

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Введение в биоинформатику

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Вычислительные методы и суперкомпьютерные технологии

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Введение в биоинформатику относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-12: Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач производственно-технологической деятельности	<p>ПК-12.1: Знает основные методы разработки математических методов, системного и прикладного программного обеспечения для решения задач производственнотехнологической деятельности</p> <p>ПК-12.2: Умеет оценивать трудоемкость разработки программных средств для решения задач производственнотехнологической деятельности</p> <p>ПК-12.3: Имеет навыки разработки системного программного обеспечения для решения задач производственнотехнологической деятельности</p>	<p>ПК-12.1: ЗНАТЬ Современное состояние исследований в области биоинформатики, базовые алгоритмы биоинформатики, условия их применимости к решению задач производственно-технологической деятельности.</p> <p>ПК-12.2: УМЕТЬ Определять и профессионально реализовывать необходимые вычислительные алгоритмы биоинформатики для решения задач производственно-технологической деятельности, анализировать полученные результаты.</p> <p>ПК-12.3: ВЛАДЕТЬ Навыками программной реализации вычислительных методов и алгоритмов биоинформатики для решения задач производственно-технологической деятельности.</p>	Отчет по лабораторным работам	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-5: Способен	ПК-5.1: Знает типовые	ПК-5.1:	Отчет по	

разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной деятельности	математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности ПК-5.2: Умеет применять типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности ПК-5.3: Имеет навыки разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности	ЗНАТЬ Современное состояние исследований в области биоинформатики, базовые алгоритмы биоинформатики, условия их применимости к решению научных проблем и задач. ПК-5.2: УМЕТЬ Определять и профессионально реализовывать необходимые вычислительные алгоритмы биоинформатики для решения научных проблем и задач, анализировать полученные результаты. ПК-5.3: ВЛАДЕТЬ Навыками программной реализации вычислительных методов и алгоритмов биоинформатики для решения научных проблем и задач.	лабораторным работам	Зачёт: Контрольные вопросы
--	--	---	----------------------	-------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабора- торные работы), часы	Всего	
	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф
Введение. Основные макромолекулы живых организмов.	15	2	2	4	11
Алгоритмы полного перебора.	16	2	2	4	12
Поисковые деревья. Метод ветвей и границ.	19	3	3	6	13
Динамическое программирование. Введение.	19	3	3	6	13
Динамическое программирование. Локальное и глобальное выравнивание.	19	3	3	6	13
Графовые алгоритмы.	19	3	3	6	13
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	108	16	16	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Основные макромолекулы живых организмов.
2. Алгоритмы полного перебора.
3. Поисковые деревья. Метод ветвей и границ.
4. Динамическое программирование. Введение.
5. Динамическое программирование. Локальное и глобальное выравнивание.
6. Графовые алгоритмы.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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

Самостоятельная работа студентов подразделяется на следующие категории:

- Изучение учебной литературы (см. перечень образовательных материалов).
- Выполнение лабораторных работ

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

Типовые темы лабораторных работ:

Задание

Разработать приложение, выполняющее поиск обратно-комплементарной цепи ДНК.

Входные параметры приложения: цепь ДНК.

Выходные параметры приложения: цепь ДНК, обратно-комплементарная к данной.

Задание

Разработать приложение, выполняющее поиск стартовых позиций паттерна в геноме.

Входные параметры приложения: цепь ДНК, паттерн.

Выходные параметры приложения: массив стартовых позиций паттерна в цепи ДНК.

Задание

Разработать приложение, выполняющее подсчет числа вхождений паттерна в геном.

Входные параметры приложения: цепь ДНК, паттерн.

Выходные параметры приложения: число вхождений паттерна в геном.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

Типовые темы лабораторных работ:

Задание

Разработать приложение, решающее поиск длиннейшей общей подстроки.

Входные параметры приложения: две цепи ДНК.

Выходные параметры приложения: наибольшая общая подстрока.

Задание

Разработать приложение, реализующее алгоритм глобального выравнивания с использованием оценочной матрицы «BLOSUM62».

Входные параметры приложения: две строки аминокислот, матрица «BLOSUM62».

Выходные параметры приложения: максимальный Score, выравнивание, достигающее максимальный Score.

Задание

Разработать приложение, реализующее алгоритм локального выравнивания с использованием оценочной матрицы «PAM250».

Входные параметры приложения: две строки аминокислот, матрица «PAM250».

