и инструментальных средств анализа больших данных для проведения аналитических работ	А/04.6 Проведение аналитического исследования с применением технологий больших данных в соответствии с требованиями заказчика		
Разработка, поверка, оценка используемых моделей больших данных			
Выбор средств представления результатов аналитики больших данных			

Таблица 2

Характеристика новой и развиваемой цифровой компетенции в ИТ-сфере, связанной с уровнем формирования и развития в результате освоения программы «Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях»

Наименование сферы	Тип компетенции	Наименование компетенции	Номер компетенции (ID)	БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ Способность проявляется под внешним контролем / при внешней постановке задачи/ обучающийся пользуется готовыми, рекомендованными продуктами
Средства программной разработки	Компетенция применима в различных отраслях экономики	Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	28	Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов
Искусственный интеллект и машинное обучение	Компетенция применима в различных отраслях экономики	Осуществляет сбор и подготовку данных для обучения моделей искусственного интеллекта	170	Осуществляет критический отбор данных, проверяя их на целостность и непротиворечивость. Использует методы поиска данных и достоверные источники данных

Искусственный интеллект и машинное обучение	Компетенция применима в различных отраслях экономики	Разрабатывает модули машинного обучения (МО) для решения задач	171	Применяет принципы и методы МО при решении задач, сопоставляет классы задач МО задачам предметной области при внешней постановке задачи
---	--	--	-----	---

Структура образовательных результатов

ID и формулировка целевого уровня формирования компетенций	Промежуточные образовательные результаты		
	Опыт практической деятельности (ОПД)	Умения (У)	Знания (З)
28. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	Разработка и внедрение скриптов на Python для решения прикладных задач. Создание простых программ для обработки и анализа данных.	- Умение писать и отлаживать код на Python, используя различные структуры данных. - Способность использовать библиотеки для анализа данных (NumPy, Pandas) и визуализации (Matplotlib, Seaborn).	- Знание основ синтаксиса Python, включая переменные, типы данных и управляющие конструкции. - Понимание принципов работы с библиотеками Python для анализа данных и визуализации результатов.

170. Осуществляет сбор и подготовку данных для обучения моделей искусственного интеллекта	Проведение разведочного анализа данных: визуальный анализ данных, расчет корреляции, расчет описательных статистик. - Обработка пропусков и выбросов: удаление или замена по выбранному правилу. - Кодирование признаков: бинарное, порядковое, one-hot кодирование. - Масштабирование и нормализация признаков, разбиение выборки на train/test.	- Построение графиков распределений, boxplot и корреляционных матриц с использованием библиотек Matplotlib и Seaborn; - Анализ данных и выявление проблем (пропуски, выбросы, несоответствия) с использованием библиотеки Pandas; - Масштабирование данных (StandardScaler, MinMaxScaler) с помощью библиотеки scikit-learn; - Кодирование категориальных признаков с помощью библиотеки scikit-learn; - Разбиение данных на обучающую, валидационную и тестовую выборки (scikit-learn).	- Этапы подготовки данных: очистка, трансформация, масштабирование. - Методы кодирования и нормализации данных. - Способы обработки пропущенных значений. - Правила формирования обучающих/тестовых/валидационных выборок.
--	---	---	--

171. Разрабатывает модули машинного обучения (МО) для решения задач	- Построение и тестирование моделей машинного обучения. - Сравнение моделей по метрикам. - Работа с задачами мультиклассовой классификации. - Решение задач регрессии. - Решение задачи кластеризации.	- Обучение и оценка моделей машинного обучения под разные типы задач с использованием scikit-learn (LogisticRegression, RandomForest, KMeans и др.). - Выбор подходящих алгоритмов для задач классификации, регрессии и кластеризации. - Настройка параметров моделей с помощью GridSearchCV и RandomizedSearchCV (scikit-learn). - Визуализация результатов работы моделей (графики ошибок, метрики, матрица ошибок). - Построение пайплайнов обучения с использованием Pipeline.	- Типы задач ИИ: классификация, регрессия, кластеризация. - Алгоритмы обучения с учителем: логистическая регрессия, деревья, случайный лес. - Метрики оценки качества моделей. - Проблемы переобучения и способы борьбы с ним.
--	--	--	---

1.5. Требования к материально-техническому обеспечению, необходимому для реализации дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки (требования к аудитории, компьютерному классу, программному обеспечению)

Обучение производится на платформе электронного обучения СФУ «е-Курсы» (<https://e.sfu-kras.ru/>). Используются сервисы вебинаров и видеоконференций.

При проведении лекций, практических занятий, самостоятельной работы слушателей и практики используется следующее оборудование: компьютер с наушниками или аудиоколонками, микрофоном и веб-камерой, высокоскоростное подключение к Интернет (не менее 5 Мбит/с).

Программное обеспечение: браузер Google Chrome, Anaconda, PyCharm Community.

1.6. Особенности (принципы) построения дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки

Особенности построения программы переподготовки «Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях»:

- в основу проектирования программы положен компетентностный подход;
- выполнение учебных заданий, требующих практического применения знаний и умений, полученных в ходе изучения логически связанных дисциплин;
- выполнение итоговых аттестационных работ по реальному заданию;
- использование информационных и коммуникационных технологий, в том числе современных систем технологической поддержки процесса обучения, обеспечивающих комфортные условия для обучающихся, преподавателей;
- применение электронных образовательных ресурсов (дистанционное, электронное, комбинированное обучение и пр.).

В поддержку дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки разработан электронный курс <https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=35455>.

1.7. Особенности организации практики

Практика слушателей дополнительной профессиональной программы переподготовки «Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях» представляет собой вид учебной деятельности, непосредственно ориентированный на профессионально-практическую подготовку слушателей. Практика осуществляется в целях формирования и закрепления профессиональных умений и навыков, полученных в результате теоретической подготовки.

Сроки проведения практики устанавливаются графиком учебного процесса в объеме 40 часов в конце процесса обучения в соответствии с утвержденным в установленном порядке учебно-тематическим планом.

В рамках очно-заочной формы обучения на основе дистанционных технологий практика осуществляется в online форме (в формате разработки приложения с использованием технологий машинного обучения).

1.8. Документ об образовании: диплом о переподготовке установленного образца.

УЧЕБНЫЙ ПЛАН
дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки
«Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях»

Форма обучения – очно-заочная.

Срок обучения – 256 часов.

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, ч.	Всего контактн., ч.	Контактные часы			СРС, ч.	Формы контроля
				Лекции	Лаборат. работы	Практические и семинарские занятия		
1	Основы языка Python	32	16	4	–	12	16	Зачет
2	Машинное обучение	112	56	14	–	42	56	Зачет
3	Глубокое обучение	48	24	6	–	18	24	Зачет
4	Практика	40	36	–	–	36	4	Зачет
4	Итоговая аттестация	24	8	–	–	8	16	Защита итоговой аттестационной работы (проекта)
	Итого	256	140	24	–	116	116	

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН
дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки
«Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях»

Категория слушателей: лица, имеющие или получающие среднее профессиональное или высшее образование.

Срок обучения: 256 часов.

Форма обучения: очно-заочная.

Режим занятий: 6 часов в неделю.

