

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«ПЕРВЫЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.П. ПАВЛОВА»**
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО ПСПбГМУ
им. И.П. Павлова Минздрава России
_____ С.Ф. Багненко
«» 2026г.

Дополнительная профессиональная программа
(программа профессиональной переподготовки)
**«Цифровой пациент: искусственный интеллект, трехмерное
моделирование и биопечать в клинической медицине»**

2026 г.

Аннотация

Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки ИТ-профиля (далее – Программа) предназначена для обучающихся по очной, очно-заочной или по заочной форме за счет бюджетных средств или по договорам об оказании платных образовательных услуг, освоившие программы бакалавриата в объеме не менее 1 курса (бакалавры 2 курса) и/или программы специалитета в объеме не менее 1 курса (специалисты 2 курса), и/или программы магистратуры (магистры) **специальности ординатуры и аспирантуры, которые не относятся к ИТ-сфере.**

Целью профессиональной переподготовки является получение актуальной для здравоохранения дополнительной ИТ-квалификации программистов.

Нормативный срок освоения программы 250 часов при очно-заочной (с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий) форме подготовки.

Авторы и преподаватели:

	ФИО	Должность	Модули (темы, лекции)
1.	Лысенко Анна Валерьевна	Доцент кафедры стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии, руководитель центра цифровых и аддитивных технологий	Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения. Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
2.	Волковой Олег Андреевич	Ассистент кафедры стоматологии ортопедической с курсом ортодонтии взрослых	Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
3.	Кутукова Светлана Игоревна	Профессор кафедры стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии	Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка

			данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения.
4.	Козлов Павел Александрович	Начальник отдела информационных систем ГКУЗ Ленинградской области "Медицинский информационно-аналитический центр".	Основы программирования на языке Python
5.	Сухоногов Андрей Михайлович	Заместитель генерального директора ООО "Бюджет-Информ".	Основы программирования на языке Python
6.	Роман Александрович Студеникин	врач-стоматолог-хирург в клинике стоматологии НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.	Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения. Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
7.	Ушков Александр Игоревич	Начальник отдела информационной безопасности ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.	Основы программирования на языке Python
8.	Тишков Артем Валерьевич	Заведующий кафедрой физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. академика И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
9.	Буг Дмитрий Сергеевич	Научный сотрудник НИЦ Биоинформатики Научно-образовательного Института биомедицины, ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python

10.	Омирова Наргиз Идаяткызы	Доцент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
11.	Никонорова Маргарита Леонидовна	Доцент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
12.	Король Алина Владимировна	Ассистент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
13.	Кирбятъев Алексей Евгеньевич	Ассистент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
14.	Маргарянц Никита Борисович	Доцент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
15.	Балагурин Павел Сергеевич	Ассистент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python

I. Общие положения

1.1. Нормативная правовая основа Программы:

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 года №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- приказ Минобрнауки России от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;
- приказ 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);
- постановление Правительства Российской Федерации от 11 октября 2023 г. № 1678 «Об утверждении Правил применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»;
- федеральный государственный образовательный стандарт 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (уровень бакалавриата), утвержденный приказом Минобрнауки России от 12 января 2016 г. № 5 (далее вместе – ФГОС ВО);
- профессиональный стандарт «Программист», приказ Минтруда России от 20.07.2022 №424н. (далее – профессиональный стандарт либо профессиональные стандарты);

1.2. Термины и определения, используемые в Программе

Итоговая аттестация (аттестация) – оценка степени и уровня освоения обучающимися ДПП ПП или ИТ-модуля в формате демонстрационного экзамена, предусматривающая выполнение обучающимся профессиональных задач и оценку результатов и (или) процесса выполнения – проверку сформированности цифровых компетенций в ходе обучения по ДПП ПП или ИТ-модулям.

Демонстрационный экзамен – аттестационное испытание, предусматривающее выполнение профессиональных задач и оценку результатов и (или) процесса выполнения профессиональных задач для подтверждения применения обучающимися цифровых компетенций на практике.

Дистанционные образовательные технологии – это образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки (Программа) – комплекс основных характеристик образования (объем, содержание, планируемые результаты) и организационно-педагогических условий, который представлен в виде учебного плана, календарного учебного графика, рабочих программ учебных курсов, дисциплин (модулей), оценочных и методических материалов, а также программ учебной и производственной практик, стажировок и форм аттестации, иных компонентов и обеспечивает приобретение дополнительной квалификации. Программа может разрабатываться с учетом положений профессиональных стандартов, федеральных государственных образовательных стандартов, требований рынка труда (индустрии).

Знание (З) – информация о свойствах объектов, закономерностях процессов и явлений, правилах использования этой информации для принятия решений, присвоенная обучающимся на одном из уровней, позволяющих выполнять над ней мыслительные операции.

Матрица компетенций – матрица компетенций, актуальных для цифровой экономики, с приоритетом компетенций в ИТ-сфере, разработанная Университетом Иннополис при участии ИТ-компаний и университетов-участников программы «Приоритет-2030», представляющая собой перечень компетенций, структурированный по сферам применения, типу компетенций, уровням их сформированности и характеристикам.

Междисциплинарный курс (МДК) – структурный элемент Программы или программы профессионального модуля, предназначенный для формирования знаний и умений, объединенных по прагматическим основаниям с нарушением академических границ отраслей знаний.

Опыт практической деятельности (ОПД) – образовательный результат, включающий выполнение обучающимся деятельности, завершающейся получением результата / продукта (элемента продукта), значимого при выполнении трудовой функции, в условиях реального производства или в модельной ситуации.

Оценочные средства (ОС) – дидактические средства для оценки качества подготовленности обучающихся. Практика (практическая подготовка) – форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенции по профилю соответствующей образовательной программы.

Профессиональный модуль (ПМ) – структурный элемент Программы, предназначенный для формирования определенной компетенции или нескольких компетенций.

Рабочая программа – нормативный документ в составе Программы, регламентирующий взаимодействие преподавателя и обучающихся в ходе учебного процесса при реализации структурных элементов Программы (модуль, дисциплина, курс).

Стажировка – формирование и закрепление полученных в результате теоретической подготовки профессиональных знаний и умений в рамках выполнения практических заданий (функций) на базе профильной компании (организации). Допускается заключение

срочных трудовых договоров, предусматривающих прохождение обучающимся оплачиваемой стажировки. Время прохождения стажировки целесообразно учитывать в качестве учебной или производственной практики.

Умение (У) – освоенный субъектом способ выполнения действия, обеспечиваемый совокупностью приобретенных знаний и навыков; операция (действие), выполняемая определенным способом и с определенным качеством (умение, выполнение которого доведено до автоматизма, является навыком).

Учебная дисциплина (УД) – структурный элемент Программы, предназначенный для формирования знаний и умений в соответствующей сфере профессиональной деятельности.

Фонды оценочных средств (ФОС) – совокупность оценочных средств, используемых на различных этапах педагогической диагностики.

Целевой уровень сформированности компетенции – определенный в соответствии с Матрицей цифровых компетенций и указанный в ДПП ПП и ИТ-модулях в качестве планируемого результата обучения уровень сформированности цифровой компетенции.

Цифровая компетенция (компетенция) – образовательный результат, формируемый при освоении ДПП ПП или ИТ-модулей и необходимый для приобретения дополнительной ИТ-квалификации, необходимой для выполнения нового вида деятельности по внедрению и (или) развитию, и (или) разработке цифровых технологий, в том числе алгоритмов и программ, пригодных для практического применения, в одной из приоритетных отраслей экономики.

Электронное обучение – организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников.

