

Данные об утверждении образовательной программы:

Программа рассмотрена и одобрена Методическим советом ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России, протокол №82, от 3 апреля 2023г.

Программа утверждена Ученым Советом ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России, Протокол № 8 от 24 апреля 2023 г.

I. Общие положения

1. Дополнительная профессиональная программа (программа профессиональной переподготовки) ИТ-профиля «Язык Python в биомедицине» (далее – Программа) разработана в соответствии с нормами Федерального закона РФ от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», 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. N 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» (далее – приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации № 143); федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Минобрнауки России от 19 сентября 2017 г. № 929, (далее вместе – ФГОС ВО)), а также профессионального стандарта «Программист», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 ноября 2013 г. № 679н.)

2. Профессиональная переподготовка заинтересованных лиц (далее – Слушатели), осуществляемая в соответствии с Программой (далее – Подготовка), имеющей отраслевую направленность «Здравоохранение», проводится в ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России (далее – Университет) в соответствии с учебным планом в очной/заочной форме обучения.

3. Разделы, включенные в учебный план Программы, используются для последующей разработки календарного учебного графика, учебно-тематического плана, рабочей программы, 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 «Программист», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 ноября 2013 г. № 679н.

4. Программа регламентирует требования к профессиональной переподготовке в области разработки средства программной разработки.

Срок освоения Программы составляет 250 академических часов.

К освоению Программы в рамках проекта допускаются лица:

- получающие высшее образование по очной (очно-заочной) форме,

лица, освоившие основную профессиональную образовательную программу (далее – ОПОП ВО) бакалавриата – в объеме не менее первого курса (бакалавры 2-го курса), ОПОП ВО специалитета – не менее первого и второго курсов (специалисты 3-го курса), магистратуры, обучающиеся по ОПОП ВО не отнесенным к ИТ-сфере, а также обучающиеся по программам ординатуры.

Программа разработана для слушателей, обучающихся по специальностям и направлениям подготовки, не отнесенным к ИТ-сфере, согласно приложению к Методике расчета показателя «Количество принятых на обучение по программам высшего образования в сфере информационных технологий за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета (нарастающим итогом, начиная с 2021 года)», утвержденной приказом Минцифры России от 28 февраля 2022 г. № 143.

5. Область профессиональной деятельности: связь, информационные и коммуникационные технологии в Здравоохранении.

II. Цель

6. Целью подготовки слушателей по Программе является получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности в области информационных технологий в здравоохранении; приобретение новой квалификации программист.

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

7. Виды профессиональной деятельности, трудовая функция, указанные в профессиональном стандарте по соответствующей должности программист, представлены в таблице 1:

Таблица 1

Характеристика новой квалификации, связанной с видом профессиональной деятельности и трудовыми функциями в соответствии с профессиональным стандартом «Программист»

Область профессиональной деятельности	Тип задач профессиональной деятельности	Код и наименование профессиональной компетенции	Трудовые действия	Трудовая функция	Обобщенная трудовая функция	Вид профессиональной деятельности
Связь, информационные и коммуникационные технологии	Научно-исследовательский	ПК-1 –применяет язык программирования для решения профессиональных задач	Создание программного кода в соответствии с техническим заданием (готовыми спецификациями)	Написание программного кода с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными	Разработка и отладка программного кода	Разработка программного обеспечения
		ПК-2 применяет требования по оформлению программного кода	Приведение наименований переменных, функций, классов, структур данных и файлов в соответствие с установленными в организации требованиями	Оформление программного кода в соответствии с установленными требованиями	Разработка и отладка программного кода	Разработка программного обеспечения
			Структурирование исходного программного кода в соответствии с установленными в организации требованиями	Оформление программного кода в соответствии с установленными требованиями	Разработка и отладка программного кода	Разработка программного обеспечения
			Комментирование и разметка программного кода в соответствии с	Оформление программного кода в	Разработка и отладка программного	Разработка программного обеспечения

			установленными в организации требованиями	соответствии с установленными требованиями	кода	
	ПК-3 применяет методы проверки и отладки программного кода	Форматирование исходного программного кода в соответствии с установленными в организации требованиями	Оформление программного кода в соответствии с установленными требованиями	Разработка и отладка программного кода	Разработка программного обеспечения	
		Анализ и проверка исходного программного кода	Проверка и отладка программного кода	Разработка и отладка программного кода	Разработка программного обеспечения	
	ПК-4 применяет в работе системы контроля версий	Оценка и согласование сроков выполнения поставленных задач	Проверка и отладка программного кода	Разработка и отладка программного кода	Разработка программного обеспечения	
		Регистрация изменений исходного текста программного кода в системе контроля версий	Работа с системой контроля версий	Разработка и отладка программного кода	Разработка программного обеспечения	
		Слияние, разделение и сравнение исходных текстов программного кода	Работа с системой контроля версий	Разработка и отладка программного кода	Разработка программного обеспечения	
		Сохранение сделанных изменений программного кода в соответствии с регламентом контроля версий	Работа с системой контроля версий	Разработка и отладка программного кода	Разработка программного обеспечения	

Таблица 2

Характеристика новой и развиваемой цифровой компетенции в ИТ-сфере, связанной с уровнем формирования и развития в результате освоения Программы «Язык Python в биомедицине»