Выходные параметры приложения: максимальный Score, выравнивание, достигающее максимальный Score.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Работа выполнена в полном объеме и в срок, результаты работы алгоритма корректные на тестовых примерах, проведены вычислительные эксперименты на трудоемких тестовых данных, результаты работы представлены преподавателю.
не зачтено	Работа не выполнена или выполнена не в полном объеме (программа работает некорректно на тестовых примерах, не проведены вычислительные эксперименты на трудоемких тестовых данных, результаты работы не представлены преподавателю).

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	вследствие отказа обучающегося от ответа		негрубых ошибок	. Допущено несколько негрубых ошибок	. Допущено несколько несущественных ошибок	и. Ошибок нет.	
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-12

1. ДНК в клетке. Расположение, структурные блоки.
2. Процесс репликации ДНК. Определение лидирующей и запаздывающей нити.
3. Механизм транскрипции.
4. Механизм трансляции. Уровни структуры белков.
5. Определение алгоритма. Основные свойства.
6. Вычислительная сложность алгоритмов.
7. Парадигмы разработки алгоритмов.
8. Классы сложности алгоритмов.
9. Основная идея алгоритмов полного перебора.
10. Назначение регуляторных мотивов.
11. Алгоритм поиска регуляторных мотивов без мутаций в регуляторных сегментах гена.
12. Алгоритм поиска регуляторных мотивов с возможными мутациями с учетом известных стартовых позиций мотивов в регуляторных сегментах гена.
13. Основные этапы алгоритма полного перебора для поиска мотивов с мутациями.
14. Расстояние Хэмминга между двумя паттернами.
15. Проблема поиска срединной строки.
16. Эквивалентность задач поиска регуляторного мотива и поиска срединной строки.
17. Основные этапы алгоритма полного перебора для поиска срединной строки.
18. Сравнение алгоритмов полного перебора для поиска мотива и срединной строки с точки зрения временной сложности.
19. Отличия парадигмы ветвей и границ от полного перебора.
20. Структура поискового дерева, имеющая применение в задаче поиска регуляторного мотива или срединной строки.

21. Типы перемещений в поисковом дереве.
22. Основные этапы алгоритмов ветвей и границ для поиска мотива и срединной строки, использующих структуру поискового дерева.
23. Основная идея динамического программирования.
24. Пример применения динамического программирования для задачи о размене монет.
25. Недостатки рекурсивной реализации динамического программирования для задачи о размене монет.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-5

26. Пример применения динамического программирования для задачи о манхэттенском туристе.
27. Выравнивание последовательностей ДНК.
28. Определение длиннейшей общей подстроки.
29. Графическая интерпретация длиннейшей общей подстроки.
30. Основная идея оценки глобального выравнивания.
31. Пример оценочной матрицы для короткой последовательности нуклеотидов.
32. Оценочные матрицы для аминокислот. Принцип их построения.
33. Рекуррентное соотношение в алгоритме глобального выравнивания.
34. Отличие локального выравнивания от глобального выравнивания.
35. Отличительные особенности рекуррентной схемы для локального выравнивания.
36. Задача подсчета операций при трансформации строк.
37. Отличие аппроксимирующего выравнивания от задачи глобального и локального выравнивания.
38. Перекрывающее выравнивание.
39. Глобальное выравнивание с аффинными штрафами за непрерывные пропуски.
40. Основные понятия графовых алгоритмов.
41. Алгоритмы поиска кратчайших путей в невзвешенных графах.
42. Алгоритмы поиска кратчайших путей во взвешенных графах.

43. Иллюстрация на примере алгоритма Дейкстры.
44. Эйлеров путь и Эйлеров цикл.
45. Гамильтонов цикл.
46. Восстановление генома и проблемы секвентирования.
47. Графовый подход в задаче восстановления генома.
48. Построение графа перекрытий паттернов.
49. Графы де Брейна.
50. Поиск Эйлерова цикла в графе де Брейна и восстановление генома.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

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

Основная литература:

1. Асанов М. О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы : учебное пособие / Асанов М. О., Баранский В. А., Расин В. В. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 364 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-4998-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=707849&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Гергель Виктор Павлович. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундам. информатика и информ. технологии" / Б-ка ННГУ. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 2010. - 544 с. : ил. - (Суперкомпьютерное образование). - На обл. кн.: Суперкомпьютерный консорциум университетов России. - ISBN 978-5-211-05937-5 : 220.00., 49 экз.

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

- Курс «Алгоритмы биоинформатики» Н.И. Вяххи:
– <https://www.lektorium.tv/course/22933>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Иванченко Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук, доцент
Юсипов Игорь Ильясович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Иванченко Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.