1.3. Требования к поступающим

К обучению по Программе допускаются обучающиеся по очной, очно-заочной, заочной форме за счет бюджетных средств или по договорам об оказании платных образовательных услуг, освоившие программы бакалавриата в объеме не менее 1 курса (бакалавры 2 курса) и/или программы специалитета в объеме не менее 1 курса (специалисты 2 курса), и/или программы магистратуры (магистры) специальности ординатуры и аспирантуры, которые не относятся к ИТ-сфере.

1.4. Квалификационная характеристика выпускника

Выпускникам Программы присваивается дополнительная ИТ-квалификация в области создания алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения в здравоохранении.

Выпускник Программы будет готов к выполнению трудовой деятельности в

области информационных технологий в здравоохранении с приобретением новой квалификации программист.

II. Планируемые результаты обучения и структура Программы

Получение дополнительной ИТ-квалификации программист обеспечивается формированием приведённых в таблице цифровых компетенций:

Наименование сферы	ID и наименование компетенции	Инструменты профессиональной деятельности	Целевой уровень формирования компетенций в Программе			
			Минимальный (исходный)	Базовый	Продвинутый	Экспертный
Средства программной разработки	28 Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	Python	Не применяет языки программирования для решения профессиональных задач	Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов	-	-
Прикладные программные комплексы и системы	19 Применяет системы контроля версий	Git	Не применяет системы контроля версий	Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках доставляемых изменений	-	-

Структура образовательных результатов

Формирование цифровых компетенций, необходимых для получения обучающимися дополнительной ИТ-квалификации, обеспечивается последовательным формированием промежуточных образовательных результатов, начиная со знаний.

ID и формулировка целевого уровня формирования компетенций	Промежуточные образовательные результаты		
	Опыт практической деятельности (ОПД)	Умения (У)	Знания (З)
28 Применяет языки программирования для решения	ОПД 1 Применяет языки программирования для решения	У1 Умеет применять язык программирования Python при	31 Знает синтаксис языка программирования Python,

ID и формулировка целевого уровня	Промежуточные образовательные результаты		
профессиональных задач Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов	профессиональных задач под контролем более опытных специалистов	написании программного кода для решения профессиональных задач	особенности программирования на этом языке, стандартные библиотеки языка программирования
19 Применяет системы контроля версий применяется под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках доставляемых изменений	ОПД2 Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках доставляемых изменений	У2 Умеет использовать систему контроля версий Git для решения профессиональных задач	32 Знает возможности системы контроля версий Git. Установленный регламент использования системы контроля версий Git.

Структура Программы

Структура Программы регулирует образовательные траектории обучающихся, последовательность освоения структурных элементов (разделов) Программы, соответственно, последовательность формирования всех образовательных результатов.

Структурные элементы (разделы Программы)	Шифры образовательных результатов	Вариатив / инвариант и целевые группы обучающихся
Профессиональный цикл		
1. Основы программирования на языке Python	компетенции 28 Применяет языки программирования для решения профессиональных задач 19 Применяет системы контроля версий	Инвариант
	Знания - 31, 32 Умения - У1, У2	
2. Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения.	компетенции 28 Применяет языки программирования для решения профессиональных задач 19 Применяет системы контроля версий	Инвариант
	Знания - 31, 32 Умения - У1, У2	
3. Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине.	компетенции 28 Применяет языки программирования для решения профессиональных задач 19 Применяет системы контроля версий	Инвариант
	Знания - 31, 32 Умения - У1, У2	

Структурные элементы (разделы Программы)	Шифры образовательных результатов	Вариатив / инвариант и целевые группы обучающихся
4. Биопечать для клинической медицины.	компетенции 28 Применяет языки программирования для решения профессиональных задач 19 Применяет системы контроля версий Знания -З1, З2 Умения -У1, У2	Инвариант
Практика	опыт практической деятельности -ОПД1, ОПД 2	

III. Учебный план Программы

Объем Программы составляет 250 часов.

Учебный план Программы определяет перечень, последовательность, общую трудоемкость разделов и формы контроля знаний.

Структурные элементы (разделы Программы)	Общая трудоемкость часов	Обязательная аудиторная учебная нагрузка		Самостоятельная работа, часов	Практики, стажировки, часов	Промежуточная аттестация, часов
		всего, часов	в т.ч. практические занятия, часов			
Основы программирования на языке Python	58	33	33	22		Зачет 3
Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения.	70	45	45	22		Зачет 3
Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине.	50	32	32	15		Зачет 3
Биопечать для клинической медицины.	30	19	19	8		Зачет 3
Практика	36				36	Экзаме н
Итоговая аттестация в формате демонстрационного экзамена (включая подготовку к аттестации)	6	6				Экзаме н

Структурные элементы (разделы Программы)	Общая трудоемкость	Обязательная аудиторная учебная нагрузка		те ль на я на	и, стаж иров ки,	Про меж уточ ная
Итого:	250	135	129	67	36	12

V. Рабочие программы модулей (курсов, дисциплин)

Рабочая программа Основы программирования на языке Python

1. Область применения рабочей программы

Рабочая программа Основы программирования на языке Python (далее – рабочая программа) является частью дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки ИТ-профиля **«Цифровой пациент: искусственный интеллект, трехмерное моделирование и биопечать в клинической медицине»** и направлена на формирование следующих образовательных результатов:

ИД 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 Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов	ОПД 1 - Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов У1 - Умеет применять язык программирования Python при написании программного кода для решения профессиональных задач З1 - Знает синтаксис языка программирования Python, особенности программирования на этом языке, стандартные библиотеки языка программирования
19 Применяет системы контроля версий. Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках доставляемых изменений	ОПД2 - Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках доставляемых изменений У2 - Умеет использовать систему контроля версий Git для решения профессиональных задач З2 - Знает возможности системы контроля версий Git. Установленный регламент использования системы контроля версий Git.

Освоение рабочей программы является инвариантно для всех обучающихся по Программе.

2. Структура и краткое содержание рабочей программы

№ п/п	Наименование тем, виды учебной работы и краткое содержание учебного материала	Объем, часов
1	Введение. Основы алгоритмизации: понятие алгоритма, блок-схемы, псевдокод Прикладные программы для просмотра конструкторской и технологической документации. Внешние носители информации и устройства ввода/вывода информации Определение алгоритма. Ветвление и циклы. Способы записи алгоритмов. Блок-схемы и псевдокод. Основные достоинства языка Python. Консольный интерпретатор языка и текстовый редактор. Установка Python в ОС Windows.	13
2	Понятие переменной. Ввод и вывод. Основные типы данных	14

№ п/п	Наименование тем, виды учебной работы и краткое содержание учебного материала	Объем, часов
	Понятие переменной. Оператор присваивания. Ввод и вывод данных. Функция print. Функция input. Основные типы данных: булевский тип, числа (целые и вещественные), строки, списки, множества, словари, кортежи. Операции над числами и строками. Escape-последовательности. Преобразование типов. Индексация и срезы последовательностей. Строковые методы. Файлы. Работа с файлами, файловый ввод и вывод. Способы отладки.	
3	Инструкции и циклы. Функции, классы, модули Логические выражения. Условный оператор. Инструкция if. Множественное ветвление. Вложенные условия. Исключения. Перехват исключений с помощью try и except. Циклы while и for. Обход последовательностей, методы списков, множеств и словарей. Встроенные функции len(), max(), min(), sum(). Функция. Вызов функции. Итераторы и оператор yield. Модули и пакеты модулей. Классы, конструктор класса, атрибуты, наследование.	15
4	Система контроля версий Локальные, централизованные и распределённые системы контроля версий. Установка Git. Создание репозитория, запись изменений, просмотр истории, операции отмены. Ветвление, управление ветками. GitHub.	13
5	Промежуточная аттестация в формате зачета	3

3. Учебно-тематический план рабочей программы

№ п/ п	Наименование и краткое содержание структурного элемента (раздела) Программы	Количество часов			
		аудиторных		самостоятельной работы	
		лекции, семинары	практические занятия	всего, часов	в т.ч. практические занятия, часов
1	Введение. Прикладные программы для просмотра конструкторской и технологической документации. Внешние носители информации и устройства ввода/вывода информации. Основы алгоритмизации: понятие алгоритма, блок-схемы, псевдокод	2	4	6	
2	Понятие переменной. Ввод и вывод. Основные типы данных	2	5	7	
3	Инструкции и циклы. Функции, классы, модули		5	12	
4	Система контроля версий	2	4	6	
6	Промежуточная аттестация	Зачет 3			

7	Итого	58
---	-------	----

4. Контроль и оценка результатов освоения рабочей программы

Образовательная организация высшего образования, реализующая рабочую программу, обеспечивает организацию и проведение промежуточного контроля в виде зачета.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценивания результатов практических работ и самостоятельной работы обучающихся.

