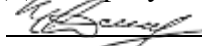


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра компьютерных сетей

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета ИВТ  
 Д.Ю. Чалый  
« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Метаэвристические алгоритмы»**

**Направление подготовки**  
01.04.02 Прикладная математика и информатика

**Направленность (профиль)**  
«Математические основы искусственного интеллекта»

**Квалификация выпускника**  
Магистр

**Форма обучения**  
очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от «17» апреля 2023 г.,  
протокол № 8

Программа одобрена НМК  
факультета ИВТ  
протокол № 6 от  
«28» апреля 2023 г.

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями дисциплины «Метаэвристические алгоритмы» является необходимость формирования информационной культуры личности; готовность магистрантов к ведению самостоятельной научной деятельности, способность освоение теоретических основ современной информатики. Другой целью является ознакомление с основными подходами к разработке алгоритмов для различных классов задач.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина «Метаэвристические алгоритмы» относится к вариативной части (дисциплина по выбору) ОП магистрата. Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть математическим аппаратом линейной алгебры, для программной реализации алгоритмов знать один из языков программирования, проявлять настойчивость, целеустремленность и инициативу в процессе обучения.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП магистратуры

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

| Формируемая компетенция<br>(код и формулировка)   | Индикатор достижения компетенции<br>(код и формулировка)  | Перечень планируемых результатов обучения   |
|---|---|---|
| <b>Профессиональные компетенции</b>   |   |   |
| ПК-3 Способен выбирать и применять методы инженерии знаний для создания систем, основанных на знаниях | ПК-3.1 Выбирает и применяет методы сбора и извлечения знаний<br><br>ПК-3.2 Выбирает и применяет методы представления и структурирования знаний, выбирает и разрабатывает программные компоненты систем, основанных на знаниях<br><br>ПК-3.3 Выбирает и применяет методы обработки и распространения знаний, проводит экспериментальную проверку работоспособности систем, основанных на знаниях | Знать:<br><br>технологическое развитие центров обработки данных, наращивание и поддержание технологических мощностей и компетенций подразделений<br><br>Уметь:<br><br>Участвовать в создании (модернизации) общедоступных платформ для хранения наборов данных, соответствующих методологиям описания, сбора и разметки данных; хранения наборов данных (в том числе звуковых, речевых, медицинских, метеорологических, |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>промышленных данных и данных систем видеонаблюдения) на общедоступных платформах для обеспечения потребностей организаций- разработчиков в области искусственного интеллекта</p> <p>Владеть навыками:</p> |
|--|--|--|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>личное участие в проектах в роли архитектора центра обработки данных, технологического эксперта</p> |
|--|--|--|

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач.ед., 72 акад.час.

| № п/п | Темы (разделы) дисциплины, их содержание  | Семестр | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах) |              |              |              |                          | Формы текущего контроля успеваемости |              | Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|---|---------|---|--------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------|---|
|       |   |         | лекции  | практические | лабораторные | консультации | аттестационные испытания | самостоятельная работа               |              |   |
|       |   |         | <b>Контактная работа</b>  |              |              |              |                          |                                      |              |   |
| 1.    | Метаэвристические алгоритмы. Введение.  | 3       | 2   |              | 2            |              |                          | 7                                    |              |   |
| 2     | Методы, имитирующие физические процессы: метод имитации отжига.   | 3       | 2   |              | 2            | 1            |                          | 7                                    |              |   |
| 3     | Эволюционные методы :<br>- генетические алгоритмы с бинарным кодированием;<br>- генетические алгоритмы с вещественным кодированием. | 3       | 3   |              | 3            | 1            |                          | 7                                    |              |   |
| 4     | Методы «роевого» интеллекта: -метод роя частиц;   | 3       | 3   |              | 3            | 1            |                          | 7                                    |              |   |
| 5     | Мультистартовые методы: табу-поиск  | 3       | 6   |              | 6            | 1            |                          | 7,7                                  |              |   |
|       | <b>Всего</b>  |         | <b>16</b>   |              | <b>16</b>    | <b>4</b>     |                          | <b>35,7</b>                          | <b>Зачет</b> |   |

## Содержание разделов дисциплины:

### **Метаэвристические алгоритмы. Введение.**

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами

### **Методы, имитирующие физические процессы: метод имитации отжига.**

Эта метаэвристика является рандомизированным методом локального поиска, позволяющим избежать плохих локальных оптимумов. Имитация отжига исходит из аналогии с физическим процессом отжига, направленным на получение твердых тел с низкой энергией состояния.