Наименование сферы	Код и наименование профессиональной компетенции	Пример инструментов	0 – способность не проявляется/ проявляется в степени, недостаточной для отнесения к 1 уровню сформированности компетенции	1 – способность проявляется под внешним контролем / при внешней постановке задачи/ обучающийся пользуется готовыми, рекомендованным и продуктами	2 – способность проявляется, но обучающийся эпизодически прибегает к экспертной консультации/ самостоятельно подбирает и пользуется готовыми продуктами	3 – способность проявляется системно / обучающийся модифицирует способность под определенные задачи / создает новый продукт, обучает других
Средства программной разработки	Применяет языки программирования для решения профессиональных задач (ПК-1)	Python	Не применяет языки программирования для решения профессиональных задач	Применяет языки программирования для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов	-	-

IV. Характеристика новых и развиваемых цифровых компетенций, формирующихся в результате освоения программы

8. В ходе освоения Программы Слушателем приобретаются следующие профессиональные компетенции:

ПК-1 применяет языки программирования для решения профессиональных задач.

ПК-2 применяет требования по оформлению программного кода.

ПК-3 применяет методы проверки и отладки программного кода.

ПК-4 применяет в работе системы контроля версий.

V. Планируемые результаты обучения по ДПП ПП

9. Результатами подготовки слушателей по Программе является получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности в области информационных технологий в здравоохранении; приобретение новой квалификации программист.

10. В результате освоения Программы слушатель должен:

В рамках ПК-1 знать:

Синтаксис Python, особенности программирования на Python, стандартные библиотеки.

Методологии разработки программного обеспечения.

Методологии и технологии проектирования и использования баз данных.

Технологии программирования.

Особенности среды программирования Visual Studio Code (или другой).

Компоненты программно-технических архитектур, существующие приложения и интерфейсы взаимодействия с ними.

Основные базы данных геномной и протеомной информации.

Алгоритмы поиска последовательностей в биоинформатических базах данных.

Знать требования информационной безопасности (в частности, Федеральный закон "О персональных данных" от 27.07.2006 N 152-ФЗ, Приказ Министерства здравоохранения РФ от 24 декабря 2018 г. N 911н "Об утверждении Требований к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций").

Уметь:

Применять Python для написания программного кода.

Использовать среду программирования Visual Studio Code (или другую).

Использовать возможности имеющейся технической и/или программной архитектуры.

Работать с базами данных нуклеотидных и аминокислотных последовательностей.

Использовать методы филогенетического анализа: создавать множественные выравнивания и строить филогенетические деревья.

Применять программные модули и библиотеки, отвечающие за информационную безопасность: в частности, защиту персональных данных, шифрование и др.

Владеть:

Обладать навыками создания программного кода в соответствии с техническим заданием.

Обладать навыками оптимизации программного кода с использованием специализированных программных средств.

Обладать навыками исследовательской работы в геномике, транскриптомике и протеомике.

Обладать навыками применения программно-аппаратных средств информационной безопасности.

В рамках ПК-2 знать:

Инструментарий для создания и актуализации исходных текстов программ.

Методы повышения читаемости программного кода.

Системы кодировки символов, форматы хранения исходных текстов программ: текстовый и специализированный формат Jupyter Notebook.

Нормативные документы, определяющие требования к оформлению программного кода в целом (ЕСПД), а также специализированный для Python стандарт PEP 8.

Уметь:

Применять нормативные документы, определяющие требования к оформлению программного кода в целом (ЕСПД), а также специализированный для Python стандарт PEP 8.

Применять инструментарий для создания и актуализации исходных текстов программ.

Применять имеющиеся шаблоны для составления технической документации.

Использовать вспомогательные инструментальные программные средства для обработки исходного текста программного кода.

Владеть:

Обладать навыками форматирования исходного программного кода в соответствии с нормативными документами.

Обладать навыками комментирования и разметки программного кода в соответствии с нормативными документами.

В рамках ПК-3 знать:

Методы и приемы отладки программного кода.

Типы и форматы сообщений об ошибках, предупреждений.

Способы использования технологических журналов, форматы и типы записей журналов.

Современные компиляторы, отладчики и оптимизаторы программного кода.

Сообщения о состоянии аппаратных средств.

Уметь:

Применять методы и приемы отладки программного кода.

Интерпретировать сообщения об ошибках, предупреждения, записи технологических журналов.

Применять современные компиляторы, отладчики и оптимизаторы программного кода;

Применять прикладные программы для просмотра конструкторской и технологической документации

Владеть:

Обладать навыками анализа и проверки исходного программного кода.

Обладать навыками отладки программного кода на уровне программных модулей.

Обладать навыками отладки программного кода на уровне межмодульных взаимодействий и взаимодействий с окружением.

В рамках ПК-4 знать:

Возможности системы контроля версий Git и вспомогательных инструментальных программных средств. Установленный регламент использования системы контроля версий.

Уметь:

Выполнять действия, соответствующие установленному регламенту используемой системы контроля версий.

Использовать систему контроля версий Git.

Владеть:

Обладать навыками работы в системе Git.

VI. Организационно-педагогические условия реализации ДПП

11. Реализация Программы должна обеспечить получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности в области информационных технологий в здравоохранении; приобретение новой квалификации программист.