Для текущего и промежуточного контроля создаются фонды оценочных средств (ФОС). ФОС включают в себя педагогические контрольно-измерительные материалы, предназначенные для определения соответствия (или несоответствия) индивидуальных образовательных достижений запланированным образовательным результатам.

5. Примеры оценочных средств

Примеры тестовых заданий:

Регистр букв в идентификаторах [имеет/не имеет] значение [Ответ: имеет]

Символ # в Python обозначает [Ответ: Комментарий]

`str='ПСПБГМУ' print(s[1:3])`. Программа выведет ... [Ответ: СПб]

`f='AT'. f*5` равно ... [Ответ: 'ATATATAT']

Как закомментировать строку в VSC?

- а) Ctrl + C
- б) Ctrl + Z
- в) Ctrl + /
- г) Ctrl + k + u

Как проверить состояние локального репозитория с момента последнего commit?

- а) git check
- б) git status +
- в) git commit
- г) git diff

Как сохранить текущее состояние проекта в контроле версий git?

- а) Осуществить commit всех изменений в stagearea
- б) Добавляя все изменения при помощи команды «gitstage»
- в) Добавляя все изменения при помощи команды «gitadd»
- г) Создавая новый commit при помощи «gitinit»

Примеры контрольных вопросов:

Какие основные типы данных языка Python вы знаете?

Какими методами обладает список в языке Python?

Как объявляется функция в языке Python?

Как получить список всех методов объекта?

Какие комбинации клавиш Вы знаете для работы с текстом в VSC?

Какие способы запустить программу из VSC Вы знаете?

Какая команда позволяет скачать репозиторий GitHub на компьютер?

При помощи какой команды можно осуществить staging всех изменений?

Числовые типы данных.

Строковый тип данных. Операции над строками.

Арифметические операции.

Работа с датами. Библиотека datetime

Списки и словари

Основные возможности среды Visual Studio Code

Написание и запуск программы на Python в VSC.

Средства отладки программ в VSC.

Основные задачи системы контроля версий.

Функции синхронизации изменений git.

Функции ветвления и слияния git.

Репозиторий Github.

6. Материально-техническое обеспечение реализации рабочей программы

Наименование аудиторий, адрес	Перечень оборудования	Адрес
	Общее и специальное оборудование	
1	2	3
Аудитория 4	Персональные компьютеры на базе процессора Intel® Core™ i3-10100 с 22'' мониторами и оснащенные веб-камерами и звуковой системой. Все компьютеры имеют выход в сеть интернет и подключены к доменной сети университета.– 14 шт Интерактивная панель Lumien – 1 шт	ПСПбГМУ им. ак. И.П.Павлова 21 корпус 4 этаж кафедра физики, математики и информатики
Аудитория 8	Персональные компьютеры на базе процессора Intel® Core™ i3-10100 с 22'' мониторами и оснащенные веб-камерами и звуковой системой. Все компьютеры имеют выход в сеть интернет и подключены к доменной сети университета.– 14 шт Интерактивная доска – 1 шт	ПСПбГМУ им. ак. И.П.Павлова 21 корпус 4 этаж кафедра физики, математики и информатики
Аудитория 10	Персональные компьютеры на базе процессора Intel® Core™ i3-10100 с 22'' мониторами и оснащенные веб-камерами и звуковой системой. Все компьютеры имеют выход в сеть интернет и подключены к доменной сети университета.– 14 шт Интерактивная панель поддерживающая ОС Android и OPS Windows 10. – 1 шт	ПСПбГМУ им. ак. И.П.Павлова 21 корпус 4 этаж кафедра физики, математики и информатики
Аудитория 14	Доска, 25 парт, 50 стульев.	ПСПбГМУ им. ак. И.П.Павлова 21 корпус 4 этаж кафедра физики, математики и информатики

7. Кадровое обеспечение образовательного процесса

	ФИО	Должность	Модули (темы, лекции)
1.	Козлов Павел Александрович	Начальник отдела информационных систем ГКУЗ Ленинградской области "Медицинский информационно-аналитический центр".	Основы программирования на языке Python
2.	Сухоногов Андрей Михайлович	Заместитель генерального директора ООО "Бюджет-Информ".	Основы программирования на языке Python
3.	Ушков Александр Игоревич	Начальник отдела информационной безопасности ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.	Основы программирования на языке Python
4.	Тишков Артем Валерьевич	Заведующий кафедрой физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. академика И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
5.	Буг Дмитрий Сергеевич	Научный сотрудник НИЦ Биоинформатики Научно-образовательного Института биомедицины, ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
6.	Омирова Наргиз Идаяткызы	Доцент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
7.	Никонорова Маргарита Леонидовна	Доцент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
8.	Король Алина Владимировна	Ассистент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
9.	Кирбятъев Алексей Евгеньевич	Ассистент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
10.	Маргарянц Никита Борисович	Доцент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python
11.	Балагурин Павел Сергеевич	Ассистент кафедры физики, математики и информатики ПСПбГМУ им. И.П. Павлова	Основы программирования на языке Python

8. Информационное обеспечение реализации рабочей программы

1. ThePythonTutorial: [Сайт]. URL: <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>

2. The Python Language Reference: [Сайт]. URL: <https://docs.python.org/3/reference/index.html#reference-index>
3. PEP 8 – Style Guide for Python Code: [Сайт]. URL: <https://peps.python.org/pep-0008/>
4. Visual Studio Code. User Guide: [Сайт]. URL: <https://code.visualstudio.com/docs#editor-articles>
5. Scott Chacon. Pro Git. Apress. 2014. 440p. Доступна на русском языке по URL: <https://git-scm.com/book/ru/v2>
6. Ланг, Т.А. Как описывать статистику в медицине. Руководство для авторов, редакторов и рецензентов. / Т. А. Ланг, М. Сесик, В. П. Леонов - М.: Практическая Медицина. - 2016 г.- 480 с. - ISBN 978-5-98811-325-6.

Рабочая программа

Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения.

1. Область применения рабочей программы

Рабочая программа: Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. (далее – рабочая программа) является частью дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки ИТ-профиля **«Цифровой пациент: искусственный интеллект, трехмерное моделирование и биопечать в клинической медицине»** и направлена на формирование следующих 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 Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов	ОПД 1 - Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов У1 - Умеет применять язык программирования Python при написании программного кода для решения профессиональных задач З1 - Знает синтаксис языка программирования Python, особенности программирования на этом языке, стандартные библиотеки языка программирования
19 Применяет системы контроля версий. Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках доставляемых изменений	ОПД2 - Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках доставляемых изменений У2 - Умеет использовать систему контроля версий Git для решения профессиональных задач З2 - Знает возможности системы контроля версий Git. Установленный регламент использования системы контроля версий Git.

