



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Направление подготовки (специальность)

09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль/специализация) программы

Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Вычислительной техники и программирования
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 918)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Вычислительной техники и программирования

19.02.2020 г. протокол № 5


Зав. кафедрой  О.С. Логунова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭ и АС

26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  С.И. Лукьянов


Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ВТиП, канд. техн. Наук  А. В. Леднов

Рецензент:

начальник отдела технологических платформ

ООО «Компас Плюс», канд. техн. наук

 Д.С. Сафонов

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Эволюционные вычисления» являются: ознакомление обучающихся с наиболее распространенными в настоящее время метаэвристиками эволюционного моделирования: генетическими алгоритмами, их программными реализациями и методами их применения.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Эволюционные вычисления входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Современные проблемы информатики и вычислительной техники

Интеллектуальные системы

Методы и средства высокопроизводительного программирования

Технология разработки программного обеспечения

Библиотеки языка программирования Python

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

Информационно-управляющие системы

Методы оптимизации

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Эволюционные вычисления» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-5	Способность к разработке методик выполнения, планирования и управления аналитическими работами, к управлению процессами разработки и качеству систем
ПК-5.1	Оценивает необходимость разработки методик выполнения, планирования и управления аналитическими работами, к управлению процессами разработки и качеству систем

2.1 Создание исходной популяции. Операторы рекомбинации. Оператор мутации. Сокращение промежуточной популяции.	4		2/2И		6	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Выполнение лабораторной работы.	Проверка индивидуальных заданий.	ПК-5.1
2.2 Гибридные генетические алгоритмы. Адаптивные генетические алгоритмы.			2/2И		6	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Беседа-обсуждение	ПК-5.1
2.3 Структуризация генетического алгоритма. Параллельный генетический алгоритм на основе модели "рабочий-хозяин". Параллельные генетические алгоритмы на основе "модели островов". Инструментарий распараллеливания			2		6	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Выполнение лабораторной работы.	Проверка индивидуальных заданий.	ПК-5.1
Итого по разделу			6/4И		18			
3. Раздел 3. Генетические алгоритмы многокритериальной оптимизации. Генетическое программирование								
3.1 Концепция доминирования. Векторная оценка. Метод взвешенной функции.	4		3		8	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Беседа-обсуждение	ПК-5.1
3.2 Функциональное и терминальное множество. Структуры для представления программ. Инициализация начальной популяции. Мутация в генетическом			3		7,9	Подготовка к докладу на занятии	Устный доклад	ПК-5.1
Итого по разделу			6		15,9			
Итого за семестр			20/10И		51,9		зачёт	
Итого по дисциплине			20/10И		51,9		зачет	

5 Образовательные технологии

1. Традиционные образовательные технологии, ориентированные на организацию образовательного процесса и предполагающие прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Гладков, Л. А. Генетические алгоритмы / Под ред. В. М. Курейчика. - 2-е изд., исправл. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 368 с. - <https://new.znaniium.com/catalog/product/544626>.

2. Джонс, М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях [Электронный ресурс] – М.: ДМК Пресс, 2011. – 313 с. – <http://www.biblioclub.ru/book/131005/>.

3. Еремеев, А. В. Генетические алгоритмы и оптимизация : учебное пособие / А. В. Еремеев. - Омск : ОмГУ, 2020. - 50 с. - <https://e.lanbook.com/book/136351>.

б) Дополнительная литература:

1. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский; Пер. с польск. И.Д. Рудинского - 2-е изд., стереотип. - Москва :Гор. линия-Телеком, 2013. - 384 с. - <https://new.znaniium.com/catalog/product/414545>.

2. Пантелеев, А. В. Метаэвристические алгоритмы поиска оптимального программного управления: Монография / А.В. Пантелеев, Д.В. Скавинская, Е.А. Алёшина. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 396 с. - <https://new.znaniium.com/catalog/product/544254>.

3. Сырецкий, Г.А. Искусственный интеллект и основы теории интеллектуального управления : учебное пособие : в 3 частях / Г.А. Сырецкий. — Новосибирск : НГТУ, [б. г.]. — Часть 2 : Нейросетевые системы. Генетический алгоритм. - 2017. - 92 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/118282>

4. Скобцов, Ю.А. Основы эволюционных вычислений: Учебное пособие / Ю.А. Скобцов. — Донецк: ДонНТУ, 2008. — 326 с.

5. Емельянов, В.В. Теория и практика эволюционного моделирования / В.В. Емельянов, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 432 с.