12. Учебный процесс организуется с применением, инновационных

технологий и методик обучения, способных обеспечить получение слушателями знаний, умений и навыков в области связи, информационных и коммуникационных технологий.

13. Реализация Программы обеспечивается научно-педагогическими кадрами Университета, допустимо привлечение к образовательному процессу высококвалифицированных специалистов ИТ-сферы и/или дополнительного профессионального образования в части, касающейся профессиональных компетенций в области создания алгоритмов и программ, пригодных для практического применения, с обязательным участием представителей профильных организаций-работодателей. Возможно привлечение региональных руководителей цифровой трансформации (отраслевых ведомственных и/или корпоративных) к проведению итоговой аттестации, привлечение работников организаций реального сектора экономики субъектов Российской Федерации.

VII. Учебный план ДПП

14. Объем Программы составляет 250 часов.

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

Учебный план программы профессиональной переподготовки «Язык Python в биомедицине»

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Общая трудоемкость (250 часов)	Форма контроля
1.	Основы программирования на языке Python	55	зачет
1.1.	Введение. Прикладные программы для просмотра конструкторской и технологической документации. Внешние носители информации и устройства ввода/вывода информации. Основы алгоритмизации: понятие алгоритма, блок-схемы, псевдокод	11	

1.2.	Понятие переменной. Ввод и вывод. Основные типы данных	12	
1.3.	Инструкции и циклы. Функции, классы, модули	13	
1.4.	Система контроля версий	11	
1.5.	Основы информационной безопасности	8	
2.	Биостатистика в Python	70	зачет
2.1	Типовые задачи в биостатистике	10	
2.2	Библиотека NumPy	16	
2.3	Библиотека Matplotlib	11	
2.4	Библиотека Pandas	16	
2.5	Scipy.stats и Scipy.cluster	17	
3.	Веб-ресурсы, форматы и алгоритмы медицинской биоинформатики	74	зачет
3.1	Введение в биоинформатику. Базы данных	11	
3.2	Парное выравнивание последовательностей и BLAST	14	
3.3	Продвинутые стратегии поиска	10	
3.4	Множественное выравнивание последовательностей	14	
3.5	Филогенетика	14	
3.6	Секвенирование и разработка ПЦР-систем	11	
4.	Практика	36	экзамен
	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	9	зачет / экзамен
	Итоговая аттестация	6	Экзамен
	Итого:	250	

VIII. Календарный учебный график

Календарный учебный график программы профессиональной переподготовки «Язык Python в биомедицине»

№ пп	Наименование раздела(модуля)	Учебные недели																																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
		сентябрь					октябрь					ноябрь					декабрь					январь					февраль					март			апрель				май		
1.	Основы программирования на языке Python	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО												
2.	Биостатистика в Python					ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО																				
3.	Веб-ресурсы, форматы и алгоритмы медицинской биоинформатики							ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО												
4.	Практика																																								
	Промежуточная аттестация																																							Э	
	Итоговая аттестация																																								Э

ТО – текущее обучение, П – практика, Э - промежуточная, итоговая аттестация

IX. Рабочая программа учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей)

16. Рабочая программа содержит перечень разделов и тем, а также рассматриваемых в них вопросов с учетом их трудоемкости.

Рабочая программа разрабатывается Университетом с учетом профессионального стандарта «Программист», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 ноября 2013 г. № 679н.

№ п/п	Наименование и краткое содержание раздела(модуля)	Объем, часов
1.	<p>Основы программирования на языке Python</p> <p><i>Основные темы:</i> Прикладные программы для просмотра конструкторской и технологической документации. Внешние носители информации и устройства ввода/вывода информации Основы алгоритмизации. Основы языка Python. Отладка программ. Работа в системе контроля версий.</p> <p><i>Краткое содержание</i> Введение в программирование, программирование в медицине. Базовые конструкции языка Python. Ввод-вывод. Динамические структуры данных. Основы структурного программирования, модули. Основы объектно-ориентированного программирования, классы.</p>	55
1.1.	<p>Введение. Основы алгоритмизации: понятие алгоритма, блок-схемы, псевдокод</p> <p>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.</p>	11
1.2.	<p>Понятие переменной. Ввод и вывод. Основные типы данных</p> <p>Понятие переменной. Оператор присваивания. Ввод и вывод данных. Функция print. Функция input. Основные типы данных: булевский тип, числа (целые и</p>	12

	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.	
1.3.	<p>Инструкции и циклы. Функции, классы, модули</p> <p>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.</p>	13
1.4.	<p>Система контроля версий</p> <p>Локальные, централизованные и распределённые системы контроля версий. Установка Git. Создание репозитория, запись изменений, просмотр истории, операции отмены. Ветвление, управление ветками. GitHub.</p>	11
1.5.	<p>Основы информационной безопасности</p> <p>Конфиденциальность, целостность, доступность данных. Методы ограничения доступа к данным. Понятия о шифровании данных и защищённых каналах передачи данных. Защита от вирусов и несанкционированного доступа. Понятие о DoS атаках. Конфиденциальность данных. Федеральный закон "О персональных данных" от 27.07.2006 N 152-ФЗ и его применение в здравоохранении.</p>	8
2.	<p>Биостатистика в Python</p> <p><i>Основные темы:</i> Математическая библиотека NumPy. Графическая библиотека Matplotlib. Библиотека Pandas по работе с таблицами данных.</p> <p><i>Краткое содержание</i> Массивы, индексирование и слайсинг массивов в NumPy. Операции с массивами. N-мерные массивы, форма, операции над массивами. Создание графики в библиотеке Matplotlib: основные графические команды. Структура рисунка: области рисования, координатные оси, деления</p>	70