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, ч.	Всего контактн., ч.	Контактные часы			СРС, ч.	Результаты обучения
				Лекции	Лаборат. работы	Практические и семинарские занятия		
1	Основы языка Python	32	16	4	-	12	16	PO4-PO7
1.1	Переменные, основные типы данных, структуры данных, строки, массивы. Условные конструкции и циклы. Функции.	16	8	2	-	6	8	PO7
1.2	Введение в библиотеки для аналитики данных	16	8	2	-	6	8	PO4-PO6
2	Машинное обучение	112	56	14	-	42	56	PO1-PO7
2.1	Введение в машинное обучение	16	8	2	-	6	8	PO1, PO5
2.2	Предварительная обработка и разведочный анализ данных	16	8	2	-	6	8	PO2-PO4
2.3	Задача классификации	16	8	2	-	6	8	PO5-PO7
2.4	Задача восстановления регрессии	16	8	2	-	6	8	PO5-PO7
2.5	Задача кластеризации	16	8	2	-	6	8	PO5-PO7
2.6	Деревья решений и ансамбли моделей	16	8	2	-	6	8	PO5-PO7
2.7	Рекомендательные системы	16	8	2	-	6	8	PO5-PO7
3	Глубокое обучение	48	24	6	-	18	24	PO5-PO7
3.1	Введение в глубокое обучение	16	8	2	-	6	8	PO5-PO7
3.2	Сверточные нейронные сети	16	8	2	-	6	8	PO5-PO7
3.3	Рекуррентные нейронные сети	16	8	2	-	6	8	PO5-PO7
4	Практика	40	36	-	-	36	4	PO1-PO7
5	Итоговая аттестация	24	8	-	-	8	16	PO1-PO7

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, ч.	Всего контактн., ч.	Контактные часы			СРС, ч.	Результаты обучения
				Лекции	Лаборат. работы	Практические и семинарские занятия		
	Итого	256	140	24	-	116	116	

Календарный учебный график
дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки
«Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях»

Наименование модулей (курсов) Объем учебной нагрузки, ч.	2025-26 учебный год																																											
	сентябрь					октябрь					ноябрь				декабрь				январь				февраль				март				апрель				май				июнь					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41-53	42	43	44	
Основы языка Python																																												
Машинное обучение																			К	К																								
Глубокое обучение																																												
Практика																																												
Итоговая аттестация																																												

II. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Обучение по программе профессиональной переподготовки «Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях» реализовано в формате смешанного обучения, с применением активных технологий совместного обучения в электронной среде (синхронные и асинхронные занятия). Лекционный материал представляется в виде комплекса мини-видеолекций, записей занятий, текстовых материалов, презентаций, размещаемых в системе электронного обучения СФУ «е-Курсы» (<https://e.sfu-kras.ru>). Данные материалы сопровождаются заданиями и дискуссиями в чате программы. Изучение теоретического материала (СРС) предполагается до и после синхронной части работы.

Материально-технические условия реализации дисциплины

Синхронные занятия реализуются на базе инструментов видеоконференцсвязи и включают в себя практические занятия, сочетающие в себе ответы на вопросы, связанные с материалом лекции, в формате дискуссий, а также групповую и индивидуальную работу. Для проведения синхронных занятий (вебинаров со спикерами) применяется программа видеоконференцсвязи SaluteJazz.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Программа может быть реализована как очно, так и заочно, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий. Она включает занятия лекционного типа, семинарские, активные и ситуативные методы обучения.

По программе разработан электронный учебно-методический комплекс (УМК) — электронный курс в системе электронного обучения СФУ «е-Курсы». Обучающиеся могут дополнить представленные материалы, подключая к учебной работе иные источники информации, освещающие обсуждаемые проблемы.

Содержание комплекта учебно-методических материалов

Учебно-методический комплекс содержит: систему навигации по программе (учебно-тематический план, интерактивный график работы по программе, сведения о результатах обучения, о преподавателе дисциплины, чат для объявлений и вопросов преподавателю), набор презентации к лекциям, набор ссылок на внешние образовательные ресурсы и инструменты, систему заданий с подробными инструкциями, списки основной и дополнительной литературы. В электронном курсе реализована система обратной связи, а также онлайн-площадки для взаимного обучения.

Виды и содержание самостоятельной работы

Выполнение самостоятельной работы слушателями предполагается в дистанционном режиме в рамках электронного курса, размещенного в системе электронного обучения СФУ. Самостоятельно слушателями изучаются представленные кейсы с лучшими практиками, дополнительные

ссылки и материалы по темам курса, а также краткие резюмирующие материалы, дополнительные инструкции в различных форматах (видео, скринкасты, подкасты, интерактивные справочники, текстовые пояснения).

Также слушатели самостоятельно проводят анализ и систематизацию материала в рамках выполнения практических заданий и решения ситуаций. Для оценки уровня усвоения изученного учебного материала, слушатели проходят контрольные тесты.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Учебно-методическое обеспечение, в т.ч. электронные ресурсы сети Интернет

Модуль 1. Основы языка Python

1. Официальная документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.python.org>.
2. Чернышев С. Основы программирования на Python: учеб. пособие для вузов. – М.: Litres, 2021.
3. Маккинли У. Python и анализ данных. – Саратов: Профобразование, 2019. – 482 с.
4. Мэтиз Э. Изучаем Python: программирование игр, визуализация данных, веб-приложения. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2020. – 512 с.
5. Доусон М. Програмируем на Python. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2023. – 416 с.
6. Лутц М. Изучаем Python. — 5-е изд. — СПб.: Питер, 2022. — 1600 с.

Модуль 2. Машинное обучение

1. Бурков А. Машинное обучение без лишних слов. Библиотека программиста. – М., 2020. – 192 с.
2. Грас Д. Data Science. Наука о данных с нуля: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.
3. Джоши П. Искусственный интеллект с примерами на Python. – М., 2019. – 448 с.
4. Мирджалили В., Рашка С. Python и машинное обучение. Машинное и глубокое обучение с использованием Python, scikit-learn и TensorFlow. – М., 2020. – 848 с.
5. Мыльников Л.А. Статистические методы интеллектуального анализа данных. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021 – 240 с.
6. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными. – М., 2017. – 480 с.
7. Плас Дж. В. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. – СПб.: Петербург, 2018 – 576 с.
8. Силен Д., Мейсман А., Али М. Основы Data Science и Big Data, Python и наука о данных. – М., 2017. – 336 с.
9. Скиена С. Наука о данных: учебный курс. Пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2020. – 544 с.

10. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных: пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.

11. Хастис Т., Тибришани Р. Основы статистического обучения: интеллектуальный анализ данных, логический вывод и прогнозирование. – М., 2020. – 768 с.

12. Элбон К. Машинное обучение с использованием Python. Сборник рецептов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 384 с.

13. Пател, Анкур. Прикладное машинное обучение без учителя с использованием Python: Пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2020. – 432 с.

14. Коэльо Луис Педро, Ричарт Вилли. Построение систем машинного обучения на языке Python. 2-е изд. / Пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 302 с.

Модуль 3. Глубокое обучение

1. Будума Н. Основы глубокого обучения. Создание алгоритмов для искусственного интеллекта следующего поколения / Н. Будума, Н. Локашо; пер. с англ. А. Коробейникова; [науч. ред. А. Созыкин]. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020. – 304 с.

2. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

3. Келлехер Д. Д. Глубокое обучение. Самый краткий и понятный курс / Д.Д. Келлехер; [перевод с англ. М.А. Райтман]. – М.: Эксмо, 2022. – 160 с.

4. Николенко С., Кадурын А., Архангельская Е. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.

5. Паттерсон Дж., Гибсон А. Глубокое обучение с точки зрения практика / пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 418 с.

7. Траск Э. Грожаем глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2019. – 352 с.

8. Шолле Франсуа Глубокое обучение на Python. – СПб.: Питер, 2018. – 400 с.

IV. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

4.1. Формы аттестации, оценочные материалы, методические материалы

Программа предусматривает проведение текущей и итоговой аттестации. Текущая аттестация слушателей проводится по дисциплинам на основе выполнения заданий в электронном обучающем курсе.

Методические материалы, необходимые для выполнения текущих заданий, представлены в соответствующих элементах электронного обучающего курса и включают описание задания, методические рекомендации по его выполнению, критерии оценивания.