Освоение рабочей программы является инвариантно для всех обучающихся по Программе.

2. Структура и краткое содержание рабочей программы

№ п/п	Наименование тем, виды учебной работы и краткое содержание учебного материала	Объем, часов
1	Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Системы поддержки принятия врачебных решений. Общие понятия, современные стандарты применения в клинической медицине.	9
2	Нейросети – 1. Классификация, структурные особенности.	9
3	Нейросети – 2. Алгоритм создания и обучения нейросети.	9
4	Системы искусственного интеллекта в лучевой диагностике. Технологии компьютерного зрения.	9
5	Алгоритмы анализа медицинских изображений для последующего обучения нейросети – 1. Определение зон интереса на медицинских изображениях. Сегментация зон интереса на медицинских изображениях Методы автоматической и полуавтоматической сегментации Получение 3D-моделей из данных рентгенологических исследований.	9
6	Алгоритмы анализа медицинских изображений для последующего обучения нейросети – 2. Введение в радиомический анализ и его значение в медицине. Методы извлечения радиомических признаков из медицинских изображений.	7
7	Алгоритмы анализа медицинских изображений для последующего обучения нейросети – 3. Извлечение радиомических признаков и создание базы данных Типы радиомических признаков и их значение для анализа. Применение радиомического анализа для диагностики и прогнозирования заболеваний	7
8	Создание нейросети на основе радиомических признаков. Тестирование полученного алгоритма и его клиническое применение.	8
9	Промежуточная аттестация в формате зачета	3

3. Учебно-тематический план рабочей программы

№ п/ п	Наименование и краткое содержание структурного элемента (раздела) Программы	Количество часов			
		аудиторных		самостоятельной работы	
		лекции, семинары	практические занятия	всего, часов	в т.ч. практические занятия,

					часов
1	Системы искусственного интеллекта в клинической медицине.	3	3	2	
2	Нейросети – 1.	3	3	5	
3	Нейросети – 2.	3	3	5	
4	Системы искусственного интеллекта в лучевой диагностике.	3	3	5	
5	Алгоритмы анализа медицинских изображений для последующего обучения нейросети – 1.	3	3	6	
6	Алгоритмы анализа медицинских изображений для последующего обучения нейросети – 2.	3	2	5	
7	Алгоритмы анализа медицинских изображений для последующего обучения нейросети – 3.	3	2	4	
8	Создание нейросети на основе радиомических признаков.	2	3		
	Промежуточная аттестация	Зачет 3			
	Итого	70			

4. Контроль и оценка результатов освоения рабочей программы

Образовательная организация высшего образования, реализующая рабочую программу, обеспечивает организацию и проведение промежуточного контроля в виде зачета.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценивания результатов практических работ и самостоятельной работы обучающихся.

Для текущего и промежуточного контроля создаются фонды оценочных средств (ФОС). ФОС включают в себя педагогические контрольно-измерительные материалы, предназначенные для определения соответствия (или несоответствия) индивидуальных образовательных достижений запланированным образовательным результатам.

5. Примеры оценочных средств

1. Какова основная функция систем поддержки принятия врачебных решений?

- Полная замена врача при постановке диагноза.
- **Предоставление врачу рекомендаций и аналитической информации для выбора оптимальной тактики лечения.**
- Управление финансовыми и административными ресурсами клиники.
- Автоматическая выписка рецептов без участия медицинского персонала.

2. Что является базовой структурной единицей искусственной нейронной сети?

- **Искусственный нейрон (перцептрон).**
- Радиомический признак.
- Воксель.
- Алгоритм сегментации.

3. Какой процесс необходим алгоритму ИИ для того, чтобы он научился находить закономерности в медицинских данных?

- Трехмерное моделирование.
- **Обучение нейросети на подготовленных данных.**
- Извлечение радиомических признаков.
- Сегментация зон интереса.

4. Какая технология искусственного интеллекта играет ключевую роль в лучевой диагностике согласно учебной программе?

- Обработка естественного языка (NLP).
- **Технологии компьютерного зрения.**
- Распознавание речи.
- Предиктивная текстовая аналитика.

5. Что подразумевается под «сегментацией зон интереса на медицинских изображениях»?

- Сжатие размера файла изображения для удобства хранения.
- Изменение контрастности и яркости снимка.
- **Выделение границ определенных анатомических структур или патологических очагов.**
- Перевод 2D-изображения в текстовое описание.

6. На основе каких данных чаще всего получают 3D-модели в лучевой диагностике?

- Данных лабораторных анализов крови.
- Текстовых записей в электронной медицинской карте.
- **Данных рентгенологических исследований (например, КТ).**
- Электрокардиографии (ЭКГ).

7. В чем заключается основная суть радиомического анализа в медицине?

- В автоматическом снижении дозы радиации при КТ-исследованиях.
- **В извлечении большого количества скрытых количественных признаков из медицинских изображений.**
- В переводе бумажных рентгеновских снимков в цифровой формат.
- В поиске в интернете похожих клинических случаев.

8. Для каких целей, согласно программе, преимущественно применяется радиомический анализ?

- **Диагностика и прогнозирование развития заболеваний.**

- Ускорение работы томографа.
- Обучение студентов анатомии.
- Автоматическая настройка хирургического оборудования.

9. Что выступает в качестве входных данных при создании нейросети на основе радиомикки?

- Исходное медицинское изображение в формате JPEG.
- **База данных извлеченных радиомических признаков.**
- Аудиозапись комментариев врача-рентгенолога.
- Паспортные данные пациента.

10. Какой обязательный этап следует после создания нейросети перед ее клиническим применением?

- **Тестирование полученного алгоритма.**
- Удаление обучающей выборки.
- Публикация исходного кода алгоритма в открытом доступе.
- Изменение архитектуры нейросети случайным образом.

• **6. Кадровое обеспечение образовательного процесса**

	ФИО	Должность	Модули (темы, лекции)
1.	Лысенко Анна Валерьевна	Доцент кафедры стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии, руководитель центра цифровых и аддитивных технологий	Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения. Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
2.	Кутукова Светлана Игоревна	Профессор кафедры стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии	Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения.
3.	Роман	врач-стоматолог-хирург в клинике	Искусственный интеллект в

	Александрович Студеникин	стоматологии НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.	медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения. Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
--	-----------------------------	---	--

7. Материально-техническое обеспечение реализации рабочей программы

Наименование аудиторий, адрес	Перечень оборудования	Адрес
	Общее и специальное оборудование	
1	2	3
Аудитория 133	Персональные компьютеры MSIThin 15 B12U. Все компьютеры имеют выход в сеть интернет и подключены к доменной сети университета. – 5 шт Телевизор Digma 65” – 1 шт FDM-принтер для печати PEEK Creatbot PEEK 250 - Интраоральный сканер Shining 3D Aoralscan 3 - Сканер лица – Shining 3D Meti Smile Лабораторный сканер – Shining 3D Pro-H 3D-сканер- Creality Raptor X FDM-принтер – Bambu Lab X1E Фотополимерный принтер – Shining 3D DD1S	ПСПбГМУ им. ак. И.П. Павлова, Петроградская набережная 44, Центр цифровых и аддитивных технологий
Аудитория 132	Персональные компьютеры Aquarius CMP NS 658U – 10 шт.. Все компьютеры имеют выход в сеть интернет и подключены к доменной	ПСПбГМУ им. ак. И.П. Павлова, Петроградская набережная 44,

	сети университета.– 14 шт Телевизор Digma 65” – 1 шт.	Учебный класс центра цифровых и аддитивных технологий
--	--	--

8. Информационное обеспечение реализации рабочей программы

1. Карпов О.Э., Храмов А.Е. Информационные технологии, вычислительные системы и искусственный интеллект в медицине. М.: ДПК Пресс; 2022. 480 с.
2. Толмачев И.В. и др. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении. Томск: Изд-во СибГМУ; 2022. 94 с.
3. Obuchowicz R, Strzelecki M, Piórkowski A. Artificial Intelligence in Medical Imaging and Image Processing. Basel: MDPI Books; 2024. 596 p.
4. El-Baz A, Ghazal M, Suri JS. Handbook of Texture Analysis: AI-Based Medical Imaging Applications: Volume II. Boca Raton: CRC Press; 2024. 248 p.
5. Malawana J, Rad AA, Vardanyan R, Miller G. Artificial Intelligence in Healthcare and Biomedical Visualization. Cham: Springer; 2025.