в) Методические указания:

1. Дьяконов, В.П. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. [Электронный ресурс] / В.П. Дьяконов, В.В. Круглов. - Электрон. дан. - М. : СОЛОНПресс, 2009. - 456 с. - <http://e.lanbook.com/book/13727>

2. Остроух А. В. Системы искусственного интеллекта : монография / Остроух А. В., Суркова Н. Е. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. <https://e.lanbook.com/book/113401>

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MAXIMA	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Anaconda Python	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Scilab Computation Engine	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория ауд. 282 – Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации;

Компьютерные классы Центра информационных технологий ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» – Персональные компьютеры, объединенные в локальные сети с выходом в Internet, оснащенные современными программно-методическими комплексами для решения задач в области информатики и вычислительной техники;

Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки – ауд. 282 и классы УИТ и АСУ;

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и наличием доступа в электронную информационно-образовательную среду организации – классы УИТ и АСУ;

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования – Центр информационных технологий – ауд. 379.

Приложение 1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В течение семестра каждый студент выполняет лабораторные работы.

Лабораторная работа №1.

1. Выполните программную реализацию простого генетического алгоритма на одном из высокоуровневых языков программирования для поиска экстремума заданной по варианту функции одной переменной, представленной в таблице 2.

Вид экстремума представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Вид экстремума

Вариант	Вид экстремума
≤ 15	Максимум
> 15	Минимум

2. Исследовать зависимость времени поиска, числа поколений (генераций), точности нахождения решения от основных параметров генетического алгоритма:

- число особей в популяции;
- тип кроссинговера (одноточечный, двухточечный);
- вероятность мутации.

3. Вывести на экран график данной функции с указанием найденного экстремума для каждого поколения

4. Сравнить найденное решение с решением, полученным с использованием методов градиентного спуска (можно использовать средства MathCAD, Matlab/Octave, SctPy).

Таблица 2 Варианты функций

Вариант	Вид функции	Промежуток поиска решения
1	$(1,85 - x) * \cos(3,5x - 0,5)$	$x \in [-10, 10]$
2	$\cos(\exp(x)) / \sin(\ln(x))$	$x \in [2, 4]$
3	$\sin(x) / x^2$	$x \in [3.1, 20]$
4	$\sin(2x) / x^2$	$x \in [-20, -3.1]$
5	$\cos(2x) / x^2$	$x \in [-20, -2.3]$

6	$(x - 1) \cos(3x - 15)$	$x \in [-10, 10]$
7	$\ln(x) \cos(3x - 15)$	$x \in [1, 10]$
8	$\cos(3x - 15)/ x = 0$	$x \in [-10, -0.3), (0, 0.3]$ $x \in [-0.3, 0.3]$
9	$\cos(3x - 15) * x$	$x \in [-9.6, 9.1]$
10	$\sin(x)/(1 + \exp(-x))$	$x \in [0.5, 10]$
11	$\cos(x)/(1 + \exp(-x))$	$x \in [0.5, 10]$
12	$(\exp(x) - \exp(-x)) \cos(x)/(\exp(x))$	$x \in [-5, 5]$
13	$(\exp(-x) - \exp(x)) \cos(x)/(\exp(x))$	$x \in [-5, 5]$
14	$\cos(x - 0, 5)/ x $	$x \in [-10, 0), (0, 10],$
15	$\cos(2x)/ x - 2 $	$x \in [-10, 2), (2, 10],$

Лабораторная работа №2.

1. Реализовать с использованием генетических алгоритмов решение задачи коммивояжера по индивидуальному заданию согласно номеру варианта в таблице 3.

2. Сравнить найденное решение с представленным в условии задачи оптимальным решением.

3. Представить графически найденное решение.

Таблица 3 Варианты задачи коммивояжера

№ варианта	Название функции	Вид представления
1	F1	Представление соседства

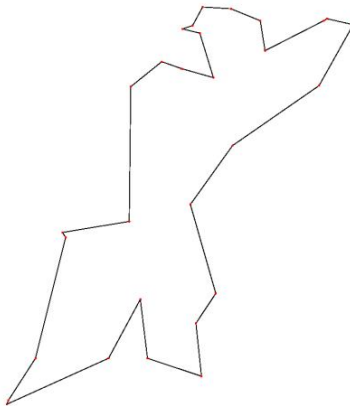
Тестовые наборы представлены в трех формах:

1. Эвклидовы координаты городов. Матрица расстояний получается путем нахождения эвклидовых расстояний между координатами города по формуле: $Dist = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$. В случае эвклидовых координат городов они представлены в формате: №_города, координата X , координата Y (через пробел).
2. Полная матрица расстояний. Не обрабатывается, переписывается без изменений из файла.
3. Диагональная матрица расстояний. Данную матрицу необходимо транспонировать, после чего заполнить верхнюю половину матрицы расстояний (от главной диагонали). Нижняя половина заполняется из верхней, с соблюдением условия $Dist_{ij} = Dist_{ji}$.