4.2. Требования и содержание итоговой аттестации

После завершения обучения по Программе обучающиеся допускаются к итоговой аттестации. Аттестация проводится с участием представителей профильных индустриальных партнеров. Итоговая аттестация по программе включает представление итоговой аттестационной работы (ИАР) в форме проекта. Основная цель итоговой аттестационной работы— выполнить работу, демонстрирующую уровень подготовленности к самостоятельной профессиональной деятельности.

ИАР выполняется индивидуально или в группах по 2-4 человека. Слушатель предоставляет результат выполненной работы в формате PDF, оформленной и отвечающей требованиям к содержанию итоговой аттестационной работы. Список использованных источников литературы приводится в конце ИАР. Документ прикрепляется в организационный электронный курс программы профессиональной переподготовки. В итоговой аттестационной работе должны быть четко обозначены область и актуальность работы, постановка задачи, приведены результаты, полученные слушателем. Требования и содержание итоговой аттестации изложены в методических указаниях к выполнению ИАР и размещаются на платформе электронных курсов СФУ.

Выполнение итоговой аттестационной работы является обязательным.

По результатам выполнения ИАР аттестационная комиссия принимает решение о предоставлении слушателям по результатам освоения дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки права заниматься профессиональной деятельностью в сфере разработки программного обеспечения и выдаче диплома о профессиональной переподготовке.

Примерные темы ИАР

Вариант 1. Автоматическая классификация радиосигналов

Описание. Целью проекта является разработка и обучение моделей машинного обучения для автоматического распознавания и классификации радиосигналов различных типов (например, AM, FM, BPSK, QPSK, шум и др.) на основе их временных или спектральных представлений. Задача включает сбор или генерацию датасета сигналов, их преобразование (например, спектрограмма/вэйвлет-преобразование), обучение модели и оценку качества классификации.

Компетенции, оцениваемые в задании:

1. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	
Показатели оценки	Оценка/норма

Использование языка программирования	Оценка: проект реализован на языке Python с использованием необходимых библиотек. Норма: применяются основные библиотеки: NumPy, pandas, matplotlib, seaborn, PyTorch.
Реализация алгоритма	Оценка: логика построения модели и предобработки реализована корректно. Норма: код структурирован по этапам: загрузка, обработка, обучение, вывод.
Визуализация результатов	Оценка: выполнена визуализация данных и результатов обучения. Норма: построены графики сигналов, спектров, кривых обучения, матриц ошибок.
2. Осуществляет сбор и подготовку данных для обучения моделей искусственного интеллекта	
Сбор/генерация данных	Оценка: получен датасет, пригодный для обучения модели. Норма: не менее 1000 примеров на каждый класс.
Предобработка и преобразование сигналов	Оценка: выполнена нормализация и преобразование данных (например, БПФ, спектрограммы). Норма: применены методы, позволяющие выделить характеристики сигнала.
Разделение на выборки	Оценка: выполнено разбиение на обучающую и тестовую выборки. Норма: соблюдено соотношение (например, 80/20), обеспечен контроль сбалансированности.
3. Разрабатывает модули машинного обучения (МО) для решения задач	
Выбор модели	Оценка: обоснован выбор модели Норма: выполнен подбор гиперпараметров модели
Обучение и валидация модели	Оценка: модель обучена, метрики рассчитаны. Норма: представлены accuracy, confusion matrix, графики обучения/валидации.

Анализ и интерпретация результатов	Оценка: дана интерпретация результатов модели. Норма: указаны сильные и слабые стороны модели, предложены пути доработки.
------------------------------------	--

Вариант 2. Распознавание структур в изображениях, полученных методом оптической микроскопии

Описание. Целью проекта является автоматическое выделение и классификация микроструктурных объектов (например, клеток, пор, зерен, волокон) в изображениях, полученных с помощью оптического микроскопа. Задача включает в себя сбор изображений, аугментацию, построение модели глубокого обучения, обучение модели и анализ точности распознавания.

Компетенции, оцениваемые в задании:

1. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	
Показатели оценки	Оценка/норма
Использование языка программирования	Оценка: проект реализован на языке Python с использованием необходимых библиотек. Норма: применяются основные библиотеки: NumPy, pandas, matplotlib, seaborn, PyTorch.
Реализация алгоритма	Оценка: структура кода соответствует этапам обработки изображений и построения модели. Норма: реализованы функции загрузки, обработки, обучения и тестирования.
Визуализация результатов	Оценка: выполнена визуализация данных и результатов обучения. Норма: визуализированы примеры распознавания: выделенные контуры, тепловые карты, метки.
2. Осуществляет сбор и подготовку данных для обучения моделей искусственного интеллекта	
Сбор/аннотирование изображений	Оценка: собран и размечен набор микроскопических изображений. Норма: не менее 500 изображений с пометками классов или масок.

Предобработка изображений	Оценка: применены методы подготовки изображений. Норма: выполнены преобразования: изменение размера, нормализация, фильтрация, контраст.
Аугментация данных	Оценка: выполнена генерация новых изображений. Норма: использованы техники: поворот, отражение, шум, увеличение яркости.
3. Разрабатывает модули машинного обучения (МО) для решения задач	
Выбор модели	Оценка: обоснован выбор модели Норма: выполнен подбор гиперпараметров модели
Обучение и валидация модели	Оценка: выполнено обучение и тестирование модели. Норма: приведены метрики: accuracy, IoU, precision, recall, графики обучения.
Анализ и интерпретация результатов	Оценка: выполнен анализ качества распознавания. Норма: сделаны выводы, предложены пути улучшения модели, указаны ошибки классификации.

Вариант 3. Прогнозирование нагрузки на базовые станции мобильной связи

Описание. Цель — разработка и обучение модели машинного обучения для прогнозирования нагрузки (например, объема трафика, числа пользователей, числа сессий) на базовые станции мобильной связи по историческим данным. Такая модель может использоваться операторами связи для оптимизации распределения ресурсов, планирования модернизаций и предотвращения перегрузок.

Компетенции, оцениваемые в задании:

1. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	
Показатели оценки	Оценка/норма
Использование языка программирования	Оценка: проект реализован на языке Python с использованием необходимых библиотек.

	Норма: применяются основные библиотеки: NumPy, pandas, matplotlib, seaborn, PyTorch.
Реализация логики анализа и прогноза	Оценка: корректная реализация предобработки, построения модели и прогноза. Норма: структура кода соответствует этапам: загрузка → обработка → обучение → предсказание.
Визуализация результатов	Оценка: выполнена визуализация данных и результатов обучения. Норма: представлены графики с историческими и предсказанными значениями по времени.
2. Осуществляет сбор и подготовку данных для обучения моделей искусственного интеллекта	
Сбор или генерация временных рядов	Оценка: собраны или смоделированы временные ряды значений нагрузки. Норма: минимум 1 неделя данных с интервалом не менее 1 часа по нескольким базовым станциям.
Предобработка временных рядов	Оценка: применены методы подготовки временных рядов. Норма: выполнено заполнение пропусков, удаление выбросов, приведение к единому временному интервалу.
Подготовка выборок для обучения	Оценка: данные разбиты на обучающую и тестовую выборки. Норма: учтена сезонность, соблюден временной порядок, применены лаговые признаки.
3. Разрабатывает модули машинного обучения (МО) для решения задач	
Выбор модели	Оценка: обоснован выбор модели Норма: указаны гиперпараметры, форма входных данных, проведено сравнение подходов
Обучение и валидация модели	Оценка: выполнено обучение и тестирование модели. Норма: представлены RMSE, MAE, R^2 , графики отклонений между

	реальными и предсказанными значениями.
Анализ и интерпретация результатов	Оценка: сделан анализ результатов прогноза. Норма: сделаны выводы, предложены пути улучшения модели.