### **Эволюционные методы :**

**- генетические алгоритмы с бинарным кодированием;**

**- генетические алгоритмы с вещественным кодированием.**

Генетические алгоритмы относятся к классу эволюционных методов и имитируют процессы эволюции биологических организмов. В биологии природные популяции изучаются на протяжении многих поколений, оказывается, что они развиваются в соответствии с принципами естественного отбора и выживания наиболее приспособленных для воспроизводства «хорошо адаптированных» особей. Генетические алгоритмы имитируют этот процесс при решении задач оптимизации. Описание генетического алгоритма общего вида. Подробное рассмотрение конкретных генетических алгоритмов на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

### **Методы «роевого» интеллекта:**

**-метод роя частиц;**

В основу этого алгоритма положена социально-психологическая поведенческая модель толпы. Развитие алгоритма инспирировали такие задачи, как моделирование поведения птиц в стае и рыб в косяке. Целью было обнаружить базовые принципы, благодаря которым, например, птицы в стае ведут себя удивительно синхронно, меняя как по команде направления своего движения, так что стая движется как единое целое. Описание метода роя частиц в общем виде. Подробное рассмотрение конкретных алгоритмов роя частиц на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

**-метод муравьиных колоний.**

Эта метаэвристика инспирирована общением и механизмами взаимодействия реальных муравьев, которые позволяют им найти короткие пути из муравейника к источникам пищи. Средой, через которую осуществляется общение муравьев, является химическое соединение, известное как феромон, который оставляется на земле. В то время как изолированный муравей более или менее случайно блуждает, муравей, обнаруживший путь, помеченный феромоном, с некоторой вероятностью последует по нему и укрепит его своим собственным феромоном. Муравьиный алгоритм (ant colony optimization) Описание муравьиного алгоритма в общем виде. Подробное рассмотрение конкретных муравьиных алгоритмов на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

### **Мультистартовые методы: табу-поиск**

алгоритм табу-поиск является метаэвристикой, основанной на локальном поиске, где на каждой итерации выбирается лучшее решение в окрестности текущего решения в качестве нового текущего решения, даже если это приводит к увеличению стоимости решения.

## **5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Лабораторное занятие – занятие, посвященное освоению и углублению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

## **6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

– для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации, для разработки документов, презентаций, для работы с электронными таблицами - программы OfficeStd 2013 RUSOLPNLAcDmc 021-10232, LibreOffice (свободное), издательская система LaTeX;

- компиляторы с высокоуровневых языков программирования;

– для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ– Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

– PacketTracer 6.3, CiscoSDM, CiscoNetworkAssistant, CiscoConfigurationProfessional.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Основная литература:

1 Карпенко, А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учебное пособие / А. П. Карпенко. - 3-е изд. , испр. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. - 446 с. - ISBN 978-5-7038-5563-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703855638.html>

Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие. / сост. А. А. Короткин, М. В. Краснов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: ЯрГУ, 2020. - 38 с. <http://www.lib.uni-yar.ac.ru/edocs/iuni/20200406.pdf>

## **8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

- специальные помещения:

-учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и лабораторных

занятий;

- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,  
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;

-помещения для самостоятельной работы;

-помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для лабораторных занятий – списочному составу группы обучающихся.

- фонд библиотеки.

Компьютерные классы, оборудованные ПЭВМ класса не ниже IntelCore2Duo , 4gbRAM, 60GHDDс установленным программным обеспечением: Windows7/8/10, Linux, PacketTracer 6.3, CiscoSDM, CiscoNetworkAssistant, CiscoConfigurationProfessional. Из расчета одна ПЭВМ на одного человека.