Тип данных для выполнения лабораторной работы согласно первому варианту (F1): координаты 29 городов, представленные в таблице 4.

Таблица 4 Координаты городов и оптимальные координаты городов

Координаты городов	Оптимальные координаты	Изображение города
--------------------	------------------------	--------------------

1 20833.3333 17100.0000	1 11511.3889 42106.3889	
2 20900.0000 17066.6667	2 11503.0556 42855.2778	
3 21300.0000 13016.6667	3 11438.3333 42057.2222	
4 21600.0000 14150.0000	4 11438.3333 42057.2222	
5 21600.0000 14966.6667	5 11438.3333 42057.2222	
6 21600.0000 16500.0000	6 11785.2778 42884.4444	
7 22183.3333 13133.3333	7 11785.2778 42884.4444	
8 22583.3333 14300.0000	8 11785.2778 42884.4444	
9 22683.3333 12716.6667	9 11785.2778 42884.4444	
10 23616.6667 15866.6667	10 12363.3333 43189.1667	
11 23700.0000 15933.3333	11 11846.9444 42660.5556	
12 23883.3333 14533.3333	12 11503.0556 42855.2778	
13 24166.6667 13250.0000	13 11963.0556 43290.5556	
14 25149.1667 12365.8333	14 11963.0556 43290.5556	
15 26133.3333 14500.0000	15 12300.0000 42433.3333	
16 26150.0000 10550.0000	16 11973.0556 43026.1111	
17 26283.3333 12766.6667	17 11973.0556 43026.1111	
18 26433.3333 13433.3333	18 11461.1111 43252.7778	
19 26550.0000 13850.0000	19 11461.1111 43252.7778	
20 26733.3333 11683.3333	20 11461.1111 43252.7778	
21 27026.1111 13051.9444	21 11461.1111 43252.7778	
22 27096.1111 13415.8333	22 11600.0000 43150.0000	
23 27153.6111 13203.3333	23 12386.6667 43334.7222	
24 27166.6667 9833.3333	24 12386.6667 43334.7222	
25 27233.3333 10450.0000	25 11595.0000 43148.0556	
26 27233.3333 11783.3333	26 11595.0000 43148.0556	
27 27266.6667 10383.3333	27 11569.4444 43136.6667	
28 27433.3333 12400.0000	28 11310.2778 42929.4444	
29 27462.5000 12992.2222	29 11310.2778 42929.4444	

Лабораторная работа №3.

1. Разработать программу, использующую генетический алгоритм для нахождения экстремумов (минимумов) функции, согласно таблице вариантов, приведенной в таблице 5. Программу можно выполнить на встроенном языке пакета Matlab / Octave или Python.

2. Для функций с числом переменных $n = 2$ вывести на экран график данной функции с указанием найденного экстремума, точек популяции. Для вывода графиков можно использовать стандартные возможности пакета Matlab или GNU Octave. Предусмотреть возможность пошагового просмотра процесса поиска решения.

3. Повторить нахождение решения с использованием стандартного Genetic Algorithm toolbox. Сравнить полученные результаты.

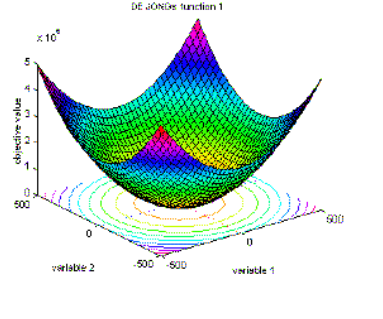
4. Исследовать зависимость времени поиска, числа поколений (генераций), точности нахождения решения от основных параметров генетического алгоритма:

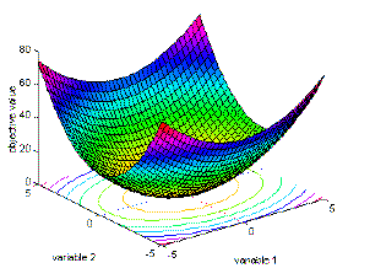
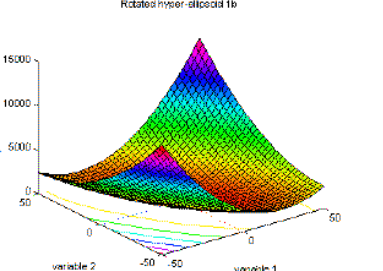
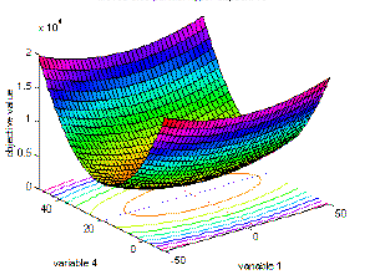
- число особей в популяции
- вероятность кроссинговера, мутации.

