

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

МЕТАЭВРЕСТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ

Направление подготовки (специальность):
02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Образовательная программа
Искусственный интеллект и компьютерные науки

очная форма обучения

Составитель:

КРАСНОВ МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ,
ДОЦЕНТ Ф-ТА ИВТЯРГУ ИМ. П.Г. ДЕМИДОВА

г. Ярославль

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

- 1 Карпенко А.П. «Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой» Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
- 2 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.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

- 1 Электронный университет Moodle ЯрГУ URL: <https://moodle.uniyar.ac.ru/>
- 2 Единое окно доступа к образовательным ресурсам URL: <http://window.edu.ru/>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень информационных справочных систем (при необходимости)

- 1 Библиотека lodash, реализующая методы функционального программирования в языке JavaScript. URL: <https://lodash.com>
- 2 Учебные материалы по языку программирования JavaScript на ресурсе Mozilla Developer Network. URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/JavaScript>

Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая программное обеспечение

1. Интерпретатор языка JavaScript в рамках веб-браузера Firefox (свободно распространяемое ПО)
2. Среда Visual Studio Code (свободно распространяемое ПО)

**Учебно-методические указания и рекомендации
к изучению тем лекционных и практических занятий,
самостоятельной работе студентов**

Содержание дисциплины

| Наименование раздела дисциплины | Название темы с кратким содержанием |
|---------------------------------|--|
| 1. | <p>Метаэвристические алгоритмы. Введение.</p> <p>Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами</p> |
| 2. | <p>Методы, имитирующие физические процессы: метод имитации отжига.</p> <p>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.</p> |
| 3. | <p>Эволюционные методы :</p> <ul style="list-style-type: none"> - генетические алгоритмы с бинарным кодированием; - генетические алгоритмы с вещественным кодированием. <p>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.</p> |
| 4. | <p>Методы «роевого» интеллекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> - метод роя частиц; <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> - метод муравьиных колоний. <p>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.</p> |

| | |
|----|--|
| | Подробное рассмотрение конкретных муравьиных алгоритмов на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации. |
| 5. | 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. |

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) - 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. Головной разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") www.informika.ru.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (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) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/пароллю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность»

(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.

Пример задания для выполнения лабораторных работ

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 (OX1) 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 $y(a, b, c) = a + 2b + 5c = 15$. Найти 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

Требования к исходному коду

В качестве основы для применения техник рекомендуется использовать исходный код, который был разработан студентом самостоятельно. Подходит код любой лабораторной работы, выполненный для защиты результатов по предыдущим курсам по программированию. Необходимо использовать код, которым студенты смогут поделиться с другими слушателями курса.

Удобнее всего применять предложенные подходы к языкам программирования, ориентированных на запуск в средах с функцией автоматической сборки мусора. То есть данные подходы плохо применимы к системным языкам программирования (Си, C++, Rust).

Для работы рекомендуется выбирать код длиной не более двухсот строк. Можно взять подсистему приложения.

Задание на доработку исходного кода

Необходимо применить методики рефакторинга исходного кода и подготовить выступление, в рамках которого рассмотреть процесс изменения исходного кода. Выступление должно включать описание следующих этапов модификации:

- Изначальное состояние исходного кода. В описание должно входить:
 - Описание назначение кода.
 - Описание изначальной связи методов друг с другом.
- Описание результата применения техник к коду. В описании должно быть:

- Пример применения техник к ряду методов.
- Изменение в структуре методов.

Помимо презентации также необходимо подготовить Git-репозиторий, который будет включать в себя как исходное состояние, так и фиксацию состояний во время применения техник рефакторинга исходного кода.

Подготовленный набор материалов: презентация и ссылка на репозиторий загружаются в качестве ответа на задание.

Критерии оценки

«Отлично» – проанализирован и классифицирован весь исходный код, больше 50% исходного кода исправлено с применением задач рефакторинга.

«Хорошо» – проанализировано и классифицировано не менее 80% исходного код, больше 35% исходного кода исправлено с применением задач рефакторинга.

«Удовлетворительно» – проанализировано и классифицировано не менее 60% исходного код, больше 20% исходного кода исправлено с применением задач рефакторинга.

«Неудовлетворительно» – проанализировано и классифицировано менее 50% исходного кода, менее 20% исходного кода исправлено с применением задач рефакторинга.