**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Метаэвристические алгоритмы»  
Фонд оценочных средств  
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

*Для индикатора*

1. Опишите алгоритм имитации отжига в общем виде.
2. Опишите больцмановский отжиг.
3. Опишите отжиг Коши
4. Опишите особь и фитнес-функцию генетического алгоритма для задачи «Рюкзак»
5. Опишите особь и фитнес-функцию генетического алгоритма для задачи «Коммивояжер»
6. Опишите в генетическом алгоритме выполнение операции селекции с помощью стохастического отбора с остатком, если известно, что популяция  $A$  состоит из 6 особей  $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$ . Для каждой особи известно значение функции приспособленности:  $f(a_1) = 8$ ,  $f(a_2) = 10$ ,  $f(a_3) = 30$ ,  $f(a_4) = 25$ ,  $f(a_5) = 15$ ,  $f(a_6) = 12$ .
7. Выполните порядковый оператор кроссинговера (ОХ1) для хромосом  $X = (1;3;|2;5;4;7;6;|8)$  и  $Y = (2;8;|6;3;4;5;7;|1)$ .
8. Дайте определения следующим понятиям: особь, фитнес-функция, популяция. Найдите расстояние Хэмминга между векторами  $A$  и  $B$ , если  $A = (1,1,0,0,1,1)$  и  $B = (1,0,1,0,1,0)$ .
9. Приведите несколько моделей генетического алгоритма. Поясните, чем они отличаются.
10. Представьте схему канонического алгоритма роя частиц. Определите понятия собственный путь частицы и ее локальный путь.
11. Сформулируйте основные отличительные признаки следующих модификаций алгоритма роя частиц: притягательно-отталкивающий алгоритм, алгоритм роя частиц с управлением скоростью частиц.
12. Дайте определение понятия топология соседства частиц. Проиллюстрируйте топологии соседства типа клика, кольцо.
13. Определите понятие динамическая топология соседства частиц. Назовите основные особенности следующих алгоритмов роя частиц, использующих динамические топологии соседства: клубный алгоритм роя частиц, алгоритм с дополнением графа соседства частиц.
14. Каковы бионические предпосылки муравьиных алгоритмов оптимизации?
15. Опишите алгоритм непрерывной оптимизации колонией муравьев
16. Опишите алгоритм непрерывно взаимодействующей колонии муравьев
17. Опишите непрерывный ортогональный алгоритм муравьиной колонии
18. Опишите алгоритм табу поиск в общем виде.
19. Опишите модель генетического алгоритма Генитор
20. Опишите островную модель генетического алгоритма.

Критерии оценки заданий Каждый вопрос оценивается по следующим правилам:

5 баллов выставляется студенту, если представлен письменный отчет, грамотно и логично оформлены результаты и проведены все необходимые рассуждения;

3 балла выставляется студенту, если представлен письменный отчет, грамотно и логично оформлены результаты.

0 баллов выставляется студенту, если студент не справился с заданием

#### *Для индикатора*

1. Сформулируйте метод имитации отжига для решения задачи коммивояжера.
2. Сформулируйте решение задачи «Коммивояжер» с помощью генетического алгоритма.
3. Сформулируйте решение задачи «Рюкзак» с помощью генетического алгоритма.
4. Сформулируйте решение задачи «Составления оптимального штатного расписания» с помощью алгоритма поиска с запретами.
5. Используя генетические алгоритмы, решите уравнение Дано: уравнение в целых числах вида  $y(a,b,c) = a + 2b + 5c = 15$ . Найдите  $a, b$  и  $c$ , где  $0 \leq a, b, c \leq 15$ .
6. Сформулируйте муравьиный алгоритм для задачи «Коммивояжер»
7. Решите задачу «Раскраска графа» с помощью метаэвристического алгоритма
8. Постройте и реализуйте СНС и островную модель генетического алгоритма для решения уравнения вида  $y(a,b,c) = 2a + 3b + 5c = 20$  в целых числах, где  $0 \leq a, b, c \leq 20$ .

#### *Критерии оценки заданий*

*Каждый вопрос оценивается по следующим правилам:*

30 баллов выставляется студенту, если представлен письменный отчет, грамотно и логично оформлены результаты и проведены все необходимые рассуждения и задача реализована на одном из языков программирования (например на python);

20 баллов выставляется студенту, если представлен письменный отчет, грамотно и логично оформлены результаты и проведены все необходимые рассуждения;

10 баллов выставляется студенту, если представлен письменный отчет, грамотно и логично оформлены результаты.

0 баллов выставляется студенту, если студент не справился с заданием

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Метаэвристические алгоритмы»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Метаэвристические алгоритмы» являются практические занятия, на которых происходит закрепление материала путем применения его к конкретным задачам и отработка практических навыков.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и лабораторных занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, лабораторных занятиях или из учебной литературы.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Метаэвристические алгоритмы» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (\*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно ") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Главной разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") [www.informika.ru](http://www.informika.ru).

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет ([http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_login.php](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php)) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти

на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность» ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php)) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.