	осей. Специальные элементы рисунка: текст и шрифты, легенда, цветовая палитра, особые виды области рисования и координатных осей. Структуры данных в библиотеке Pandas: серия, датафрейм. Индексы и метки. Слайсинг, присваивание значений, фильтрация значений. Операции над структурами данных.	
2.1	Типовые задачи в биостатистике Представление данных в биомедицине. Описательная статистика. Основы проверки статистических гипотез. Дисперсионный и пост-хок анализ. Корреляция и регрессия. Классификация и кластеризация.	10
2.2	Библиотека NumPy N-мерные массивы и операции над ними. Математические функции. Линейная алгебра, матрицы и операции над ними. Определение характеристик выборки, сортировка, поиск. Корреляция.	16
2.3	Библиотека Matplotlib Работа с модулем pyplot. Настройка графиков: легенда, текстовые элементы, компоновка. Линейный, ступенчатый, стековый, точечный график. Столбчатые и круговые диаграммы.	11
2.4	Библиотека Pandas Форматы csv, tsv. Чтение файлов при помощи библиотеки Pandas на примере лабораторных и клинических данных. Объект Series: создание, размер, форма, срезы. Объект DataFrame: создание, доступ к данным внутри объекта DataFrame. Выполнение логического отбора.	16
2.5	Scipy.stats и Scipy.cluster Пакет stats. Распределения. Характеристики выборки. Корреляции. Статистические тесты. Пакет cluster. Кластеризация k-средних. Иерархическая кластеризация. Разбор ЭКГ на примере массива scipy.misc.electrocardiogram().	17
3.	Веб-ресурсы, форматы и алгоритмы медицинской биоинформатики. <i>Основные темы:</i> БД биомедицинской информации NCBI, EMBL, DDBJ.	74

	<p>Язык XML, форматы данных. Алгоритмы выравнивания и построения филогенетических деревьев.</p> <p><i>Краткое содержание</i></p> <p>Навыки работы с ресурсами, обеспечивающими доступ к публикациям журналов по медицинским тематикам (PubMed), к геномным сборкам (NCBI Assembly), нуклеотидным последовательностям (GenBank, TrEMBL), аминокислотным последовательностям (UniProtKB/SWISS-Prot, RefSeq, NCBI NR), структурные базы данных (PDB). Синтаксис и основные понятия языка XML. Парсеры XML. Стандарт DOM. HTML. Валидация XML файлов. Форматы данных в биоинформатике: FASTA, NWK, FASTQ, SAM, BAM, VCF, BED, PDB. Алгоритм поиска последовательностей BLAST. Глобальное и локальное выравнивание, матрицы замен BLOSUM, PAM. Методы построения филогенетических деревьев: метод невзвешенного попарного среднего, метод присоединения соседей, максимального правдоподобия.</p>	
3.1	<p>Введение в биоинформатику. Базы данных</p> <p>Доступ к ресурсам NCBI. Международная коллаборация баз данных нуклеотидных последовательностей. Хранилище Entrez. Формат XML. Парсеры XML. Стандарт DOM. Система GenBank. База данных UniProtKB. Идентификаторы последовательностей в GenBank, RefSeq, UniProtKB. База данных трёхмерных структур белков PDB. Формат PDB.</p>	11
3.2	<p>Парное выравнивание последовательностей и BLAST</p> <p>Гомологи. Понятие схожести (similarity) и идентичности (identity) последовательностей. Формат FASTA. Парное выравнивание. Системы набора очков PAM и BLOSUM. Алгоритм поиска BLAST: параметры, интерпретация результатов.</p>	14
3.3	<p>Продвинутые стратегии поиска</p> <p>Матрица PSSM. PSI-BLAST. RPS-BLAST. PHI-BLAST. Скрытая Марковская модель. HMMER. Отличие HMM и PSSM.</p>	10
3.4	<p>Множественное выравнивание последовательностей</p> <p>Прямой метод и прогрессивное выравнивание. ClustalW. Итеративный подход. MAFFT, MUSCLE. Понятие</p>	14

