Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан

ВКТУ им.Д.Серикбаева

УТВЕРЖДАЮ:
Декан МШИ:
Оналбаева Ж.С.
_____2026 г.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Рабочая учебная программа (силлабус)

Образовательная программа: 6B06103 Математическое и компьютерное моделирование
Код дисциплины: MO4308
Количество кредитов: 5
Цикл: ПД
Компонент: КВ

Усть-Каменогорск, 2026

Рабочая учебная программа (силлабус) разработана на «МШИ» на основании Государственных общеобязательных стандартов высшего и послевузовского образования (Приказ Министра науки и высшего образования РК №2 от 20.07.2022 г.), Правил организации учебного процесса по кредитной технологии обучения (Приказ Министра образования и науки РК от №152 от 20.04.2011 г.), Образовательной программы, Рабочего учебного плана, Каталога элективных дисциплин.

Одобрено Комиссией по обеспечению качества

Председатель — Мухамедова Р.О.
Дата 26.08.2026 г. протокол №1

Руководитель образовательной программы — Тезекпаева Ш.Т.
6В06103

Сотрудник библиотеки — Дроздова О.Н.

Разработал — Тураров А.К.
Старший преподаватель

СОГЛАСОВАНО:
Декан ШЦТиИИ — Хасенова З.Т.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1 Краткое описание дисциплины

В настоящее время теория оптимизации вносит заметный вклад в ускорение научно-технического прогресса. Успешному применению методов оптимизации способствует современная вычислительная техника. Трудно назвать такую область инженерной деятельности, где бы ни возникали задачи оптимизационного характера: определение наиболее эффективного режима работы различных технических систем, организация производства, дающего наибольшую возможную прибыль при заданных ограниченных ресурсах, и др. В содержании дисциплины акцент делается на математические модели и методы линейного программирования, на основные математические и численные методы получения наилучшее решение из всех возможных.

1.2 Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины:
изучение и освоение методов линейного программирования и численных методов оптимизации.

Задачи изучения дисциплины:
- 1. теоретическое освоение методов линейного программирования и численных методов оптимизации; 2. приобретение навыков применения методов линейного программирования и численных методов оптимизации при решении прикладных задач; 3. приобретение навыков реализации этих методов на компьютере, путем составления алгоритмов и программ на языках программирования C++ или Python.

1.3 Цели устойчивого развития

Цель 3. Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте

Цель 4. Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех

1.4 Результаты обучения

Результаты обучения определяются на основе Дублинских дескрипторов соответствующего уровня образования и выражаются через компетенции.

Формируемые ключевые компетенции	Результаты обучения (единицы ключевых компетенций)	
	образовательной программы	дисциплины
КК7 - Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные, необходимые для технико-экономического обоснования соответствующих проектных решений;	РО13 - Обосновать отбор и формирование подмножеств данных, основы регрессии и классификации для оценки точности модели, методов регуляризации и стабилизации моделей;	- Знать основы теории оптимизации - Уметь применять методы оптимизации при решении прикладных задач - Уметь анализировать полученные результаты - Уметь работать в команде - Совершенствовать имеющие знания
	РО14 - Осуществлять моделирование процессов и их графическую визуализацию, поиск и аналитическую обработку информации, численную реализацию, принятие решений на основе результатов анализа на стыке различных предметных областей;	

1.5 Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

1.5.1 Современные образовательные технологии

При проведении учебных занятий предусматривается использование следующих образовательных технологий:

- При проведении учебных занятий предусматривается использование следующих образовательных технологий: - Информационно – коммуникационная технология; - Технология развития критического мышления; - Проектная технология; - Технология интегрированного обучения; - Технологии уровневой дифференциации; - Групповые технологий; - Традиционные технологии (лекционное, практическое занятии)

1.5.2 Адаптивные образовательные технологии (инклюзивное обучение)

Для успешного освоения дисциплины при обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья могут применяться следующие адаптивные образовательные технологии:

- Для успешного освоения дисциплины при обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья могут применяться следующие адаптивные образовательные технологии: - поощрение интереса учащихся к анализу собственных социальных навыков; - прямое обучение социальным навыкам; - объяснение и моделирование применения социальных навыков

1.6 Пререквизиты

- Обыкновенные дифференциальные уравнения

1.7 Постреквизиты

1.8 Трудоемкость дисциплины

Виды работ	часы
Лекции	15
Практические работы	30
СРОП	30
СРО	75
Форма проведения итогового контроля	экзамен

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Тематический план

№	Наименование темы и ее содержание	Трудоемкость в часах	Достигаемые результаты CDIO	Метод обучения	Ссылка на литературу
	Лекционные занятия				
1	**Тема 1. Основы линейного программирования.** Постановка задач линейного программирования. Примеры задач линейного программирования. Графический метод решения задач линейного программирования	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[1–3, 7]
2	**Тема 2. Сведение задачи ЛП к каноническому виду**	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[1, 7, 11]
3	**Тема 3. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования.** Алгоритм симплекс-метода	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[6, 12]
4	**Тема 4. Симплекс-таблица**	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[9]
5	**Тема 5. Метод искусственного базиса**	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[9, 10]
6	**Тема 6. Методы одномерной оптимизации.**	1	Постановка и	теоретическое	[9]

№	Наименование темы и ее содержание	Трудоемкость в часах	Достигаемые результаты CDIO	Метод обучения	Ссылка на литературу
	Основные понятия. Классификация основных методов одномерной оптимизации.		формулирование проблем Решения и рекомендации	обучение	
7	**Тема 7. Методы одномерной оптимизации.** Классический метод оптимизации. Метод дихотомии.	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[9]
8	**Тема 8. Методы одномерной оптимизации.** Метод золотого сечения. Метод Фибоначчи.	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[9]
9	**Тема 9. Методы одномерной оптимизации.** Метод касательных	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[9]
10	**Тема 10. Методы многомерной оптимизации.** Графическая интерпретация целевой функции.Классификация основных методов многомерной оптимизации.	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[9]
11	**Тема 11. Методы многомерной оптимизации.** Дифференцирование функции многих переменных.	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[9]
12	**Тема 12. Методы многомерной оптимизации.** Классический метод минимизации функции многих переменных. Теоретические основы методов спуска	1	Постановка и формулирование проблем	теоретическое обучение	[9, 10]

№	Наименование темы и ее содержание	Трудоемкость в часах	Достигаемые результаты CDIO	Метод обучения	Ссылка на литературу
			Решения и рекомендации		
13	**Тема 13. Методы многомерной оптимизации.** Градиентный метод. Алгоритм метода	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[10]
14	**Тема 14. Методы многомерной оптимизации.** Метод наискорейшего спуска	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[10]
15	**Тема 15. Методы многомерной оптимизации.** Метод покоординатного спуска. Метод Ньютона	1	Постановка и формулирование проблем Решения и рекомендации	теоретическое обучение	[10]
ИТОГО		**15**			
Практические занятия					
1	**Тема 1. Постановка задачи оптимизации.** Методы одномерной оптимизации	5	Моделирование Целостное мышление	алгоритмизированнное обучение	[2, 3, 6–8, 13–16]
2	**Тема 2. Методы последовательного поиска (методы интервалов)**	5	Моделирование Целостное мышление	алгоритмизированнное обучение	[3, 6, 7, 10]
3	**Тема 3. Методы с использованием информации о производной функции.**	5	Моделирование Целостное мышление	алгоритмизированнное обучение	[9, 10]
4	**Тема 4. Методы многомерной оптимизации.** Графическая интерпретация целевой функции.Классификация основных методов многомерной оптимизации.	5	Моделирование Целостное мышление	алгоритмизированнное обучение	[9, 10]