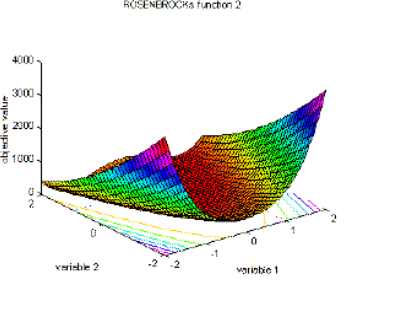
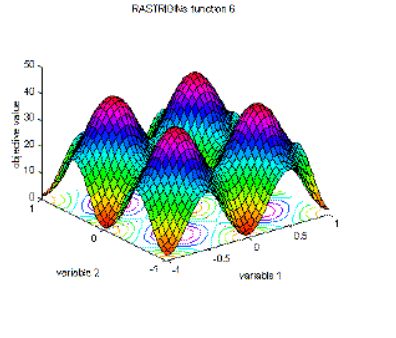
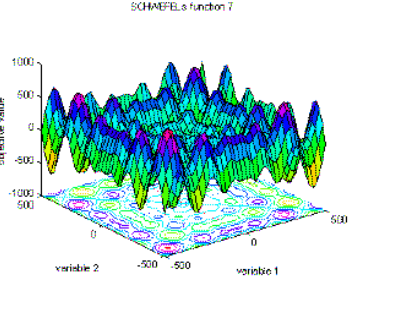
Критерий остановки вычислений – повторение лучшего результата заданное количество раз или достижение популяцией определенного возраста (например, 100 эпох).

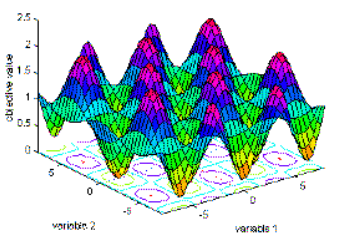
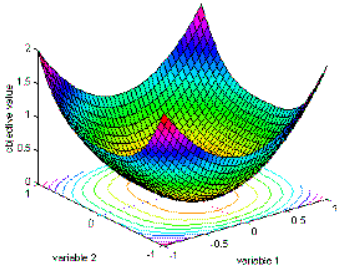
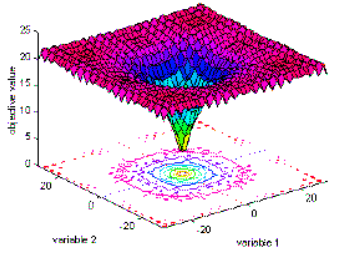
5. Повторить процесс поиска решения для $n = 3$, сравнить результаты, скорость работы программы.

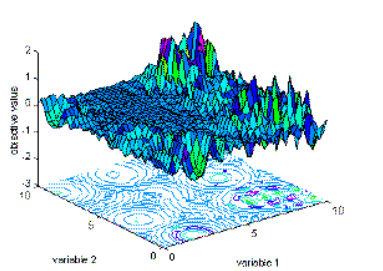
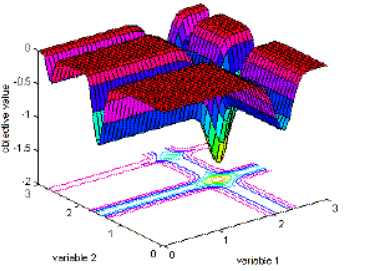
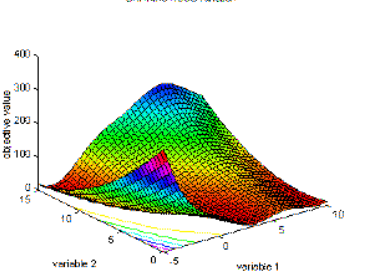
Таблица 5 Варианты лабораторной работы №3