Рабочая программа Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине.

1. Область применения рабочей программы

Рабочая программа «Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине» (далее – рабочая программа) является частью дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки ИТ-профиля «**Цифровой пациент: искусственный интеллект, трехмерное моделирование и биопечать в клинической медицине**» и направлена на формирование следующих 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. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов	ОПД 1 - Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов У1 - Умеет применять язык программирования Python при написании программного кода для решения профессиональных задач З1 - Знает синтаксис языка программирования Python, особенности программирования на этом языке, стандартные библиотеки языка программирования
19 Применяет системы контроля версий. Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет	ОПД2 - Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках доставляемых изменений

коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи, которые были выполнены в рамках доставляемых изменений	У2 - Умеет использовать систему контроля версий Git для решения профессиональных задач 32 - Знает возможности системы контроля версий Git. Установленный регламент использования системы контроля версий Git.
--	---

Освоение рабочей программы является инвариантно для всех обучающихся по Программе.

2. Структура и краткое содержание рабочей программы

№ п/п	Наименование тем, виды учебной работы и краткое содержание учебного материала	Объем, часов
1	Общая информация о трехмерной печати. Основы аддитивных технологий и 3D-печати Определение аддитивных технологий производства. История развития 3D-печати. Применение методов аддитивных технологий в медицине. Технологии биопечати и их применение в создании тканей.	9
2	Методы трехмерной печати в медицине. Классификация технологий трехмерной печати. Достоинства и недостатки методик. Оборудование и используемые материалы.	9
3	Трехмерное сканирование для получения данных об анатомии ткани/органа. 3D-сканирование объектов с целью получения моделей для последующей печати. Основные принципы работы 3D-сканеров. Типы 3D-сканеров, используемых для создания трехмерных моделей. Обзор программного обеспечения для подготовки 3D-моделей к печати	9
4	Методы трехмерной биопечати. Трехмерная печать биополимерами, биометаллами, биокерамикой	12
5	Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для разных клинических задач. Применение Python для индивидуализации CAD-моделей. Создание CAD-моделей для возмещения дефектов костной ткани, хрящевой ткани и кожи.	12
6	Промежуточная аттестация в формате зачета	3

3. Учебно-тематический план рабочей программы

№ п/п	Наименование и краткое содержание структурного элемента (раздела) Программы	Количество часов	
		аудиторных	самостояте

		лекции, семинары	практические занятия	льной работы
1	Общая информация о трехмерной печати	3	3	3
2	Методы трехмерной печати в медицине.	3	3	3
3	Трехмерное сканирование для получения данных об анатомии ткани/органа.	3	3	3
4	Методы трехмерной биопечати.	4	3	3
5	Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для разных клинических задач.	4	3	3
		17	15	15
5	Промежуточная аттестация	Зачет 3		
6	Итого	50		

4. Контроль и оценка результатов освоения рабочей программы

Образовательная организация высшего образования, реализующая рабочую программу, обеспечивает организацию и проведение промежуточного контроля в виде зачета.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценивания результатов практических работ и самостоятельной работы обучающихся.

Для текущего и промежуточного контроля создаются фонды оценочных средств (ФОС). ФОС включают в себя педагогические контрольно-измерительные материалы, предназначенные для определения соответствия (или несоответствия) индивидуальных образовательных достижений запланированным образовательным результатам.

5. Примеры оценочных средств

1. Что лежит в основе аддитивных технологий производства?

- Удаление лишнего материала из цельной заготовки (фрезерование).
- **Послойное добавление материала на основе цифровой 3D-модели.**
- Литье расплавленного материала в заранее подготовленные формы.
- Соединение готовых стандартных деталей с помощью медицинского клея.

2. Какое из направлений является одним из наиболее частых применений аддитивных технологий в современной хирургии и стоматологии?

- Производство стандартных одноразовых шприцев.
- Печать бумажных медицинских карт пациента.
- **Изготовление индивидуальных хирургических навигационных шаблонов и анатомических моделей.**
- Создание стандартного хирургического инструментария массового производства.

3. Какой материал и технология печати чаще всего используются в медицине для создания моделей с высокой детализацией (например, для хирургического планирования)?

- Печать гипсом (CJP).
- **Фотополимерные смолы и технология стереолитографии (SLA/DLP/LCD).**
- Экструзия стандартного PLA пластика по технологии FDM.
- Экструзия пищевых паст.

4. В чем заключается основной недостаток использования FDM-печати (послойного наплавления нити, например PETG) для создания точных анатомических моделей по сравнению с фотополимерной печатью?

- Слишком высокая стоимость материалов и оборудования.
- Полная невозможность использования любых филаментов в медицине.
- **Меньшая точность поверхности и выраженная слоистость структуры.**
- Повышенная токсичность напечатанных моделей после финальной обработки.

5. Для чего используется специализированное программное обеспечение (слайсеры) на этапе подготовки 3D-модели к печати?

- Для первичного извлечения данных из КТ-снимков пациента.
- **Для преобразования STL/OBJ модели в управляющий код (G-code) с заданием параметров слоев и построением поддержек.**
- Для рендеринга текстур модели в высоком разрешении.
- Для автоматической постановки медицинского диагноза на основе формы органа.

6. Какой принцип работы лежит в основе оптических 3D-сканеров (сканеров структурированного света), применяемых для сканирования анатомических структур?

- Излучение рентгеновских лучей и фиксация их поглощения тканями.
- Измерение времени возврата звуковой волны от объекта.
- **Проецирование светового паттерна на объект и анализ его искажений с помощью камер.**
- Механическое ощупывание объекта контактным зондом.

7. Какие материалы используются в качестве «биочернил» при трехмерной биопечати мягких тканей?

- Титановые порошки.
- Стоматологические фотополимерные смолы.
- Полимолочная кислота (PLA).
- **Гидрогели, содержащие живые клетки и факторы роста.**

8. Для создания имплантатов, замещающих дефекты какой ткани, наиболее целесообразно использование биометаллов и биокерамики в 3D-печати?

- Нервной ткани.
- Эпителиальной ткани (кожи).
- **Костной ткани.**
- Мышечной ткани.

9. Какую роль чаще всего выполняет язык программирования Python при работе с CAD-моделями в медицине?

- Создает физическую модель непосредственно в камере 3D-принтера.

- **Позволяет писать скрипты для автоматизации обработки массивов медицинских данных, манипуляций с STL-файлами и индивидуализации геометрии.**
- Заменяет собой базовую прошивку (firmware) 3D-принтера.
- Используется исключительно для написания текстовых заключений к готовым моделям.

10. В чем заключается главная цель применения топологического бионического дизайна при создании CAD-моделей имплантатов?