Вариант 4. Анализ экспрессии генов: кластеризация и визуализация профилей активности

Описание. Целью проекта является выявление групп генов с похожими профилями экспрессии на основе данных РНК-секвенирования (RNA-Seq) или микрочипов. Для этого используются методы кластеризации (например, k-средних, иерархическая кластеризация, t-SNE, UMAP) и визуализации (тепловые карты, дендрограммы).

Компетенции, оцениваемые в задании:

1. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	
Показатели оценки	Оценка/норма
Использование языка программирования	Оценка: проект реализован на языке Python с использованием необходимых библиотек. Норма: применяются основные библиотеки: NumPy, pandas, matplotlib, seaborn, PyTorch.
Реализация кластеризации	Оценка: алгоритм кластеризации корректно реализован и применён к подготовленным данным. Норма: использован один или несколько алгоритмов кластеризации, реализован подбор параметров, кластерные метки успешно сопоставлены с исходными данными.
Визуализация результатов	Оценка: результаты кластеризации визуализированы с применением подходящих методов. Норма: построены наглядные графики, отражающие структуру данных.

2. Осуществляет сбор и подготовку данных для обучения моделей искусственного интеллекта	
Загрузка и фильтрация данных	Оценка: получен и подготовлен валидный датасет экспрессии. Норма: минимум 1 неделя данных с интервалом не менее 1 часа по нескольким базовым станциям.
Масштабирование и нормализация	Оценка: применена нормализация. Норма: данные приведены к единому масштабу, применены методы log-преобразования и центрирования.
Обоснование выбора признаков	Оценка: указано, какие гены/условия используются. Норма: проведён отбор признаков по дисперсии, активности или биологической значимости.
3. Разрабатывает модули машинного обучения (МО) для решения задач	
Выбор модели	Оценка: обоснован выбор модели Норма: указаны гиперпараметры модели
Интерпретация результатов кластеризации	Оценка: выполнен анализ составов кластеров. Норма: описаны биологические особенности кластеров, возможная функциональная интерпретация.
Качество и полнота результата	Оценка: представленные результаты обоснованы, интерпретированы и подкреплены визуализациями. Норма: представлены ключевые метрики качества модели, графические материалы (графики, диаграммы, тепловые карты), даны интерпретации результатов и сформулированы выводы, соответствующие целям задачи.

Вариант 5. Анализ телеметрических данных радиолокационной станции

Описание. Цель — провести анализ телеметрических данных, поступающих с радиолокационной станции (РЛС), с целью выявления закономерностей, оценки технического состояния и обнаружения аномалий (например, перегрева, потерь мощности, нестабильной работы антенны,

нарушений синхронизации и т.п.). Анализ может включать визуализацию временных и амплитудных параметров, построение временных рядов, расчёт статистических метрик.

Компетенции, оцениваемые в задании:

1. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	
Показатели оценки	Оценка/норма
Использование языка программирования	Оценка: проект реализован на языке Python с использованием необходимых библиотек. Норма: применяются основные библиотеки: NumPy, pandas, matplotlib, seaborn, PyTorch.
Реализация анализа	Оценка: корректно реализованы функции загрузки, обработки и анализа телеметрических данных. Норма: структура кода соответствует логике анализа: от чтения логов до финальных графиков.
Визуализация параметров	Оценка: построены графики ключевых параметров. Норма: есть графики изменения температуры, напряжения, фазы, частоты и др. по времени.
2. Осуществляет сбор и подготовку данных для обучения моделей искусственного интеллекта	
Загрузка и очистка телеметрических данных	Оценка: данные успешно импортированы и структурированы. Норма: выполнено заполнение пропусков, удаление выбросов, приведение к единому временному интервалу.
Стандартизация и нормализация	Оценка: данные приведены к единому масштабу. Норма: применена нормализация, сглаживание, удаление выбросов, расчёт производных признаков.
Формирование признаков	Оценка: выделены ключевые параметры для анализа.

	Норма: сформированы временные признаки, разности, скользящие средние и т.д.
3. Разрабатывает модули машинного обучения (МО) для решения задач	
Выбор модели	Оценка: обоснован выбор модели Норма: обоснован выбор алгоритма, описаны параметры и методика оценки.
Обучение модели и интерпретация вывода	Оценка: модель обучена на корректных данных, результат интерпретирован. Норма: представлена карта аномалий, анализ их причин, предложены меры реагирования.
Общий вывод по результатам	Оценка: вывод подтверждён полученными данными. Норма: представлены рекомендации по мониторингу, профилактике или модернизации РЛС.

Эти темы могут быть адаптированы в зависимости от интересов студентов и специфики их обучения. Обучающиеся предоставляется право самостоятельно определить тему ИАР. Приветствуется выбор темы итогового проекта, связанный с профессиональной деятельностью студента по основному направлению подготовки или специальности.

Требования к содержанию пояснительной записки ИАР

1. Введение. Описание задачи.
2. Обзорная часть. Описание используемого алгоритма машинного обучения/архитектуры нейронной сети.
3. Постановка задачи машинного обучения.
4. Описание набора данных и шагов по его подготовке для обучения модели.
5. Описание архитектуры модели(моделей) и метода обучения.
6. Оценка качества обучения, графики.
7. Заключение. Описание достигнутых результатов, если использовалось несколько моделей, сравнение качества их работы.
8. Список использованных источников.
9. Приложение. Полный код решения.

Этапы выполнения ИАР задаются графиком выполнения и контролируются руководителем. Примерный список основных этапов выполнения проекта представлен ниже:

1. Выбор темы ИАР. В начале обучения за студентом закрепляется руководитель итоговой работы, который прорабатывает тему. При

выборе темы итогового проекта берется во внимание вопросы, связанные с профессиональной деятельностью студента по основному направлению подготовки или специальности.

2. Формулировка цели и задач ИАР работы. Обоснование актуальности выбранного направления работы.
3. Поиск аналогичных решений, формирование концепции предлагаемых подходов, методов.
4. Выбор и/или проектирование программного, технического и иных видов обеспечений для достижения цели и решения задач ИАР.
5. Разработка программной реализации проекта, проведение практических испытаний и анализ результатов.
6. Формирование итоговой аттестационной работы.
7. Представление ИАР аттестационной комиссии.

Критерии оценивания итоговой аттестационной работы

Оценка «отлично» ставится, если слушатель применил полученные навыки проектирования инструментальных средств анализа данных для решения прикладной задачи системно на экспертном уровне. Контролировал весь цикл программной разработки итогового проекта.

Оценка «хорошо» ставится, если слушатель при выполнении ИАР самостоятельно разработал отдельные модули итогового проекта.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если слушатель при выполнении ИАР под контролем преподавателя разработал программное обеспечение.

III. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА дисциплины (модуля) «Основы языка Python»

1. Аннотация

В рамках освоения модуля «Основы языка Python» слушатели освоят базовые конструкции и инструменты языка программирования Python, необходимые для анализа данных. В процессе обучения они научатся работать с табличными данными, выполнять первичную обработку выборок, применять базовые методы описательной статистики, рассчитывать статистические характеристики распределений с использованием средств языка Python и соответствующих библиотек. Особое внимание будет уделено практическому применению статистических методов для решения прикладных задач в различных предметных областях.

Цель дисциплины (результаты обучения)

По окончании обучения на данной дисциплине слушатели будут способны:

РО4. Проводить оценку соответствия набора данных предметной области и задачам аналитических работ.

РО5. Выбирать методы и инструментальные средства анализа данных для проведения аналитических работ.

РО6. Разрабатывать, проверять и оценивать используемые модели данных.

РО7. Выбирать средства представления результатов аналитики данных.