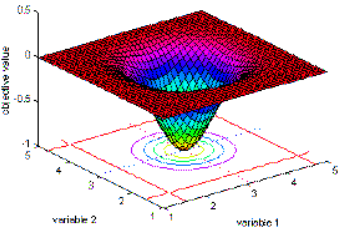
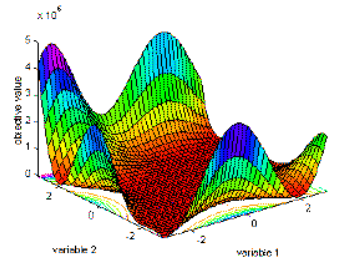
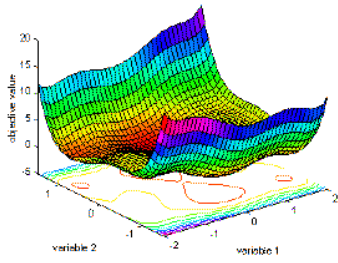
№ вв.	Оптимум	Вид функции	График функции
1	$f(x) = 0; x_i = 0,$ $I = 1 : n.$	$f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2, \quad -5,12 \leq x_i \leq 5,12$	

2	$f(x) = 0; x_i = 0,$ $I = 1 : n.$	$f_{1a}(x) = \sum_{i=1}^n i \cdot x_i^2, \quad -5,12 \leq x_i \leq 5,12$	<p style="text-align: center;">Axis parallel hyper-ellipsoid 1a</p> 
3	$f(x) = 0; x_i = 0,$ $I = 1 : n.$	$f_{1b}(x) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^i x_j \right)^2, \quad -65,536 \leq x_i \leq 65,536$	<p style="text-align: center;">Rotated hyper-ellipsoid 1b</p> 
4	$f(x) = 0; x_i = 5 * i,$ $I = 1 : n.$	$f_{1c}(x) = \sum_{i=1}^n 5i \cdot x_i^2, \quad -5,12 \leq x_i \leq 5,12$	<p style="text-align: center;">Moved axis parallel hyper-ellipsoid 1c</p> 

5	$f(x) = 0; x_i = 0,$ $I = 1 : n.$	$f_2(x) = \sum_{i=1}^{n-1} 100 \cdot (x_{i+1} - x_i^2)^2 + (1 - x_i)^2, \quad -2,048 \leq x_i \leq 2,048$	
6	$f(x) = 0; x_i = 0,$ $I = 1 : n.$	$f_6(x) = 10 \cdot n + \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 10 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot x_i)), \quad -5,12 \leq x_i \leq 5,12$	
7	$f(x) = n \cdot 418.9829$ $i = 1 : n.$	$f_7(x) = \sum_{i=1}^n -x_i \cdot \sin(\sqrt{ x_i }), \quad -500 \leq x_i \leq 500$	

8	$f(x) = 0; x_i = 0,$ $I = 1 : n.$	$f_8(x) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1, \quad -600 \leq x_i \leq 600$	<p style="text-align: center;">GREYAKOVKS function 8</p> 
9	$f(x) = 0; x_i = 0,$ $I = 1 : n.$	$f_9(x) = \sum_{i=1}^n x_i ^{(i+1)}, \quad -1 \leq x_i \leq 1$	<p style="text-align: center;">Sum of different power function 9</p> 
10	$f(x) = 0; x_i = 0,$ $I = 1 : n.$	$f_{10}(x) = -a \cdot e^{-b \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}} - e^{\frac{\sum_{i=1}^n \cos(c \cdot x_i)}{n}} + a + e^1; \quad -1 \leq x_i \leq 1 \quad a = 20; b = 0, 2; c = 2 \cdot \pi$	<p style="text-align: center;">ADKLEY'S PATH function 10</p> 