- Максимальное утяжеление конструкции для повышения ее стабильности в тканях.
- Упрощение геометрической формы до стандартных примитивов (кубов и цилиндров).
- **Оптимизация внутренней структуры и веса изделия при сохранении прочностных характеристик, имитирующая природные структуры (например, трабекулы губчатой кости)**
- Добавление исключительно декоративных элементов на внешнюю поверхность имплантата.

7. Материально-техническое обеспечение реализации рабочей программы

Наименование аудиторий, адрес	Перечень оборудования	Адрес
	Общее и специальное оборудование	
1	2	3
Аудитория 133	Персональные компьютеры MSIThin 15 B12U. Все компьютеры имеют выход в сеть интернет и подключены к доменной сети университета. – 5 шт Телевизор Digma 65” – 1 шт FDM-принтер для печати PEEK Creatbot PEEK 250 - Интраоральный сканер Shining3D Aoralscan 3 - Сканер лица – Shining3D Meti Smile Лабораторный сканер – Shining3D Pro-H 3D-сканер- Creality Raptor X FDM-принтер – Bambu Lab X1E Фотополимерный принтер – Shining3D DD1S	ПСПбГМУ им. ак. И.П. Павлова, Петроградская набережная 44, Центр цифровых и аддитивных технологий
Аудитория 132	Персональные компьютеры Aquarius CMPNS658U – 10 шт.. Все компьютеры имеют выход в сеть интернет и подключены к доменной сети университета. – 14 шт Телевизор Digma 65” – 1 шт.	ПСПбГМУ им. ак. И.П. Павлова, Петроградская набережная 44, Учебный класс центра цифровых и

		аддитивных технологий
--	--	-----------------------

8. Кадровое обеспечение образовательного процесса

	ФИО	Должность	Модули (темы, лекции)
1.	Лысенко Анна Валерьевна	Доцент кафедры стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии, руководитель центра цифровых и аддитивных технологий	Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения. Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
2.	Волковой Олег Андреевич	Ассистент кафедры стоматологии ортопедической с курсом ортодонтии взрослых	Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
3.	Роман Александрович Студеникин	врач-стоматолог-хирург в клинике стоматологии НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.	Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения. Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.

9. Информационное обеспечение реализации рабочей программы

1. Попов В.В., Мюллер-Камский Г. Аддитивные технологии в медицине: учебное пособие. Екатеринбург: Издательство Уральского университета; 2023. 92 с. ISBN 978-5-7996-3690-6.
2. Базлов В.А., Корыткин АА, Ковалов КА, и др. Аддитивные технологии при первичном и ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава: учебное пособие. Новосибирск: ННИИТО; 2022. 64 с. ISBN 978-5-6045748-6-7.
3. Канищев М.В., Ульев ЛМ. Введение в аддитивные технологии. Т. 1. Обзор основных технологий 3D-печати: учебник. М.: Издательский Дом МИСиС; 2023. ISBN 978-5-907560-37-6.
4. Ляпков А.А., и др. Современные аддитивные технологии. М.: КНОРУС; 2024. ISBN 978-5-406-12661-5.
5. Kalaskar D.M., editor. 3D Printing in Medicine. 2nd ed. Woodhead Publishing (Elsevier); 2022. 422 p. ISBN 978-0-323-89831-7.
6. Highlander P.D. Clinical Applications of 3D Printing in Foot and Ankle Surgery. 1sted. Elsevier; 2023. 246 p. ISBN 978-0-323-82565-8.

Рабочая программа Биопечать для клинической медицины.

1. Область применения рабочей программы

Рабочая программа «**Биопечать для клинической медицины**» (далее – рабочая программа) является частью дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки ИТ-профиля «**Цифровой пациент: искусственный интеллект, трехмерное моделирование и биопечать в клинической медицине**» и направлена на формирование следующих 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 Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов	ОПД 1 - Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов У1 - Умеет применять язык программирования Python при написании программного кода для решения профессиональных задач З1 - Знает синтаксис языка программирования Python, особенности программирования на этом языке, стандартные библиотеки языка программирования
19 Применяет системы контроля версий. Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках	ОПД2 - Применяет под контролем базовый функционал систем контроля версий. Правильно распределяет коммиты на логические единицы. В комментариях указывает задачи которые были выполнены в рамках доставляемых изменений У2 - Умеет использовать систему контроля версий Git для решения профессиональных задач З2 - Знает возможности системы контроля версий Git.

доставляемых изменений	Установленный регламент использования системы контроля версий Git.
------------------------	--

Освоение рабочей программы является инвариантно для всех обучающихся по Программе.

2. Структура и краткое содержание рабочей программы

№ п/п	Наименование тем, виды учебной работы и краткое содержание учебного материала	Объем, часов
1	Введение в биопечать и производственный контур технологии. Отличие биопечати от медицинской 3D-печати: работа с живыми клетками и концепция 4D-биопечати. Основные компоненты процесса: биопри́нтер, биочернила (клетки в биосовместимом гидрогеле) и скаффолды. Тканевые сфероиды и их естественное свойство слияния. Производственный контур: от выбора клеток до созревания биоконструкта в биореакторе и контроля качества.	6
2	Методы и технологии трехмерной биопечати. Классификация методов: капельная (inkjet), экструзионная, лазерная (LIFT) биопечать, стереолитография и гибридная печать. Сравнение технологий по ключевым параметрам: вязкость, точность, жизнеспособность биоконструкта и производительность. Типы биопри́нтеров (в т.ч. принтеры в виде роботической руки для печати <i>insitu</i>) и параметры их настройки.	6
3	Программное обеспечение и цифровое моделирование. Роль цифровой модели в биофабрикации (слайсинг и перевод в G-код). Виды ПО: универсальное инженерное (CAD/CAM), биомедицинское (для снимков КТ/МРТ) и контрольное ПО биопри́нтера. Геометрическое моделирование (включая метод функционального представления — FRep). Физическое и биологическое моделирование: расчет сдвигового напряжения, диффузии кислорода и предсказание выживаемости клеток (риски некроза).	5
4	Применение биопечати: от тканей к органам. Биопечать кожи: создание многослойных эквивалентов для лечения ран и <i>in vitro</i> моделей для тестирования. Биопечать хрящевой ткани: учет индивидуальной анатомии пациента и создание устойчивой геометрии для аваскулярной ткани. Биопечать костной ткани: стратегия регенерации, основанная на логике эндохондрального окостенения. Концепция биофабрики: микрофлюидные системы «органы на чипе» и комплексные органы для трансплантации.	5
5	Регуляторные, этические аспекты и контроль качества. Рынок биопечати: оценка зрелости сегментов, драйверы и барьеры (стандартизация, васкуляризация). Характеризация и стандартизация	5

№ п/п	Наименование тем, виды учебной работы и краткое содержание учебного материала	Объем, часов
	свойств клеток, гидрогелей, процесса и финального продукта. Этические нормы использования донорского материала.	
6	Промежуточная аттестация в формате зачета	3

3. Учебно-тематический план рабочей программы

№ п/п	Наименование и краткое содержание структурного элемента (раздела) Программы	Количество часов		
		аудиторных		самостоятельной работы
		лекции, семинары	практические занятия	
1	Введение в биопечать и производственный контур технологии.	2	2	2
2	Методы и технологии трехмерной биопечати.	2	2	2
3	Программное обеспечение и цифровое моделирование.	2	1	2
4	Применение биопечати: от тканей к органам.	2	1	2
5	Регуляторные, этические аспекты и контроль качества.	2	1	2
		10	7	10
6	Промежуточная аттестация	Зачет 3		
7	Итого	30		

4. Контроль и оценка результатов освоения рабочей программы

Образовательная организация высшего образования, реализующая рабочую программу, обеспечивает организацию и проведение промежуточного контроля в виде зачета.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценивания результатов практических работ и самостоятельной работы обучающихся.