	законсервированности позиции. Множественные выравнивания геномов. GERP. PhyloP.	
3.5	<p>Филогенетика</p> <p>Филогенетическое дерево и его составные части. Позитивная и негативная селекция. Определение родства последовательностей: расстояния Хэмминга, распределение Пуассона, модели Юкса-Кантора, Кимуры, Тамуры. Методы построения деревьев: основанные на расстояниях (UPGMA, NJ), методе максимальной парсимонии и максимального правдоподобия. Байесовское филогенетическое дерево. Формат NWK.</p>	14
3.6	<p>Секвенирование и разработка ПЦР-систем</p> <p>Репликация ДНК. Метод Sanger. Секвенирование второго поколения: технология Illumina, Ion Torrent. Секвенирование третьего поколения: PacBio, Oxford Nanopore. Форматы файлов FASTQ, SAM, BAM, VCF. Подбор праймеров и зондов для ПЦР-реакции.</p>	11
4.	<p>Практика.</p> <p>Основными площадками для прохождения практики являются научно-клинические подразделения университета и учебные базы в других клиниках:</p> <ul style="list-style-type: none"> – НИЦ биоинформатики НОИ биомедицины ПСПбГМУ им. И.П.Павлова – лаборатория медицинской генетики отдела молекулярно-генетических и нанобиологических технологий ПСПбГМУ им. И.П.Павлов – ГКУЗ ЛО «МИАЦ» – НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова – ФГБНУ "НИИ АГиР им.Д.О.Отта – ООО Интеллектуальные программные системы 	36
5.	<p>Основные темы: Промежуточная аттестация</p> <p><i>Краткое содержание:</i></p> <p>Сдача зачетов по трем разделам и один экзамен по разделу «Практика»</p>	9
6.	<p>Основные темы: Итоговая аттестация</p> <p><i>Краткое содержание:</i></p> <p>Итоговая аттестация по Программе проводится в форме защиты проекта</p>	6

17. Учебно-тематический план Программы определяет тематическое содержание, последовательность разделов и (или) тем и их трудоемкость.

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Количество часов аудиторных	
		Лекции	Семинары
1.	Основы программирования на языке Python	5	50
1.1.	Введение. Прикладные программы для просмотра конструкторской и технологической документации. Внешние носители информации и устройства ввода/вывода информации Основы алгоритмизации: понятие алгоритма, блок-схемы, псевдокод	1	10
1.2.	Понятие переменной. Ввод и вывод. Основные типы данных	1	11
1.3.	Инструкции и циклы. Функции, классы, модули	1	12
1.4.	Система контроля версий	1	10
1.5.	Основы информационной безопасности	1	7
2.	Биостатистика в Python	4	66
2.1	Типовые задачи в биостатистике	-	10
2.2	Библиотека NumPy	1	15
2.3	Библиотека Matplotlib	1	10
2.4	Библиотека Pandas	1	15
2.5	Scipy.stats и Scipy.cluster	1	16
3.	Веб-ресурсы, форматы и алгоритмы медицинской биоинформатики	5	69
3.1	Введение в биоинформатику. Базы данных	1	10
3.2	Парное выравнивание последовательностей и BLAST	1	13

3.3	Продвинутые стратегии поиска	-	10
3.4	Множественное выравнивание последовательностей	1	13
3.5	Филогенетика	1	13
3.6	Секвенирование и разработка ПЦР-систем	1	10
4.	Практика	-	36
5.	Промежуточная аттестация	9	
6.	Итоговая аттестация	6	

**указать вид (-ы) запланированной самостоятельной работы*

Х. Формы аттестации

18. Слушатели, успешно выполнившие все элементы учебного плана, допускаются к итоговой аттестации. Итоговая аттестация по Программе проводится в форме междисциплинарного экзамена.

19. Лицам, успешно освоившим Программу (в области создания алгоритмов и программ, пригодных для практического применения, или навыков использования и освоения цифровых технологий, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности) и прошедшим итоговую аттестацию в рамках проекта «Цифровые кафедры», выдается документ о квалификации: диплом о профессиональной переподготовке.

При освоении ДПП ПП 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).

20. Лицам, не прошедшим итоговую аттестацию или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть Программы и (или) отчисленным из Университета, выдается справка об обучении или о периоде обучения по образцу, самостоятельно устанавливаемому Университетом.

XI. Оценочные материалы

21. Контроль знаний, полученных слушателями при освоении разделов (модулей) Программы, осуществляется в следующих формах:

- текущий контроль успеваемости – обеспечивает оценивание хода освоения разделов Программы, проводится в форме опроса или тестирования;

- промежуточная аттестация – завершает изучение отдельного модуля Программы, проводится в форме зачета или экзамена;

- итоговая аттестация – завершает изучение всей программы.

22. В ходе освоения Программы каждый слушатель выполняет следующие отчетные работы:

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Задание	Критерии оценки
1.	Основы программирования на языке Python	Тестирование Опрос	Описание шкалы оценивания тестирования: – от 0 до 49,9 % выполненных заданий – неудовлетворительно; – от 50 до 69,9% – удовлетворительно; – от 70 до 85,9% – хорошо; – от 86 до 100% – отлично Критерии оценивания преподавателем ответа на вопросы: – соответствие содержания ответа заданию, полнота раскрытия темы/задания (оценка соответствия содержания ответа теме/заданию); – умение проводить аналитический анализ прочитанной учебной и научной литературы, сопоставлять теорию и практику; – логичность, последовательность изложения ответа; – аргументированность, доказательность излагаемого материала. Оценка «отлично» выставляется за ответ, в котором содержание соответствует теме или заданию, обучающийся глубоко и прочно усвоил учебный материал, последовательно, четко и логически стройно излагает его,

		<p>демонстрирует собственные суждения и размышления на заданную тему, делает соответствующие выводы; умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, приводит материалы различных научных источников, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения задания, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p> <p>Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если его ответ соответствует и раскрывает тему или задание, обучающийся показывает знание учебного материала, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей при выполнении задания, правильно применяет теоретические положения при выполнении задания, владеет необходимыми навыками и приемами его выполнения, однако испытывает небольшие затруднения при формулировке собственного мнения, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p> <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если его ответ в полной мере раскрывает тему/задание, обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении учебного материала по заданию, его собственные суждения и размышления на заданную тему носят поверхностный характер.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если не раскрыта тема, содержание ответа не соответствует теме, обучающийся не обладает знаниями по значительной части учебного материала и не может грамотно изложить ответ на поставленное задание, не высказывает своего мнения по теме, допускает существенные</p>
--	--	--