11	$f(x) = -1.4$ (for $n = 1$) $f(x) = -1.4$ (for $n = 2$) $f(x) = -1.4$ (for $n = 3$) $f(x) = -1.4$ (for $n = 4$) $f(x) = -1.4$ (for $n = 5$) $f(x) = -1.4$ (for $n = 6$) $f(x) = -1.4$ (for $n = 7$) $f(x) = -1.4$ (for $n = 8$) $f(x) = -1.4$ (for $n = 9$) $f(x) = -1.4$ (for $n = 10$)	$f_{11}(x) = - \sum_{i=1}^m c_i \cdot \left(e^{-\frac{\ x-A(i)\ ^2}{\sigma}} \cdot \cos(\pi \cdot \ \bar{x} - A(i)\ ^2) \right), \quad 0 \leq x_i \leq 10, \quad 2 \leq m \leq 10$	<p>LANDSCAPE function 11</p> 
12	$f(x) = -4.687$ (for $n = 1$) $f(x) = -4.687$ (for $n = 2$) $f(x) = -4.687$ (for $n = 3$) $f(x) = -4.687$ (for $n = 4$) $f(x) = -4.687$ (for $n = 5$) $f(x) = -4.687$ (for $n = 6$) $f(x) = -4.687$ (for $n = 7$) $f(x) = -4.687$ (for $n = 8$) $f(x) = -4.687$ (for $n = 9$) $f(x) = -4.687$ (for $n = 10$)	$f_{12}(x) = - \sum_{i=1}^n \sin(x_i) \cdot \left(\sin\left(\frac{i \cdot x_i^2}{\pi}\right) \right)^{2 \cdot m}, \quad 0 \leq x_i \leq \pi, \quad m = 10$	<p>MICHAELWIDZ function 12</p> 
13	$f(x_1, x_2) = 0.39788$ $(\pi, 2.275), (9.42478)$	$f_{Bran}(x_1, x_2) = a(x_2 - b x_1^2 + c_1 - d)^2 + e \cdot (1 - f) \cdot (x_1) + e, \quad -5 \leq x_1 \leq 10, \quad 0 \leq x_2 \leq 5$ $a = 1, b = \frac{5.1}{4 \cdot \pi^2}, c = \frac{5}{\pi}, d = 6, e = 10, f = \frac{1}{8 \cdot \pi}$	<p>BRANN'S RCOS function</p> 

14	$f(x_1, x_2) = -1;$ $(x_1, x_2) = (\pi, \pi).$	$f_{Easom}(x_1, x_2) = -\cos(x_1) \cdot \cos(x_2) \cdot e^{-((x_1-\pi)^2 + (x_2-\pi)^2)}, \quad -100 \leq x_i \leq 100$	<p>EASOMs function</p> 
15	$f(x_1, x_2) = 3;$ $(x_1, x_2) = (0, -1).$	$f_{Gold}(x_1, x_2) = (1 + (x_1 + x_2 + 1)^2) \cdot (19 - 14x_1 + 3x_1^2 - 14x_2 + 6x_1x_2 + 3x_2^2) \cdot (30 + (2x_1 - 3x_2)^2 \cdot (18 - 32x_1 + 12x_1^2 + 48x_2 - 36x_1x_2 + 27x_2^2)), \quad -2 \leq x_i \leq 2$	<p>GOLDSTEN-PRICE function</p> 
16	$f(x_1, x_2) = -1.0316;$ $(x_1, x_2) = (-0.0898, 0.7126), (0.0898, -0.7126).$	$f_{Sixh}(x_1, x_2) = (4 - 2.1 \cdot x_1^2 + x_1^{4/3}) \cdot x_1^2 + x_1 \cdot x_2 + (-4 + 4 \cdot x_2^2) \cdot x_2^2;$ $-3 \leq x_1 \leq 3, -2 \leq x_2 \leq 2$	<p>Six-hump camelback function</p> 

Лабораторная работа №4.

1. Разработать эволюционный алгоритм, реализующий ГП для нахождения заданной по варианту функции, которые представлены в таблице 6.

- Структура для представления программы – древовидное представление.
 - Терминальное множество: переменные $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, и константы в соответствии с заданием по варианту.
 - Функциональное множество: +, -, *, /, abs(), sin(), cos(), exp(), возведение в степень,
 - Фитнесс-функция – мера близости между реальными значениями выхода и требуемыми.
2. Представить графически найденное решение на каждой итерации.
3. Сравнить найденное решение с представленным в условии задачи.