Для текущего и промежуточного контроля создаются фонды оценочных средств (ФОС). ФОС включают в себя педагогические контрольно-измерительные материалы, предназначенные для определения соответствия (или несоответствия) индивидуальных образовательных достижений запланированным образовательным результатам.

5. Примеры оценочных средств

1. В чем заключается принципиальное отличие биопечати от классической медицинской 3D-печати?

- Использование биосовместимых пластиков.
- **Использование живых клеток в составе «биочернил».**
- Применение исключительно металлических порошков.
- Отсутствие необходимости в программном обеспечении.

2. Какое естественное свойство тканевых сфероидов используется в процессе созревания напечатанного биоконструкта?

- Способность к кристаллизации при комнатной температуре.
- **Способность к естественному слиянию друг с другом.**
- Быстрое испарение влаги.
- Отторжение гидрогелевой основы.

3. Какой метод биопечати позволяет работать с наиболее вязкими материалами и обладает высокой производительностью, но создает высокое сдвиговое напряжение для клеток?

- Капельная (inkjet) биопечать.
- Лазерная (LIFT) биопечать.
- **Экструзионная биопечать.**
- Стереолитография (SLA).

4. Что подразумевается под термином биопечать «insitu»?

- Печать модели органа из жесткого пластика для планирования операции.
- **Печать живыми клетками и биоматериалами непосредственно в дефект ткани пациента во время операции.**
- Выращивание сфероидов в биореакторе до начала печати.
- Печать только сосудистого русла органа.

5. Для чего в процессе биофабрикации используется процедура «слайсинга»?

- Для измельчения донорских тканей на микрофрагменты.
- Для гистологического исследования готового органа.
- **Для разделения цифровой 3D-модели на слои и генерации управляющего кода (G-кода) для биопринтера.**
- Для расчета скорости потока кислорода в биореакторе.

6. Какую задачу решает биологическое и физическое моделирование на этапе подготовки к биопечати?

- Определение стоимости биопринтера на рынке.
- **Расчет сдвигового напряжения, диффузии кислорода и предсказание выживаемости клеток.**
- Конвертация файлов из формата JPG в STL.
- Оформление этического протокола на донорский материал.

7. Какая стратегия регенерации часто применяется при биопечати костной ткани?

- Формирование рубцовой ткани вместо костной.
- Печать исключительно титановых опорных структур без клеток.
- **Создание хрящевого шаблона с последующим эндохондральным окостенением.**
- Замораживание стволовых клеток внутри костной полости.

8. Какая концепция в биофабрикации предполагает создание микрофлюидных систем для тестирования лекарств и изучения физиологии в лабораторных условиях?

- «Орган в банке».
- **«Органыначипе» (Organs-on-a-chip).**
- «Виртуальная клетка».
- «Механическое сердце».

9. Что является одним из главных технологических барьеров при создании крупных комплексных органов методом биопечати?

- Нехватка пластика для корпусов биоприпринтеров.
- Отсутствие программного обеспечения для открытия STL файлов.
- Запрет на использование 3D-принтеров в клиниках.
- **Сложность васкуляризации (создания полноценной кровеносной сети внутри толщи напечатанного органа).**

10. В чем заключается ключевая этическая и регуляторная проблема, требующая строгого контроля при биопечати?

- Влияние электромагнитного излучения принтера на зрение хирурга.
- **Использование, стандартизация и происхождение донорского клеточного материала.**
- Загрязнение окружающей среды биоразлагаемыми полимерами.
- Выбор цвета гидрогеля для печати.

7. Материально-техническое обеспечение реализации рабочей программы

Наименование аудиторий, адрес	Перечень оборудования	Адрес
	Общее и специальное оборудование	
1	2	3
Аудитория 133	Персональные компьютеры MSIThin 15 B12U. Все компьютеры имеют выход в сеть интернет и подключены к доменной сети университета. – 5 шт Телевизор Digma 65” – 1 шт FDM-принтердляпечати – PEEKCreatbotPEEK 250 Интраоральныйсканер – Shining3DAoralscan 3 Сканерлица – Shining3DMetiSmile Лабораторныйсканер – Shining3D Pro-H 3D-сканер- CrealityRaptorX FDM-принтер – BambuLabX1E Фотополимерный принтер – Shining3DD1S	ПСПбГМУим.ак. И.П.Павлова, Петроградская набережная 44, Центр цифровых и аддитивных технологий
Аудитория 132	Персональные компьютеры AquariusCMPNS658U – 10 шт.. Все компьютеры имеют выход в сеть	ПСПбГМУим.ак. И.П.Павлова, Петроградская

	интернет и подключены к доменной сети университета.– 14 шт Телевизор Digma 65” – 1 шт.	набережная 44, Учебный класс центра цифровых и аддитивных технологий
--	---	--

8. Кадровое обеспечение образовательного процесса

	ФИО	Должность	Модули (темы, лекции)
1.	Лысенко Анна Валерьевна	Доцент кафедры стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии, руководитель центра цифровых и аддитивных технологий	Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения. Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
2.	Волковой Олег Андреевич	Ассистент кафедры стоматологии ортопедической с курсом ортодонтии взрослых	Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
3.	Роман Александрович Студеникин	врач-стоматолог-хирург в клинике стоматологии НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.	Искусственный интеллект в медицине. Алгоритм создания и обучения нейросети. Подготовка данных для обучения нейросети: сегментация рентгенологических данных и радиомический анализ. Создание нейросети для клинического применения. Основы компьютерного моделирования и топологического бионического дизайна CAD-

			моделей для биопечати в клинической медицине. Биопечать для клинической медицины.
--	--	--	--

9. Информационное обеспечение реализации рабочей программы

1. Wu Y, Fuh J, Ozbolat IT. 3D Bioprinting in Tissue and Organ Regeneration. 1st ed. Elsevier; 2022. 306 p. ISBN 978-0-12-824291-9.
2. Saha P. 3D Bioprinting from Lab to Industry. 1st ed. Wiley; 2024. 528 p. ISBN 978-1-119-89437-7.
3. Zhang LG, Leong K, Fisher JP, editors. 3D Bioprinting and Nanotechnology in Tissue Engineering and Regenerative Medicine. 2nd ed. Academic Press; 2022. 562 p. ISBN 978-0-12-824552-1.
4. Ляпков АА, и др. Современные аддитивные технологии. М.: КНОРУС; 2024. 232 с. ISBN 978-5-406-12661-5.
5. Попов ВВ, Мюллер-Камский Г. Аддитивные технологии в медицине: учебное пособие. Екатеринбург: Издательство Уральского университета; 2023. 92 с. ISBN 978-5-7996-3690-6.
6. Dasgupta N, Singh V, Ranjan S, Mishra T, Mishra BN. 3D Printing in Biotechnology: Current Technologies and Applications. 1st ed. Elsevier; 2023. 228 p. ISBN 978-0-12-820301-9.

VI. Итоговая аттестация по Программе

После завершения обучения по Программе и прохождения итоговой оценки сформированности цифровых компетенций обучающиеся допускаются к итоговой аттестации.

Итоговая аттестация проводится с участием представителей профильных промышленных партнёров в форме демонстрационного экзамена и предусматривает выполнение обучающимся профессиональных задач и оценку результатов и/или процесса выполнения – проверку сформированности в рамках Программы цифровых компетенций.

Задания демонстрационного экзамена разрабатываются с участием организаций-работодателей, отраслевых партнёров и профессиональных сообществ. Демонстрационный экзамен должен предусматривать выполнение (демонстрацию) обучающимся деятельности, завершающейся получением результата (продукта или его элемента), значимого при выполнении трудовой функции или трудовых действий.