			ошибки, ответ выстроен непоследовательно, неаргументированно.
2.	Биостатистика в Python	Тестирование Опрос	<p>Описание шкалы оценивания тестирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – от 0 до 49,9 % выполненных заданий – неудовлетворительно; – от 50 до 69,9% – удовлетворительно; – от 70 до 85,9% – хорошо; – от 86 до 100% – отлично <p>Критерии оценивания преподавателем ответа на вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – соответствие содержания ответа заданию, полнота раскрытия темы/задания (оценка соответствия содержания ответа теме/заданию); – умение проводить аналитический анализ прочитанной учебной и научной литературы, сопоставлять теорию и практику; – логичность, последовательность изложения ответа; – аргументированность, доказательность излагаемого материала. <p>Оценка «отлично» выставляется за ответ, в котором содержание соответствует теме или заданию, обучающийся глубоко и прочно усвоил учебный материал, последовательно, четко и логически стройно излагает его, демонстрирует собственные суждения и размышления на заданную тему, делает соответствующие выводы; умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, приводит материалы различных научных источников, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения задания, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p> <p>Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если его ответ соответствует и раскрывает тему или задание, обучающийся показывает знание учебного материала, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей при выполнении задания, правильно применяет</p>

			<p>теоретические положения при выполнении задания, владеет необходимыми навыками и приемами его выполнения, однако испытывает небольшие затруднения при формулировке собственного мнения, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p> <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если его ответ в полной мере раскрывает тему/задание, обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении учебного материала по заданию, его собственные суждения и размышления на заданную тему носят поверхностный характер.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если не раскрыта тема, содержание ответа не соответствует теме, обучающийся не обладает знаниями по значительной части учебного материала и не может грамотно изложить ответ на поставленное задание, не высказывает своего мнения по теме, допускает существенные ошибки, ответ выстроен непоследовательно, неаргументированно.</p>
3	Веб-ресурсы, форматы и алгоритмы медицинской биоинформатики	Тестирование Опрос	<p>Описание шкалы оценивания тестирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – от 0 до 49,9 % выполненных заданий – неудовлетворительно; – от 50 до 69,9% – удовлетворительно; – от 70 до 85,9% – хорошо; – от 86 до 100% – отлично <p>Критерии оценивания преподавателем ответа на вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – соответствие содержания ответа заданию, полнота раскрытия темы/задания (оценка соответствия содержания ответа теме/заданию); – умение проводить аналитический анализ прочитанной учебной и научной литературы, сопоставлять теорию и практику; – логичность, последовательность изложения ответа; – аргументированность, доказательность

		<p>излагаемого материала.</p> <p>Оценка «отлично» выставляется за ответ, в котором содержание соответствует теме или заданию, обучающийся глубоко и прочно усвоил учебный материал, последовательно, четко и логически стройно излагает его, демонстрирует собственные суждения и размышления на заданную тему, делает соответствующие выводы; умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, приводит материалы различных научных источников, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения задания, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p> <p>Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если его ответ соответствует и раскрывает тему или задание, обучающийся показывает знание учебного материала, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей при выполнении задания, правильно применяет теоретические положения при выполнении задания, владеет необходимыми навыками и приемами его выполнения, однако испытывает небольшие затруднения при формулировке собственного мнения, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p> <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если его ответ в полной мере раскрывает тему/задание, обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении учебного материала по заданию, его собственные суждения и размышления на заданную тему носят поверхностный характер.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если не раскрыта тема,</p>
--	--	--

			содержание ответа не соответствует теме, обучающийся не обладает знаниями по значительной части учебного материала и не может грамотно изложить ответ на поставленное задание, не высказывает своего мнения по теме, допускает существенные ошибки, ответ выстроен непоследовательно, неаргументированно.
7	Практика	Выполнение проекта или задания, поставленного отраслевым и компаниям и / организациями	<p>На практике реализуется прототип проекта, демонстрирующий основные возможности продукта. При этом вторичные, вспомогательные функции могут работать некорректно при исключительных ситуациях. Оценка работоспособности прототипа проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> — прототип проекта неработоспособен — неудовлетворительно; — выполнен прототип проекта, не полностью реализующий функции, заложенные в техническом задании; имеются существенные ошибки — удовлетворительно; — выполнен прототип проекта, реализующий более 80% основных функций, заложенных в техническом задании; имеются незначительные ошибки — хорошо; — выполнен прототип проекта, реализующий все основные функций, заложенные в техническом задании; имеются незначительные ошибки — отлично
8	Промежуточная аттестация	Зачет	<p>Зачет проводится в виде тестирования</p> <p>Описание шкалы оценивания тестирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – от 0 до 49,9 % выполненных заданий — неудовлетворительно; – от 50 до 69,9% – удовлетворительно; – от 70 до 85,9% – хорошо; – от 86 до 100% – отлично
9	Итоговая аттестация	Защита проекта	<p>Итоговая аттестация проводится в форме защиты проекта.</p> <p>Критерии оценивания проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> – актуальность проекта; – практическая значимость проекта; – применение методов медицинской биоинформатики; – соответствие результатов заявленной цели и задачам проекта; – представление доклада.