2. Содержание

№, наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
Модуль 1. Основы языка Python (32 часа)			
Переменные, основные типы данных, структуры данных, строки, массивы. Условные конструкции и циклы. Функции (16 ч.)	Введение в Python. Переменные и типы данных. Структуры данных: списки, кортежи, множества, словари. Условные конструкции и циклы. Функции. (2 ч.)	<i>Задание 1.</i> Выполнение простых операций с переменными и строками. Решение задач на преобразование типов. Работа с коллекциями: добавление, удаление,	Изучение дополнительного материала по темам: Переменные и типы данных. Структуры данных: списки, кортежи, множества, словари. Условные конструкции и циклы. Функции. Тестирование (8 ч.)

№, наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
		сортировка, срезы, вложенные структуры. Написание программ с ветвлением и циклами. Решение задач на генерацию чисел и подсчёты. Создание пользовательских функций. Использование встроенных функций. (6 ч.)	
Введение в библиотеки для аналитики данных (16 ч.)	NumPy: массивы и операции над ними. Matplotlib и Seaborn: визуализация данных. Pandas: работа с табличными данными (DataFrame и Series, фильтрация, группировка, агрегация) (2 ч.)	<i>Задание 2.</i> Создание и модификация массивов. Выполнение арифметических операций, агрегация данных. Построение графиков, сравнение Seaborn и Matplotlib. Импорт набора данных, очистка, сортировка, фильтрация.	Изучение дополнительного материала по темам: NumPy: массивы и операции над ними. Matplotlib и Seaborn: визуализация данных. Pandas: работа с табличными данными. Тестирование (8 ч.)

3. Условия реализации программы дисциплины

Организационно-педагогические условия реализации программы

Обучение по программе реализовано в формате смешанного обучения, с применением активных технологий совместного обучения в электронной среде (синхронные и асинхронные занятия). Лекционный материал представляется в виде синхронных лекций, записей занятий, текстовых материалов, презентаций, размещаемых в электронном курсе. Данные материалы сопровождаются заданиями и дискуссиями в чатах дисциплин. Изучение теоретического материала (СРС) предполагается до и после синхронной части работы.

Материально-технические условия реализации программы

Синхронные занятия реализуются на базе инструментов видеоконференцсвязи и включают в себя лекционные и практические занятия. Для проведения синхронных занятий (вебинаров со спикерами) применяется программа видеоконференцсвязи. При проведении лекций, практических занятий, самостоятельной работы слушателей используется следующее оборудование: компьютер с наушниками или аудиоколонками, микрофоном и веб-камерой. Программное обеспечение (обновленное до последней версии): браузер Google Chrome, текстовый редактор.

Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

Дисциплина может быть реализована как очно, так и заочно, в том числе, с применением дистанционных образовательных технологий. Она включает занятия лекционного типа, интерактивные формы обучения, практические занятия.

Содержание комплекта учебно-методических материалов

По данной дисциплине имеется электронный учебно-методический комплекс (УМК) в системе электронных курсов СФУ. УМК содержит: систему навигации по дисциплине (учебно-тематический план, интерактивный график работы по дисциплине, сведения о результатах обучения, чат для объявлений и вопросов преподавателю), текстовые материалы к лекциям, практические и тестовые задания, списки основной и дополнительной литературы. В электронном курсе реализована система обратной связи.

Литература

1. Официальная документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.python.org>.
2. Чернышев С. Основы программирования на Python: учеб. пособие для вузов. – М.: Litres, 2021.
3. Маккинли У. Python и анализ данных. – Саратов: Профобразование, 2019. – 482 с.
4. Мэттиз Э. Изучаем Python: программирование игр, визуализация данных, веб-приложения. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2020. – 512 с.
5. Доусон М. Програмируемо на Python. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2023. – 416 с.
6. Лутц М. Изучаем Python. — 5-е изд. — СПб.: Питер, 2022. — 1600 с.

4. Оценка качества освоения программы дисциплины (формы аттестации, оценочные и методические материалы)

Форма аттестации по дисциплине — зачет.

Оценка результатов обучения осуществляется следующим образом. Максимально за курс можно набрать 100 баллов, из них:

- тесты самоконтроля к лекциям — 40 %;
- практические задания составляют — 60 %.

Зачет получают слушатели, набравшие не менее 50 % из 100 от общего прогресса по курсу.

Примеры тестовых заданий

1. Что делает следующий код?

```
import numpy as np
a = np.array([1, 2, 3])
b = np.array([4, 5, 6])
print(np.dot(a, b))
```

- а) Создает матрицу 3×2
- б) Вычисляет скалярное произведение векторов
- в) Возвращает координатное произведение
- г) получим ошибку, т.к. массивы одномерные

2. Что делает следующий код.

```
import seaborn as sns
tips = sns.load_dataset("tips")
sns.boxplot(x="day", y="total_bill", data=tips)
```

- а) Строит линейный график расходов по дням
- б) Показывает распределение значений total_bill по дням недели
- в) Показывает средние значения total_bill
- г) Строит диаграмму рассеяния

3. Какой метод в pandas используется для получения первых 5 строк DataFrame?

- а) .first(5)
- б) .start(5)
- в) .head(5)
- г) .top(5)

Типовое практическое задание

Сгенерировать вектор длины 1000 элементов, элементами которого являются реализации нормально распределенной случайной величины с заданными параметрами (математическое ожидание и стандартное отклонение выбрать случайным образом). Подсчитать основные описательные характеристики: минимум и максимум, мат. ожидание, дисперсия, стандартное отклонение, квантили уровней 0.95 и 0.99, медиана, коэффициенты асимметрии, эксцесса. Визуализировать полученные выборки, используя гистограммы. Построить оценки плотностей и визуализировать их. Исследовать отклонение статистического мат. ожидания от заданного при росте объема выборки.

Критерии оценивания заданий

Баллы	3 балла	4 балла	5 баллов
Критерий	Задание выполнено частично, требует серьезной доработки	Задание выполнено, но требует некоторой доработки	Задание выполнено полностью, не требует доработки

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

«Машинное обучение»

1. Аннотация

В рамках освоения модуля «Машинное обучение» слушатели познакомятся с основными принципами и методикой анализа данных, основными принципами сбора и подготовки исходных данных, задачей классификации и методами ее решения, основами регрессионного анализа, задачей и методами кластеризации, основными задачами и методами анализа временных рядов, научатся применять изученные методы анализа данных при решении реальных практических задач, овладеют навыками разработки инструментальных средств анализа данных.

Цель дисциплины (результаты обучения)

По окончании обучения на данной дисциплине слушатели будут способны:

РО1. Разрабатывать содержание аналитических работ с использованием технологий больших данных.

РО2. Получать и фильтровать данные из гетерогенных источников.

РО3. Извлекать, проверять и чистить данные из гетерогенных источников.

РО4. Проводить оценку соответствия набора данных предметной области и задачам аналитических работ.

РО5. Выбирать методы и инструментальные средства анализа данных для проведения аналитических работ.

РО6. Разрабатывать, проверять и оценивать используемые модели данных.

РО7. Выбирать средства представления результатов аналитики данных.

