

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 Ученого совета ННГУ
от 30.11.2022 г. протокол № 13

Рабочая программа дисциплины

Популяционная генетика

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
010402 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Вычислительные методы и суперкомпьютерные технологии

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2022

1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Место дисциплины в структуре ООП

Данная дисциплина (Б1.В.ДВ.03.04) читается во втором семестре магистратуры, относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Цель освоения дисциплины

Предметом рассмотрения настоящего курса является популяционная генетика, область эволюционной генетики, основанная на математических подходах. Цель курса состоит в изучении математических моделей и методов описания генетических аспектов эволюции в природных популяциях, а также в обсуждении некоторых идей теории игр, которые недавно позволили существенно улучшить понимание эволюции видовых и поведенческих свойств. Особое внимание уделяется формированию у студентов общенаучных навыков формулировки и исследования математических моделей различного характера.

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	
<i>ПК-4 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач</i>	<i>ПК-4.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</i>	<i>ЗНАТЬ Базовые понятия и методы популяционной генетики, условия их применимости к решению научных проблем и задач.</i>	Собеседование (зачет)
	<i>ПК-4.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</i>	<i>УМЕТЬ Определять и профессионально применять математические методы популяционной генетики для решения научных проблем и задач, анализировать полученные результаты.</i>	Лабораторная работа (текущий контроль)
	<i>ПК-4.3 Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических</i>	<i>ВЛАДЕТЬ Навыками программной реализации вычислительных методов и алгоритмов популяционной генетики для решения научных проблем и задач.</i>	Лабораторная работа (текущий контроль)

	<i>моделей решаемых научных проблем и задач</i>		
<i>ПК-11 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности</i>	<i>ПК-11.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</i>	ЗНАТЬ <i>Базовые понятия и методы популяционной генетики, условия их применимости к решению задач производственно-технологической деятельности.</i>	Собеседование (зачет)
	<i>ПК-11.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</i>	УМЕТЬ <i>Определять и профессионально применять математические методы популяционной генетики для решения задач производственно-технологической деятельности, анализировать полученные результаты.</i>	Лабораторная работа (текущий контроль)
	<i>ПК-11.3 Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</i>	ВЛАДЕТЬ <i>Навыками программной реализации вычислительных методов и алгоритмов популяционной генетики для решения задач производственно-технологической деятельности.</i>	Лабораторная работа (текущий контроль)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
– занятия лекционного типа	16
– занятия семинарского типа	16
– занятия лабораторного типа	0
– текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация: зачет	0

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего контактных часов	
Популяционная генетика. Введение	26	4	4		8	18
Естественный отбор. Математические принципы.	27	4	4		8	19
Мутации и отбор.	27	4	4		8	19
Эволюционные игры	27	4	4		8	19
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет	0					
Итого	108	16	16		33	75

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов подразделяется на следующие категории:

- Изучение учебной литературы (см. перечень образовательных материалов).
- Выполнение лабораторных работ (см. пп. 5.2.2, 5.2.3).

Задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	Плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Очень хорошо	Отлично	Превосходно
	Не зачтено		Зачтено				

компетенций)							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<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.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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 некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция

		сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Критерий оценивания лабораторной работы

Результаты работы	Оценка
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.	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).	Не зачтено

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции
1. Популяционная генетика: размножение, генотипы, аллели, частотности. Факторы изменения частотностей генотипов.	ПК-4
2. Условия и закон Харди-Вайнберга. Равновесия Харди-Вайберга.	ПК-4
3. Конечные популяции. Биномиальное распределение. Модель Райта-Фишера.	ПК-4
4. Фундаментальная теорема естественного отбора. Математические модели, отображение.	ПК-4
5. Две аллели. Неподвижные точки.	ПК-4
6. Фундаментальная теорема о естественном отборе. Упрощенное доказательство.	ПК-4
7. Теорема о сходимости. Теорема Линбиха. Неподвижные точки.	ПК-4
8. Три и более аллелей. Теорема о стационарных точках.	ПК-4
9. Функции Ляпунова. Теорема Ляпунова. Внутренняя неподвижная точка. Устойчивость частичного полиморфизма.	ПК-4
10. Мутации и отбор для двух аллелей.	ПК-4
11. Недоминирующий отбор, N аллелей.	ПК-4
12. Частотности особых мутаций. Неоккупирующие неподвижные точки и теорема Брауера.	ПК-4

13. Отбор и рекомбинация. Аддитивная приспособленность. Мультипликативная приспособленность.	ПК-11
14. Эволюционные игры. Эволюционно устойчивые стратегии. Игра Хоука-Доува.	ПК-11
15. Модель процентного соотношения полов.	ПК-11
16. Эволюционно-устойчивая стратегия. Равновесие Нэша.	ПК-11
17. Локальные стратегии превосходства. Теорема об эволюционно-устойчивой стратегии и равновесии Нэша.	ПК-11
18. Наилучшие ответы. Теорема Нэша.	ПК-11
19. Теорема о строгом равновесии.	ПК-11
20. Классификация игр 2х2. Теорема об отрицательно определенных играх.	ПК-11
21. Динамика репликатора. Основные свойства репликатора.	ПК-11
22. Теорема о равновесии Нэша и состояниях равновесия репликатора. Игры 2х2. Игры 3х3.	ПК-11
23. Положительно-определенные игры. Асимметричные (биматричные) игры.	ПК-11
24. Динамика репликатора для биматричных игр. Динамика конкуренции полов.	ПК-11

5.2.2. Типовые темы лабораторных работ для оценки компетенции ПК-4

Задание

В исследуемой популяции 82 человека из 410 имели рецессивный признак. Рассчитайте частоту генотипа в долях единицы.

Задание

В популяции известны частоты аллелей $p = 0,8$ и $g = 0,2$. Определите частоты генотипов.

5.2.3. Типовые темы лабораторных работ для оценки компетенции ПК-11

Задание

Для игры Γ_A ,
$$A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 0 \\ 4 & 2 & 1 \\ -2 & 5 & 6 \end{pmatrix}$$
 найдите $K(i,j)$ для ситуаций (1;3), (3;2), (2;1).

Задание

Найдите \underline{v} и \bar{v} в игре Γ_A :

а)

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 2 \\ 4 & 0 & 5 \\ 2 & 7 & 3 \end{pmatrix},$$

б)

$$A = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 5 & 8 \\ 0 & 9 & 4 & 10 \\ 8 & 8 & 6 & 7 \end{pmatrix},$$

в)

$$A = \begin{pmatrix} 6 & 8 & 0 & 4 \\ 5 & 5 & 3 & 8 \\ 4 & 6 & 5 & 3 \\ 7 & 1 & 2 & 5 \end{pmatrix}.$$

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- Кайданов Л. З. Генетика популяций. Москва. Изд-во "Высшая школа", 1996. 320 с. (12 экз)

б) дополнительная литература:

- Стронгин Р.Г. Исследование операций. Модели экономического поведения: Учебник. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского, 2002. – 244с. (110 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- Стронгин Р.Г. Исследование операций. Модели экономического поведения. Электр. ресурс. Режим доступа свободный, <http://www.intuit.ru/department/algorithms/opres>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и лабораторного типа), оснащенные оборудованием и 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 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: А.А. Заикин

Заведующий кафедрой: М.В. Иванченко

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.