		<p>Оценка «отлично» выставляется за проект, обладающий высокой актуальностью и практической значимостью, включающий в себя изученные в рамках ДПП ПП технологии, результаты проекта соответствуют решению поставленных задач, доклад представлен ясно и логично, содержит иллюстративный материал, обучающийся полностью владеет темой проекта и отвечает на все дополнительные вопросы.</p> <p>Оценка «хорошо» выставляется за проект, обладающий высокой актуальностью и практической значимостью, включающий в себя изученные в рамках ДПП ПП технологии, результаты проекта соответствуют решению поставленных задач, в проекте могут быть допущены незначительные недоработки, доклад представлен ясно и логично, обучающийся владеет темой проекта и отвечает на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется за проект, включающий в себя изученные в рамках ДПП ПП технологии, результаты проекта частично соответствуют решению поставленных задач, обучающийся не отвечает на некоторые вопросы, касающиеся темы проекта и его реализации.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не смог выполнить и представить результаты проекта в результате допущенных существенных ошибок или недопустимого упрощения поставленной задачи.</p>
--	--	--

23. Текущий контроль. Перечень примерных заданий

Основы программирования на языке Python

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='АТ'. f*5 равно ... [Ответ: 'АТАТАТАТ']

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 stage area
- б) Добавляя все изменения при помощи команды «git stage»
- в) Добавляя все изменения при помощи команды «git add»
- г) Создавая новый commit при помощи «git init»

Биостатистика в Python

Примеры тестовых заданий:

Укажите корректный синтаксис для создания массива NumPy:

- а) np.array([1,2,3,4,5]) +
- б) np.createArray([1,2,3,4,5])
- в) np.object([1,2,3,4,5])

Какой из нижеперечисленных массивов является двухмерным?

- а) [1,2,3,4,5]
- б) [[1,2,3],[4,5,6]] +
- в) 42

Выберите команду для проверки числа измерений массива

- а) np.ndim +
- б) np.ndim()
- в) np.dim()
- г) np.dim

Выберите способ напечатать первый по счёту элемент массива:

- а) print(myArr[1])
- б) print(myArr[0]) +
- в) print(myArr,1)

Выберите команду для визуализации графиков:

- а) plt.display()
- б) plt.show() +
- в) plt.chart()
- г) plt.graph()

Выберите команду для добавления заголовка в график:

- а) title("title of the chart")
- б) plt.title("title of the chart") +
- в) plt.title(title of the chart)

Какая из следующих команд отсортирует датафрейм по наименованиям колонок?

- а) df.sort_index()
- б) df.sort()
- в) df.sort_index(axis=1) +
- г) df.sort(axis='columns')

Веб-ресурсы, форматы и алгоритмы медицинской биоинформатики

Примеры тестовых заданий:

Какой из вариантов соответствует идентификатору иРНК в базе данных RefSeq?

- а) J01536
- б) NM_15392 +
- в) NP_52280
- г) AAB134506

Выберите верное определение ортологов:

- а) Гомологичные последовательности в разных видах, имеющие общего предка +
- б) Структурно схожие, но непохожие друг на друга по последовательности гомологичные последовательности
- в) Гомологичные последовательности внутри одного вида, возникшие в результате дупликации предкового гена
- г) Гомологичные последовательности внутри одного вида, обеспечивающие схожие функции

Какая программа подходит для поиска белковой последовательности, наиболее схожей с продуктом искомой нуклеотидной последовательности?

- а) BLASTN
- б) BLASTP
- в) BLASTX +
- г) TBLASTN
- д) TBLASTX

Какой из показателей отражает примерное число ложноположительных результатов поиска BLAST?

- а) E-value +
- б) bit score
- в) percent identity
- г) percent positives

ClustalW является более совершенной версией Clustal, в названии которой W означает:

- а) weakening
- б) winding
- в) weighting +
- г) wiping

Укажите пример оперативной таксономической единицы (OTU):

- а) множественное выравнивание
- б) аминокислотная последовательность +
- в) клада
- г) узел

Какая аминокислота является наименее изменяемой согласно матрице замен РАМ?

- а) аланин
- б) глутамин
- в) метионин
- г) цистеин +

Алгоритм глобального выравнивания (например, Нидлмана-Вунша) обеспечивает обнаружение оптимального выравнивания. Такой алгоритм:

- а) Укладывает две выравниваемых последовательности на матрицу и осуществляет перебор всех возможных вариантов выравнивания
- б) Укладывает две выравниваемых последовательности на матрицу и рассчитывает оптимальные очки выравнивания путём итеративной рекурсии
- в) Укладывает две выравниваемых последовательности на матрицу и обнаруживает оптимальные участки пути, которые определяют лучшее из возможных выравниваний +
- г) Подходит только для аминокислотных, а не для нуклеотидных последовательностей

Нормализованные очки BLAST (bit scores):

- а) Не имеют единицы измерения
- б) Не зависят от используемой матрицы замен
- в) Могут сравниваться между различными поисками BLAST, даже если использовались разные матрицы замен +
- г) Могут сравниваться между различными поисками BLAST, но только если использовалась одна и та же матрица замен

24. Промежуточная аттестация. Перечень примерных _____ заданий

Основы программирования на языке Python

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?