2. Содержание

№, наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
Модуль 2. Машинное обучение (112 часов)			
2.1. Введение в машинное обучение (16 ч.)	Введение в машинное обучение. Обучение моделей «с учителем» и «без учителя». Обучающее и тестовое множество. Эффект переобучения и недообучения.	Введение в машинное обучение на языке Python (6 ч.). <i>Задание 1.</i> Изучение основных инструментов языка программирования	Изучение дополнительного материала по темам: Введение в машинное обучение. Обучение моделей «с учителем» и «без учителя». Обучающее и тестовое множество. Эффект переобучения

№, наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
	Смещение и разброс. Функция потерь и функционал качества. Метод перекрестной проверки. Основные этапы проектов машинного обучения. Особенности накопления выборки данных и количественная его оценка. Разметка данных. Оценка качества работы моделей. (2 ч.)	Python для анализа данных	и недообучения. Смещение и разброс. Функция потерь и функционал качества. Метод перекрестной проверки. Основные этапы проектов машинного обучения. Особенности накопления выборки данных и количественная его оценка. Разметка данных. Оценка качества работы моделей. Тестирование (8 ч.)
2.2. Предварительная обработка и разведочный анализ данных (16 ч.)	Ключевые задачи в подготовке данных. Восстановление пропущенных значений. Обнаружение выбросов. Балансировка данных. Обработка категориальных признаков. Масштабирование признаков. Визуализация выборочных данных. Столбиковая диаграмма. Линейный график. Гистограмма. Полигон частот. График плотности распределения вероятностей. График «ящик с усами». Круговая диаграмма. Кольцевая диаграмма. Лепестковая диаграмма.	Предварительная обработка и разведочный анализ данных на языке Python (6 ч.). <i>Задание 2.</i> Проверка правдоподобности исходных данных. Поиск аномальных значений. Поиск и восстановление пропущенных значений. Преобразование данных. Визуализация данных	Изучение дополнительного материала по темам: Ключевые задачи в подготовке данных. Восстановление пропущенных значений. Обнаружение выбросов. Балансировка данных. Обработка категориальных признаков. Масштабирование признаков. Визуализация выборочных данных. Столбиковая диаграмма. Линейный график. Гистограмма. Полигон частот. График плотности распределения вероятностей. График «ящик с усами». Круговая диаграмма. Кольцевая диаграмма. Лепестковая диаграмма. Радиальные диаграммы. Диаграммы

№, наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
	Радиальные диаграммы. Диаграммы рассеяния. Описательная статистика для переменных. Поиск связей между переменными (2 ч.)		рассеяния. Описательная статистика для переменных. Поиск связей между переменными. Тестирование (8 ч.)
2.3. Задача классификации (16 ч.)	Постановка задачи классификации. Байесовская теория принятия решений. Логистическая регрессия. Метод ближайших соседей. Метрики оценки качества в задаче классификации (2 ч.)	Классификация данных на языке Python (6 ч.). <i>Задание 3.</i> Обучение моделей классификации. Подбор оптимальных параметров моделей. Оценка качества построенных моделей	Изучение дополнительного материала по темам: Постановка задачи классификации. Байесовская теория принятия решений. Логистическая регрессия. Метод ближайших соседей. Метрики оценки качества в задаче классификации. Тестирование (8 ч.)
2.4. Задача восстановления регрессии (16 ч.)	Постановка задачи восстановления регрессии. Простая линейная регрессия. Множественная линейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Метрики оценки качества в задаче восстановления регрессии (2 ч.)	Выполнение регрессионного анализа на языке Python (6 ч.). <i>Задание 4.</i> Построение регрессионных моделей. Подбор оптимальных параметров моделей. Оценка качества построенных моделей	Изучение дополнительного материала по темам: Постановка задачи восстановления регрессии. Простая линейная регрессия. Множественная линейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Метрики оценки качества в задаче восстановления регрессии. Тестирование (8 ч.)
2.5. Деревья решений и ансамбли моделей (16 ч.)	Введение в деревья решений. Алгоритмы построения деревьев решений. Редукция решающих деревьев. Ансамблевые методы: Бэггинг,	Построения деревьев решений и ансамблей алгоритмов на языке Python (6 ч.). <i>Задание 5.</i> Построение моделей на основе деревьев решений	Изучение дополнительного материала по темам: Введение в деревья решений. Алгоритмы построения деревьев решений. Редукция решающих деревьев. Ансамблевые методы:

№, наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
	бустинг, стекинг (2 ч.)	и ансамблей алгоритмов (беггинг, бустинг и стекинг) для решения задачи классификации. Подбор оптимальных параметров моделей. Оценка качества построенных моделей	Бэггинг, бустинг, стекинг. Тестирование (8 ч.)
2.6. Кластеризация (16 ч.)	Постановка задачи кластеризации. Графовые методы кластеризации. Иерархическая кластеризация. Статистические методы кластеризации (2 ч.)	Выполнение кластерного анализа на языке Python (6 ч.). <i>Задание 6.</i> Построение моделей кластеризации данных. Подбор оптимальных параметров моделей. Оценка качества построенных моделей	Изучение дополнительного материала по темам: Постановка задачи кластеризации. Графовые методы кластеризации. Иерархическая кластеризация. Статистические методы кластеризации. Тестирование (8 ч.)
2.7. Рекомендательные системы (16 ч.)	Коллаборативная фильтрация. Контентная фильтрация. Проблема холодного старта. Метрики оценки качества рекомендательных систем (2 ч.)	Построение рекомендательных систем на языке Python (6 ч.). <i>Задание 7.</i> Создание рекомендательной системы с использованием методов коллаборативной фильтрации и матричной факторизации. Формирование и оценка рекомендаций	Изучение дополнительного материала по темам: Коллаборативная фильтрация. Контентная фильтрация. Проблема холодного старта. Метрики оценки качества рекомендательных систем. Тестирование (8 ч.)

3. Условия реализации программы дисциплины

Организационно-педагогические условия реализации программы

Обучение по программе реализовано в формате смешанного обучения, с применением активных технологий совместного обучения в электронной среде (синхронные и асинхронные занятия). Лекционный материал представляется в виде синхронных лекций, записей занятий, текстовых материалов, презентаций, размещаемых в электронном курсе. Данные материалы сопровождаются заданиями и дискуссиями в чатах дисциплин. Изучение теоретического материала (СРС) предполагается до и после синхронной части работы.

Материально-технические условия реализации программы

Синхронные занятия реализуются на базе инструментов видеоконференцсвязи и включают в себя лекционные и практические занятия. Для проведения синхронных занятий (вебинаров со спикерами) применяется программа видеоконференцсвязи. При проведении лекций, практических занятий, самостоятельной работы слушателей используется следующее оборудование: компьютер с наушниками или аудиоколонками, микрофоном и веб-камерой. Программное обеспечение (обновленное до последней версии): браузер Google Chrome, текстовый редактор.

Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

Дисциплина может быть реализована как очно, так и заочно, в том числе, с применением дистанционных образовательных технологий. Она включает занятия лекционного типа, интерактивные формы обучения, практические занятия.

Содержание комплекта учебно-методических материалов

По данной дисциплине имеется электронный учебно-методический комплекс (УМК) в системе электронных курсов СФУ. УМК содержит: систему навигации по дисциплине (учебно-тематический план, интерактивный график работы по дисциплине, сведения о результатах обучения, чат для объявлений и вопросов преподавателю), текстовые материалы к лекциям, практические и тестовые задания, списки основной и дополнительной литературы. В электронном курсе реализована система обратной связи.

Литература

1. Бурков А. Машинное обучение без лишних слов. Библиотека программиста. – М., 2020. – 192 с.
2. Грас Д. Data Science. Наука о данных с нуля: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.
3. Джоши П. Искусственный интеллект с примерами на Python. – М., 2019. – 448 с.
4. Мирджалили В., Рашка С. Python и машинное обучение. Машинное и глубокое обучение с использованием Python, scikit-learn и TensorFlow. – М., 2020. – 848 с.

5. Мыльников Л.А. Статистические методы интеллектуального анализа данных. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021 – 240 с.
6. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными. – М., 2017. – 480 с.
7. Плас Дж. В. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. – СПб.: Петербург, 2018 – 576 с.
8. Силен Д., Мейсман А., Али М. Основы Data Science и Big Data, Python и наука о данных. – М., 2017. – 336 с.
9. Скиена С. Наука о данных: учебный курс. Пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2020. – 544 с.
10. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных: пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.
11. Хасты Т., Тибришани Р. Основы статистического обучения: интеллектуальный анализ данных, логический вывод и прогнозирование. – М., 2020. – 768 с.
12. Элбон К. Машинное обучение с использованием Python. Сборник рецептов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 384 с.
13. Пател, Анкур. Прикладное машинное обучение без учителя с использованием Python: Пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2020. – 432 с.
14. Коэльо Луис Педро, Ричарт Вилли. Построение систем машинного обучения на языке Python. 2-е изд. / Пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 302 с.