Для обеспечения организации и проведения итоговой аттестации разрабатывается положение об итоговой аттестации, регулирующее требования к выполнению, оформлению и оцениванию работ, заданий, условия проведения итоговой аттестации, требования к составу аттестационной комиссии. Состав комиссии, перечень тем итоговых аттестационных работ, портфолио, практических заданий и требований к выполнению разрабатывается и актуализируется при участии промышленных партнёров.

Примеры тем для демонстрационного экзамена

1. Разработка графического интерфейса (GUI) на Python для планирования хирургических вмешательств по данным компьютерной томографии.
2. Разработка скрипта на Python для автоматического расчета позиционирования имплантата или эндопротеза с учетом толщины костной стенки.
3. Создание скрипта для автоматизированного формирования текстового хирургического протокола на основе утвержденного цифрового плана лечения.
4. Разработка серверной архитектуры на базе ОС Linux (Ubuntu/Debian) для развертывания локальной системы поддержки принятия врачебных решений.
5. Настройка защищенного веб-сервиса с использованием Nginx для локальной передачи и хранения DICOM-файлов.
6. Разработка скрипта на Python для массовой автоматической анонимизации (обезличивания) DICOM-исследований пациентов.
7. Создание программы парсинга текстовых медицинских данных пациентов из локальных медицинских информационных систем (МИС).
8. Разработка Python-модуля для автоматической генерации структурированных текстовых отчетов по результатам радиомического анализа.
9. Создание скрипта для автоматизированного контроля версий и резервного копирования медицинских 3D-проектов на сервере клиники.
10. Разработка программного модуля для конвертации данных медицинской визуализации (DICOM) в форматы (STL/OBJ), оптимизированные для 3D-печати.
11. Создание приложения для автоматического расчета объема необходимого костнопластического материала при планировании замещения крупных костных дефектов.
12. Разработка интерактивного веб-приложения для 3D-визуализации этапов хирургической операции с целью информирования пациента.
13. Создание алгоритма оценки плотности тканей в единицах Хаунсфилда (HU) по данным КТ с помощью математических библиотек Python.
14. Разработка локальной базы данных (SQL/NoSQL) для структурированного хранения параметров напечатанных индивидуальных медицинских изделий.
15. Написание скрипта для пакетного извлечения метаданных из DICOM-файлов и формирования сводной аналитической таблицы характеристик снимков.
16. Обучение нейросети для автоматической сегментации магистрального сосудистого русла на снимках КТ/МРТ с контрастированием.

17. Разработка алгоритма автоматического выделения (сегментации) опухолевых очагов на МРТ-снимках головного мозга или паренхиматозных органов.
18. Применение методов машинного обучения для классификации типов плотности костной ткани по радиологическим данным (остеопороз/норма).
19. Разработка архитектуры нейронной сети для выявления скрытых воспалительных или неопластических процессов на рентгенограммах органов грудной клетки.
20. Создание алгоритма автоматического обнаружения артефактов от металлических ортопедических конструкций на КТ-снимках.
21. Программная редукция (подавление) выявленных металлических артефактов на медицинских изображениях методами компьютерного зрения.
22. Разработка алгоритма извлечения радиомических признаков (текстура, форма) из КТ-снимков паренхиматозных органов для анализа новообразований.
23. Формирование валидного датасета на основе извлеченных радиомических признаков для обучения прогностических моделей.
24. Создание нейросетевой модели для предсказания рисков хирургических осложнений на основе агрегированных клинических и радиомических данных.
25. Анализ динамики изменений на медицинских изображениях с течением времени для построения 3D-моделей эволюции патологии (например, роста опухоли).
26. Разработка системы автоматического распознавания очагов метастазирования по данным ПЭТ-КТ методами компьютерного зрения.
27. Создание программы для визуализации и анализа потоковых видеоданных с эндоскопических или лапароскопических камер в реальном времени.
28. Разработка алгоритма локализации анатомических ориентиров крупных суставов на рентгенограммах с помощью ИИ для предоперационного ортопедического планирования.
29. Исследование влияния алгоритмов предварительной фильтрации медицинских изображений на итоговую точность работы сегментирующей нейросети.
30. Проведение метрического тестирования и валидации обученного алгоритма компьютерного зрения на независимой тестовой выборке снимков.
31. Разработка Python-скрипта для автоматизированного исправления ошибок полигональной сетки (meshrepair) в STL-файлах перед 3D-печатью.
32. Интеграция скриптов в открытое ПО для 3D-моделирования (например, Blender) для параметрической генерации медицинских изделий.

33. Применение методов топологической оптимизации при проектировании CAD-модели индивидуального бионического эндопротеза сустава или пластины для краниопластики.
34. Создание CAD-модели топологически оптимизированного скаффолда (матрикса) для задач тканевой инженерии.
35. Оценка точности 3D-печати хирургических навигационных шаблонов из различных медицинских фотополимерных смол (технологии SLA/LCD/DLP).
36. Исследование влияния расположения модели на платформе и угла наклона на точность геометрии напечатанного индивидуального ортеза или направляющего шаблона.
37. Анализ влияния геометрии структур поддержек (supportstructures) на качество поверхности и деформацию сложных анатомических моделей органов.
38. Исследование физико-механических свойств напечатанных медицинских изделий в зависимости от режимов финальной УФ-засветки (пост-обработки).
39. Разработка протокола создания цифрового двойника пациента путем математического совмещения данных КТ, МРТ и оптического поверхностного сканирования тела.
40. Проектирование и 3D-печать многосоставного анатомического фантома внутренних органов для обучения студентов мануальным навыкам лапароскопической хирургии.
41. Моделирование и 3D-печать индивидуальной физической копии дефекта костной ткани для предварительной интраоперационной подгонки фиксирующих титановых пластин.
42. Расчет сдвигового напряжения клеток и параметров экструзии гидрогеля при подготовке G-кода для 3D-биопринтера.
43. Разработка цифровой 3D-модели сосудистого русла для последующего тестирования концепции биофабрикации «орган-на-чипе».
44. Сравнительный анализ размерной точности анатомических моделей, полученных методом экструзионной FDM-печати (PETG/PLA) и фотополимерной LCD-печати.
45. Проектирование в CAD-программе сложного индивидуального хирургического шаблона с опорой на костный рельеф для проведения точной остеотомии.
46. Разработка алгоритма полуавтоматического создания равномерных защитных оболочек (hollowing/shelling) для полых анатомических моделей с целью экономии материала печати.
47. Цифровое моделирование геометрии хрящевого каркаса (например, ушной раковины) для последующей 3D-биопечати.

48. Подготовка и оптимизация G-кода для гибридной 3D-печати, сочетающей послойную экструзию жесткого несущего каркаса и мягкого клеточного гидрогеля.
49. Проведение метрологического контроля геометрических размеров напечатанного медицинского изделия путем оптического 3D-сканирования и программного сравнения отклонений с исходной CAD-моделью.

VII. Завершение обучения по Программе

Лицам, завершившим обучение по Программе и достигших целевого уровня сформированности цифровых компетенций по результатам итоговой оценки и прошедших итоговую аттестацию, присваивается дополнительная ИТ-квалификация, установленная Программой.

При освоении Программы параллельно с получением высшего образования диплом о профессиональной переподготовке выдается не ранее получения соответствующего документа об образовании и о квалификации (за исключением лиц, имеющих среднее профессиональное или высшее образование).

Лицам, не прошедшим итоговую аттестацию или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть Программы и (или) отчисленным из образовательной организации высшего образования, реализующей Программу, выдается справка об обучении или о периоде обучения по образцу, самостоятельно устанавливаемому образовательной организацией высшего образования.