Биостатистика в Python

Примеры контрольных вопросов:

- Какие типы данных поддерживает ndarray?
- Какие функции для создания массивов Вы знаете?
- Какие статистические функции NumPy Вы знаете?
- Сколько осей координат может быть на одном изображении?
- Какая функция является основной для построения плоских кривых?
- Что такое субграфик?
- Перечислите типы графиков, визуализируемых при помощи Matplotlib.
- На каком языке написана библиотека Pandas?
- Какие операции можно совершать над датафреймами Pandas?
- Какие способы создания датафреймов Вы знаете?
- Что обозначает выражение "~df" и как оно преобразует датафрейм df?

Веб-ресурсы, форматы и алгоритмы медицинской биоинформатики

Примеры контрольных вопросов:

- Каким образом поддерживается контроль качества входных данных в GenBank?
- Существует ли способ подобрать матрицу замен для сравнения двух белков?
- Сколько вариантов белков может быть закодировано в сравнительно небольшой типичной двухцепочечной спирали ДНК? Почему?
- О чём говорится в гипотезе молекулярных часов?
- В чём отличие PSI-BLAST от обычного поиска BLAST?
- Каково будет среднее значение идентичности между парами случайно сгенерированных нуклеотидных последовательностей? Аминокислотных последовательностей?
- Сколько парных выравниваний необходимо составить для множественного выравнивания из N последовательностей?

25. Итоговая аттестация. Перечень типовых тем для практики

Обработка биомедицинских данных эксперимента с тремя группами пациентов: группой контроля, экспериментальной группой 1, экспериментальной группой 2. Сравнение независимых выборок. Оценка размера эффекта. Проверка статистической значимости. Учет множественных сравнений. Исходные данные выдает руководитель проекта.

Обработка биомедицинских данных эксперимента с двумя группами и исследованием динамики. Изучение динамики показателей (сравнение зависимых выборок). Сравнение динамики в первой и второй группах в абсолютных и относительных эффектах. Оценка размеров эффекта. Проверка статистической значимости. Исходные данные выдает руководитель проекта.

Обработка биомедицинских данных с помощью кластерного анализа. Задача уменьшения размерности, метод главных компонент. Исходные данные выдает руководитель проекта.

Использование баз данных для анализа распределения мутаций и полиморфизмов (ClinVar, LOVD, COSMIC, dbSNP) по структуре белка (PDB). Поиск наиболее уязвимых участков белка, связанных с патогенными вариантами (хотспотов), их визуализация. Белок определяет руководитель проекта.

Эволюционная реконструкция <гена>.

В качестве гена, например, можно взять:

- TP53,
- BRCA1,
- PIK3CA.

Разработка ПЦР-системы для секвенирования <участка генома>

В качестве участка генома, например, можно взять:

- ген BRCA2,
- экзоны 2, 3 и 4 NRAS и KRAS,
- ген S-белка SARS-CoV-2.

Прогнозирование и обобщение результатов предикции эффекта мутаций <гена>

В качестве гена, например, можно взять:

- BRAF,
- KMT2A,
- NPM1.

XII. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение 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

ХIII. Список литературы

- [1] The Python Tutorial: [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.
- [7] NumPy: the absolute basics for beginners - NumPy v1.23 Manual: [сайт]. URL: https://numpy.org/doc/stable/user/absolute_beginners.html
- [8] Tutorials - Matplotlib 3.5.2 Documentation: [сайт]. URL:
<https://matplotlib.org/stable/tutorials/index.html>
- [9] Community tutorials - pandas 1.4.3 documentation: [сайт]. URL:
https://pandas.pydata.org/docs/getting_started/tutorials.html
- [10] Сингер, М. Гены и геномы / М. Сингер, П. Берг : В 2-х томах. Том 1, 2. Пер. с англ. — М.: Мир, 1998. — 391 с. — ISBN 5-03-002850-1.
- [11] Леск, А. Введение в биоинформатику. / А. Леск, Н. Аникин - 2-е изд.- М.: БИНОМ, Лаборатория знаний. 2017. - 318 с. - ISBN 978-5-9963-1614-4.
- [12] Часовских, Н.Ю.: Биоинформатика. Учебник. / Н. Ю. Часовских Н., Е. В. [1] Панченко - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020 г. - 352 с. ISBN: 978-5-9704-5542-5.
- [13] Стефанов, В. Е. Биоинформатика : учебник для академического бакалавриата / В. Е. Стефанов, А. А. Тулуб, Г. Р. Мавропуло-Столяренко.- М.: Юрайт. - 2021 г. - 252 с. - ISBN 978-5-9916-6986-3, 978-5-534-00860-9.
- [14] Мушкамбаров, Н.Н. Молекулярная биология. Учебное пособие для студентов медицинских вузов. / Н. Н. Мушкамбаров, С. Л. Кузнецов - М.: МИА. - 2007 г. - 536 с. - ISBN 5-89481-618-1.
- [15] Biopython Tutorial and Cookbook: [сайт]. URL:
<http://biopython.org/DIST/docs/tutorial/Tutorial.html>