Таблица 6 Варианты функций

№ вв.	Вид функции	Кол-во первых N	Промежуток исследования
1	$f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$	10	$-5,12 \leq x_i \leq 5,12$
2	$f_{1a}(x) = \sum_{i=1}^n i \cdot x_i^2$	9	$-5,12 \leq x_i \leq 5,12$
3	$f_{1b}(x) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^i x_j \right)^2$	8	$-5,536 \leq x_i \leq 65,536$
4	$f_2(x) = \sum_{i=1}^{n-1} 100 \cdot (x_{i+1} - x_i^2)^2 + (1 - x_i)^2$	7	$-2,048 \leq x_i \leq 2,048$
5	$f_6(x) = 10 \cdot n + \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 10 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot x_i))$	9	$-5,12 \leq x_i \leq 5,12$
6	$f_7(x) = \sum_{i=1}^n -x_i \cdot \sin(\sqrt{ x_i })$	10	$-500 \leq x_i \leq 500$
7	$f_8(x) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 10$	5	$-600 \leq x_i \leq 600$
8	$f_9(x) = \sum_{i=1}^n x_i ^{(i+1)}$	8	$-1 \leq x_i \leq 1$
9	$f_{10}(x) = -a \cdot e^{-b \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}} - e^{-\frac{\sum_{i=1}^n \cos(x_i)}{n}} + a + e^1; a = 20; b = 0,2; c = 2 \cdot \pi$	4	$-2.768 \leq x_i \leq 32.768$
10	$f_{11}(x) = -\sum_{i=1}^m c_i \cdot \left(e^{-\frac{\ x - A(i)\ ^2}{\pi}} \cdot \cos(\pi \cdot \ x - A(i)\ ^2) \right); m = 5; A_i, C_i \neq 0$	4	$0 \leq x_i \leq 10$
11	$f_{12}(x) = -\sum_{i=1}^n \sin(x_i) \cdot \left(\sin\left(\frac{i \cdot x_i^2}{\pi}\right) \right)^{2 \cdot m}; m = 10$	5	$0 \leq x_i \leq \pi$
12	$f_{Easo}(x_1, x_2) = a \cdot (x_2 - b \cdot x_1^2 + c_1 - d)^2 + e \cdot (1 - f) \cdot (x_1) + c; a = 1, b = \frac{5,1}{4 \cdot \pi^2}, c = \frac{5}{\pi}, d = 6, c = 10, f = \frac{1}{8 \cdot \pi}$	2	$-5 \leq x_1 \leq 10, 0 \leq x_2 \leq 5$
13	$f_{Easo}(x_1, x_2) = -\cos(x_1) \cdot \cos(x_2) \cdot e^{-((x_1 - \pi)^2 + (x_2 - \pi)^2)}$	2	$-100 \leq x_i \leq 100$

14	$f_{Sixh}(x_1, x_2) = (1+(x_1+x_2+1)^2 \cdot (19-14x_1+3x_1^2-14x_2+6x_1x_2+3x_2^2)) \cdot (30+(2x_1-3x_2)^2 \cdot (18-32x_1+12x_1^2+48x_2-36x_1x_2+27x_2^2))$	2	$-2 \leq x_i \leq 2$
15	$f_{Sixh}(x_1, x_2) = (4 - 2.1 \cdot x_1^2 + x_1^{4/3}) \cdot x_1^2 + x_1 \cdot x_2 + (-4 + 4 \cdot x_2^2) \cdot x_2^2$	2	$-3 \leq x_1 \leq 3, -2 \leq x_2 \leq 2$

Примеры тестовых заданий по теме «Основы генетических алгоритмов. Генетические алгоритмы для задач комбинаторной оптимизации»

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Каковы операторы, с помощью которых в генетических алгоритмах генерируется следующее поколение особей?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оператор мутации, оператор кроссинговера, оператор репродукции. 2. Оператор репродукции, оператор скрещивания, оператор мутации. 3. Оператор случайной перестановки пары генов в хромосоме, оператор кроссинговера, оператор репродукции. 4. Оператор репродукции, оператор мутации.
2	В чем состоит суть метода колеса рулетки при выборе особей для участия в операторе репродукции?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Организация элитарного выбора особи на основе нормального закона распределения вероятностей. 2. Организация элитарного выбора особи на основе распределения вероятностей по закону Пуассона. 3. Организация равномерного случайного выбора особей. 4. Выбор особи с вероятностью, пропорциональной соответствующей ей площади колеса рулетки.
3	Решается задача поиска экстремума функции вещественной переменной $y=f(x)$ на отрезке $[a,b]$ сточностью до знаков после запятой с использованием генетического алгоритма. Требуется найти диапазон представления решения задачи (особи-хромосомы) в виде двоичного числа. Отрезок $[a,b]=[-5,5], k=2$.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Границы диапазона суть 10-значные двоичные числа, искомый диапазон есть $[0000000000, 1111111111]$. 2. Границы диапазона суть 7-значные двоичные числа, искомый диапазон есть $[0000000, 1111111]$. 3. Границы диапазона суть 8-значные двоичные числа, искомый диапазон есть $[00000000, 11111111]$. 4. Границы диапазона суть 9-значные двоичные числа, искомый диапазон есть $[000000000, 111111111]$.
4	Пусть $H = 01*110**$ есть схема (шаблон), используемая в генетическом алгоритме. Определите значение порядка схемы $O(H)$ и ее длину $L(H)$.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $O(H) = 5, L(H) = 5$. 2. $O(H) = 5, L(H) = 4$. 3. $O(H) = 4, L(H) = 5$. 4. $O(H) = 6, L(H) = 4$.
5	Сформулируйте содержательный смысл No Free Lunch теоремы.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Существует такое разбиение множества всех оптимизационных проблем, что для каждого такого подмножества найдется эволюционный алгоритм, дающий наилучшие результаты. 2. Невозможно выбрать генетические операторы и их параметры так, чтобы соответствующий эволюционный алгоритм давал лучшие результаты независимо от решаемой проблемы. 3. Среди всех эволюционных алгоритмов существует по крайней мере один, который дает лучшие результаты при решении всевозможных проблем. 4. Не существует лучшего алгоритма (эволюционного или любого другого типа) для решения всех оптимизационных проблем.