4. Оценка качества освоения программы дисциплины (формы аттестации, оценочные и методические материалы)

Форма аттестации по дисциплине — зачет.

Оценка результатов обучения осуществляется следующим образом. Максимально за курс можно набрать 100 баллов, из них:

- тесты самоконтроля к лекциям — 40 %;
- практические задания составляют — 60 %.

Зачет получают слушатели, набравшие не менее 50% из 100 от общего прогресса по курсу.

Примеры тестовых заданий

1. Множество примеров, используемое для настройки модели, называется:

- а) обучающим множеством;
- б) тестовым множеством;
- в) проверочным множеством.

2. Что является результатом прогноза логистической регрессии?

- а) коэффициенты линейной функции, описывающей закон возникновения события;

- б) численное значение целевой переменной;
 - в) погрешность возникновения некоторого события;
 - г) вероятность возникновения события.
3. Главной целью кластерного анализа является:
- а) образование групп схожих между собой объектов;
 - б) разбиение на группы по некоторым признакам;
 - в) различение объектов наблюдения по некоторым признакам;
 - г) извлечение наиболее важных признаков из групп данных.

Типовое практическое задание

Для подготовленного набора данных выполнить следующих перечень действий:

1. Провести проверку правдоподобности исходных данных (проверка типов исходных данных, наличие лишних пропусков, невозможных значений и т.п.). Привести найденные значения к нужному формату.
2. Выполнить поиск аномальных значений.
3. Выполнить поиск и восстановление пропущенных значений.
4. Выполнить преобразование данных (привести числовые признаки к стандартному виду).

Критерии оценивания заданий

Баллы	3 балла	4 балла	5 баллов
Критерий	Задание выполнено частично, требует серьезной доработки	Задание выполнено, но требует некоторой доработки	Задание выполнено полностью, не требует доработки

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

«Глубокое обучение»

1. Аннотация

В рамках освоения модуля «Глубокое обучение» слушатели познакомятся со способами формирования знаний в области теории нейронных сетей, различными топологиями нейронных сетей, методами их синтеза и способами настройки, научатся применять нейронные сети при решении реальных практических задач, овладеют навыками проектирования нейронных сетей для решения прикладных задач в сфере прогнозирования, распознавания образов, классификации, кластеризации и принятия решений.

Цель дисциплины (результаты обучения)

По окончании обучения на данной дисциплине слушатели будут способны:

РО5. Выбирать методы и инструментальные средства анализа данных для проведения аналитических работ.

РО6. Разрабатывать, проверять и оценивать используемые модели данных.

РО7. Выбирать средства представления результатов аналитики данных.

2. Содержание

№, наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
Модуль 3. Глубокое обучение (48 часов)			
3.1. Основы теории нейронных сетей (16 ч.)	Математический нейрон. Персептрон. Принципы построения нейронных сетей. Однослойные и многослойные нейронные сети. Алгоритмы обучения нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки. Оптимизация в нейронных сетях. Регуляризация в нейронных сетях (2 ч.)	Обучение полносвязной нейронной сети на языке Python (6 ч.). <i>Задание 1.</i> Создание и исследование многослойной нейронной сети для решения задачи классификации. Подбор гиперпараметров нейронной сети	Изучение дополнительного материала по темам: Математический нейрон. Персептрон. Принципы построения нейронных сетей. Однослойные и многослойные нейронные сети. Алгоритмы обучения нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки. Оптимизация в нейронных сетях. Регуляризация в нейронных сетях. Тестирование (8 ч.)

№, наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
3.2. Рекуррентные нейронные сети (16 ч.)	Рекуррентная нейронная сеть. Нейронная сеть с долгой краткосрочной памятью (2 ч.)	Обучение рекуррентных нейронных сетей на языке Python (6 ч.). <i>Задание 2.</i> Создание и исследование архитектур рекуррентных нейронных сетей для решения задачи прогнозирования временных рядов. Подбор гиперпараметров нейронной сети	Изучение дополнительного материала по темам: Рекуррентная нейронная сеть. Нейронная сеть с долгой краткосрочной памятью. Тестирование (8 ч.)
3.3. Сверточные нейронные сети (16 ч.)	Сверточные нейронные сети. Архитектуры сетей для классификации изображений. Задачи обработки изображений. Аугментация данных. Transfer learning (2 ч.)	Обучение сверточных нейронных сетей на языке Python (6 ч.). <i>Задание 3.</i> Создание и исследование архитектур сверточных нейронных сетей для решения задачи классификации изображений. Использование трансферного обучения	Изучение дополнительного материала по темам: Сверточные нейронные сети. Архитектуры сетей для классификации изображений. Задачи обработки изображений. Аугментация данных. Transfer learning. Тестирование (8 ч.)

3. Условия реализации программы дисциплины

Организационно-педагогические условия реализации программы

Обучение по программе реализовано в формате смешанного обучения, с применением активных технологий совместного обучения в электронной среде (синхронные и асинхронные занятия). Лекционный материал представляется в виде синхронных лекций, записей занятий, текстовых материалов, презентаций, размещаемых в электронном курсе. Данные материалы сопровождаются заданиями и дискуссиями в чатах дисциплин. Изучение теоретического материала (СРС) предполагается до и после синхронной части работы.

Материально-технические условия реализации программы

Синхронные занятия реализуются на базе инструментов видеоконференцсвязи и включают в себя лекционные и практические занятия. Для проведения синхронных занятий (вебинаров со спикерами) применяется программа видеоконференцсвязи. При проведении лекций, практических занятий, самостоятельной работы слушателей используется следующее оборудование: компьютер с наушниками или аудиоколонками, микрофоном и веб-камерой. Программное обеспечение (обновленное до последней версии): браузер Google Chrome, текстовый редактор.

Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

Дисциплина может быть реализована как очно, так и заочно, в том числе, с применением дистанционных образовательных технологий. Она включает занятия лекционного типа, интерактивные формы обучения, практические занятия.

Содержание комплекта учебно-методических материалов

По данной дисциплине имеется электронный учебно-методический комплекс (УМК) в системе электронных курсов СФУ. УМК содержит: систему навигации по дисциплине (учебно-тематический план, интерактивный график работы по дисциплине, сведения о результатах обучения, чат для объявлений и вопросов преподавателю), текстовые материалы к лекциям, практические и тестовые задания, списки основной и дополнительной литературы. В электронном курсе реализована система обратной связи.

Литература

1. Будума Н. Основы глубокого обучения. Создание алгоритмов для искусственного интеллекта следующего поколения / Н. Будума, Н. Локашо; пер. с англ. А. Коробейникова; [науч. ред. А. Созыкин]. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020. – 304 с.
2. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.
3. Келлехер Д. Д. Глубокое обучение. Самый краткий и понятный курс / Д.Д. Келлехер; [перевод с англ. М.А. Райтман]. – М.: Эксмо, 2022. – 160 с.
4. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
5. Паттерсон Дж., Гибсон А. Глубокое обучение с точки зрения практика / пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 418 с.
7. Траск Э. Грокаем глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2019. – 352 с.
8. Шолле Франсуа Глубокое обучение на Python. – СПб.: Питер, 2018. – 400 с.

4. Оценка качества освоения программы дисциплины (формы аттестации, оценочные и методические материалы)

Форма аттестации по дисциплине — зачет.

Оценка результатов обучения осуществляется следующим образом. Максимально за курс можно набрать 100 баллов, из них:

- тесты самоконтроля к лекциям — 40 %;
- практические задания составляют — 60 %.

Зачет получают слушатели, набравшие не менее 50 % из 100 от общего прогресса по курсу.

Примеры тестовых заданий

1. Нейронная сеть с наличием обратных связей называется:
 - а) полносвязная нейронная сеть;
 - б) обратная нейронная сеть;

- в) рекуррентная нейронная сеть;
 - г) сверточная нейронная сеть.
2. Гиперпараметрами нейронной сети являются:
- а) количество нейронов в слое нейронной сети;
 - б) смещение нейронов;
 - в) функции активации;
 - г) функция ошибок;
 - д) веса нейронной сети;
 - е) количество слоев нейронной сети.
3. Механизм, позволяющий определить, какие данные отправить на выход текущей ячейки в LSTM архитектуре
- а) renewal gate;
 - б) input gate;
 - в) forget gate;
 - г) output gate.

Типовое практическое задание

Для подготовленного набора данных выполнить следующих перечень действий:

1. Построить базовую архитектуру нейронной сети с одним скрытым слоем.
2. Провести тестирование базовой архитектуры нейронной сети.
3. Выполнить подбор гиперпараметров нейронной сети. При подборе гиперпараметров нейронной сети предусмотреть подбор числа слоев, нейронов на каждом слое и функций активации. Выбор архитектуры нейронной сети осуществлять с помощью ошибки на валидационном множестве. После выбора модели на валидационном множестве оценивается её ошибка на тестирующем множестве.
4. Исследовать изменение ошибки обучения для получаемых архитектур нейронных сетей в зависимости от выбранного алгоритма оптимизации.
5. Дополнить архитектуры нейронных сетей блоками для batch-нормализации и дропаута. Сравнить результаты обучения нейронной сети с их использованием и без (скорость сходимости и получаемую точность). Для дропаута подобрать оптимальное значение коэффициента дропаута.

Критерии оценивания заданий

Баллы	3 балла	4 балла	5 баллов
Критерий	Задание выполнено частично, требует серьезной доработки	Задание выполнено, но требует некоторой доработки	Задание выполнено полностью, не требует доработки

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

1. Аннотация

Основной задачей практики является закрепление в практической деятельности профессиональных компетенций, умений, навыков и знаний, полученных в ходе обучения.

Цель практики — приобретение слушателями программы практического опыта работы.

Планируемые результаты

По окончании практики слушатели будут способны определять проблему и цель исследования, выстраивать концептуальную модель объекта исследования, определять необходимые типы и источники данных для исследования, осуществлять выбор инструментов и методов анализа данных исходя из целей и задач проекта, реализовывать простые алгоритмы машинного обучения, находить закономерности в функционировании объекта, осуществлять интерпретацию полученных результатов в соответствии с поставленной задачей, визуализировать результаты для решения конкретной задачи, определять эффективные способы представления результатов.

2. Содержание

№, наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
Практика (40 часов)			
1. Общие вопросы (ознакомление с целями и задачами практики) (4 ч.)		Ознакомление и изучение конкретной практической задачи (4 ч.)	
2. Практическая часть практики (32 ч.)		Решение практической задачи (32 ч.)	
3. Подготовка отчетной документации (4 ч.)			Составление отчета (4 ч.)

Содержание практики включает следующие этапы:

1. Ознакомление с целями и задачами практики, используемыми инструментами и методами.
2. Изучение исходной учебной задачи или кейса, подготовленного руководителем практики.
3. Выполнение практических заданий, включающее:
 - 3.1. Постановку задачи и определение предполагаемых подходов к её решению;
 - 3.2. Первичный анализ предоставленных данных (разведочный анализ);
 - 3.3. Предобработку и преобразование данных (очистка, нормализация, кодирование категорий и др.);
 - 3.4. Отбор признаков и формирование выборки;
 - 3.5. Реализацию алгоритма или модели (например, алгоритмы классификации, регрессии, кластеризации);
 - 3.6. Оценку качества полученного решения с использованием метрик;
 - 3.7. Оформление отчётных материалов (визуализации, выводы, описания решений).

Содержание практики закрепляется индивидуальным планом прохождения практики (Приложение 1).

Продолжительность практики — 40 часов.

Практика носит индивидуальный или групповой характер и может предусматривать такие виды деятельности как:

- знакомство с предприятием, организационной структурой;
- изучение организации и технологии производства;
- анализ производства;
- знакомство с концепцией проекта;
- работа с технической, нормативной и образовательной документацией;
- составление формализованных описаний решений поставленных задач;
- разработка программного модуля очистки и предобработки данных;
- разработка моделей машинного обучения для решения поставленных задач в соответствии с требованиями технического задания;
- оценка качества работы системы интеллектуального анализа данных;
- представление проекта.

3. Условия реализации программы практики

Организационные и педагогические условия реализации программы

Обучение по программе практики реализовано в формате смешанного обучения, с применением активных технологий совместного обучения в электронной среде (синхронные и асинхронные занятия). Материал практических занятий представляется в виде синхронных занятий,

презентаций, размещаемых в электронном курсе. Данные материалы сопровождаются заданиями и дискуссиями в чатах дисциплин. Изучение теоретического материала (СРС) предполагается до и после синхронной части работы.

Практика проводится под руководством назначенного руководителя из числа профессорско-преподавательского состава Университета, а также руководителя из состава организации, структурных подразделениях организации, материально-техническое обеспечение которой соответствует профилю программы.

Учебно-методическое и информационное обеспечение

По данному модулю используется электронный УМК. УМК предполагает использование разных типов материалов, сопровождающих учебный процесс, включая информационные, обучающие и контролирующие. На платформе электронных курсов размещаются задания, приводится перечень необходимых для изучения материалов. Обучающиеся могут на протяжении прохождения практики обращаться к теоретической базе знаний.

4. Оценка качества освоения программы практики (формы аттестации, оценочные и методические материалы)

В качестве подтверждения прохождения практики на базе предприятий, организаций, учреждений, для зачета результатов обучения слушателями предъявляется дневник прохождения практики (Приложение 2) (*отчет в виде дневника прохождения практики*).

Программу составили:

Старший преподаватель
каф. «Программная инженерия»
Института космических
и информационных и технологий



А.С. Михалев

Старший преподаватель
каф. «Программная инженерия»
Института космических
и информационных и технологий



Е.О. Пересунько

Старший преподаватель
каф. «Программная инженерия»
Института космических
и информационных и технологий,



П.В. Пересунько

Руководитель программы:

Старший преподаватель
каф. «Программная инженерия»
Института космических
и информационных технологий



А.С. Михалев

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наименование образовательной организации

Индивидуальный план слушателя, направляемого на практику

Фамилия, имя, отчество _____

Место работы и должность/статус _____

Название предприятия (организации), где проводится практика

Город _____

Цель практики _____

Срок практики с «___» _____ 2025 г. по «___» _____ 2025 г.

Приказ по вузу от «___» _____ 2025 г. № _____

План практики

№ п.п.	Перечень разрабатываемых (изучаемых) вопросов, виды работ	Количество часов	Форма отчета
1.			Дневник практики
2.			
3.	Заполнение дневника практики		

СОГЛАСОВАНО

(должность ответственного
лица, направляющего на практику)

(подпись)

(расшифровка подписи)

Наименование площадки

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель площадки
_____ ФИО
«_____» _____ 2025 г.
М.П.

**ДНЕВНИК
прохождения практики**

_____,
(фамилия, имя, отчество),
проходящего обучение в рамках дополнительной профессиональной программе
переподготовки «Аналитика данных и машинное обучение в научных исследованиях»

Цель практики:

Руководители практики (от организации): _____
(должность) (ФИО)

1. Дневник

Дата	Выполняемая работа	Вопросы для консультантов и руководителей практики

2. Краткий отчет о практике

Дата

Подпись

3. Заключение руководителя практики от принимающей организации

Руководитель практики

(подпись)

(расшифровка подписи)