Приложение 2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-5:	Способность к разработке методик выполнения, планирования и управления аналитическими работами, к управлению процессами разработки и качеству систем	

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-5.1	Оценивает необходимость разработки методик выполнения, планирования и управления аналитическими работами, к управлению процессами разработки и качеству систем	<p><i>Примерный перечень тестовых заданий:</i></p> <p>1) Каковы операторы, с помощью которых в генетических алгоритмах генерируется следующее поколение особей? Варианты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оператор мутации, оператор кроссинговера, оператор репродукции. 2. Оператор репродукции, оператор скрещивания, оператор мутации. 3. Оператор случайной перестановки пары генов в хромосоме, оператор кроссинговера, оператор репродукции. 4. Оператор репродукции, оператор мутации. <p>2) В чем состоит суть метода колеса рулетки при выборе особей для участия в операторе репродукции? Варианты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Организация элитарного выбора особи на основе нормального закона распределения вероятностей. 2. Организация элитарного выбора особи на основе распределения вероятностей по закону Пуассона. 3. Организация равномерного случайного выбора особей. 4. Выбор особи с вероятностью, пропорциональной соответствующей ей площади колеса рулетки. <p>3) Решается задача поиска экстремума функции вещественной переменной $y=f(x)$ на отрезке $[a,b]$ сточностью до заданной величины с использованием <i>генетического алгоритма</i>. Требуется найти диапазон представления решения задачи (особи-хромосомы) в виде двоичного числа. Отрезок $[a,b]=[-5,5],k=2$. Варианты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Границы диапазона суть 10-значные двоичные числа, искомый диапазон есть

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>[0000000000,1111111111].</p> <p>2. Границы диапазона суть 7-значные двоичные числа, искомый диапазон есть [0000000,1111111].</p> <p>3. Границы диапазона суть 8-значные двоичные числа, искомый диапазон есть [00000000,11111111].</p> <p>4. Границы диапазона суть 9-значные двоичные числа, искомый диапазон есть [000000000,111111111].</p> <p>4) Пусть $H = 01*110^{**}$ есть схема (шаблон), используемая в <i>генетическом алгоритме</i>. Определите значение порядка схемы $O(H)$ и ее длину $L(H)$.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $O(H) = 5, L(H) = 5$. 2. $O(H) = 5, L(H) = 4$. 3. $O(H) = 4, L(H) = 5$. 4. $O(H) = 6, L(H) = 4$. <p>5) Сформулируйте содержательный смысл No Free Lunch теоремы.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Существует такое разбиение множества всех оптимизационных проблем, что для каждого такого подмножества найдется эволюционный алгоритм, дающий наилучшие результаты. 2. Невозможно выбрать генетические операторы и их параметры так, чтобы соответствующий эволюционный алгоритм давал лучшие результаты независимо от решаемой проблемы. 3. Среди всех эволюционных алгоритмов существует по крайней мере один, который дает лучшие результаты при решении всевозможных проблем. 4. Не существует лучшего алгоритма (эволюционного или любого другого типа) для решения всех оптимизационных проблем. <p><i>Перечень практических вопросов:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Опишите распределенный генетический алгоритм на основе модели «Рабочий-хозяин».

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		2. Опишите распределенный генетический алгоритм на базе «модели островов». 3. Опишите клеточный генетический алгоритм. 4. Опишите гибридный генетический алгоритм. 5. Опишите генетический алгоритм для решения задачи упаковки рюкзака. 6. Опишите решение задачи коммивояжера средствами генетических алгоритмов. 7. Опишите основные генетические операторы. 8. Опишите различные виды отбора родительских особей. 9. Опишите различные модификации и обобщения генетических алгоритмов. 10. Опишите концептуальный смысл фитнес-функции.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Эволюционные вычисления» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по дисциплине проводится по результатам отчетности на практических занятиях с опросом в устной форме по этапам выполнения и активного выступления в беседе-обсуждении.

Показатели и критерии оценивания зачета:

– на оценку «зачтено» – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций;

– на оценку «не зачтено» – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.