№	Наименование темы и ее содержание	Трудоемкость в часах	Достигаемые результаты CDIO	Метод обучения	Ссылка на литературу
5	**Тема 5. Классический метод минимизации функции многих переменных нахождения безусловного и условного экстремума.**	5	Моделирование Целостное мышление	алгоритмизированнное обучение	[9]
6	**Тема 6. Градиентный метод.** Алгоритм метода, Метод наискорейшего спуска, Метод покоординатного спуска, Метод Ньютона	5	Моделирование Целостное мышление	алгоритмизированнное обучение	[9]
ИТОГО		**30**			

2.2 Задания для самостоятельной работы обучающегося (СРО)

Тема	Содержание задания	Форма контроля	Срок сдачи, неделя	Трудоемкость в часах	Результаты CDIO
Решение задач линейного программирования с помощью симлекс-таблицы	Решение задач линейного программирования с помощью симплекс-таблицы состоит в последовательном улучшении плана, представленного в табличной форме. На каждом шаге выбирается переменная, улучшающая целевую функцию, выполняются элементарные преобразования таблицы, пока не будет найден оптимальный план. Метод подходит для задач максимизации и минимизации при линейных ограничениях.	Защита работы, устный опрос	7	30	Моделирование Целостное мышление

Тема	Содержание задания	Форма контроля	Срок сдачи, неделя	Трудоемкость в часах	Результаты CDIO
Решение задач методами дихотомии, золотого сечения, Фибоначчи, касательных	Решение задач одномерной оптимизации методами дихотомии, золотого сечения, Фибоначчи и касательных основано на последовательном уменьшении интервала поиска минимума или максимума функции. Метод дихотомии заключается в делении отрезка пополам с использованием двух близко расположенных точек. Он прост в реализации, однако требует большого количества вычислений функции. Метод золотого сечения позволяет более эффективно уменьшать интервал благодаря использованию постоянного коэффициента «золотого сечения». Он обеспечивает меньшее число вычислений функции по сравнению с методом дихотомии. Метод Фибоначчи похож на метод золотого сечения, но для оптимального выбора точек применяет числа Фибоначчи, что минимизирует число вычислений целевой функции. Метод касательных (или метод Ньютона)	Защита работы, устный опрос	8	30	Моделирование Целостное мышление

Тема	Содержание задания	Форма контроля	Срок сдачи, неделя	Трудоемкость в часах	Результаты CDIO
	использует производные функции для быстрого нахождения точки минимума. Он обеспечивает квадратичную скорость сходимости, но требует хорошего начального приближения и знания производных.				
Решение задач градиентным методом, методом наискорейшего спуска, методом покоординатного спуска, методом Ньютона	Решение задач многомерной оптимизации градиентным методом, методом наискорейшего спуска, методом покоординатного спуска и методом Ньютона основано на поиске точки минимума функции при помощи информации о её градиенте или производных более высокого порядка. Градиентный метод использует направление антиградиента как направление наибольшего убывания функции. На каждом шаге выбирается шаг, уменьшающий значение целевой функции. Метод наискорейшего спуска является развитием градиентного метода: на каждом шаге выполняется одномерная минимизация вдоль направления антиградиента, что обеспечивает более быстрое уменьшение	Защита работы, устный опрос	15	15	Моделирование Целостное мышление

Тема	Содержание задания	Форма контроля	Срок сдачи, неделя	Трудоемкость в часах	Результаты CDIO
	функции, чем при постоянном шаге. Метод покоординатного спуска предполагает последовательную оптимизацию по каждой координате при фиксированных остальных. Метод прост в реализации и не требует вычисления градиента целиком. Метод Ньютона использует не только градиент, но и вторые производные функции (матрицу Гессе). Он обеспечивает квадратичную скорость сходимости и позволяет быстро находить минимум, однако требует больших вычислительных затрат.				
ИТОГО				**75**	

2.3 График сдачи заданий по дисциплине

Вид задания	Академический период обучения, неделя														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Знание															
Практическая работа 1			+												
Практическая работа 2					+										
Практическая работа 3							+								

Вид задания	Академический период обучения, неделя														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Практическая работа 4										+					
Практическая работа 5												+			
Практическая работа 6														+	
Понимание															
Практическая работа 1			+												
Практическая работа 2					+										
Практическая работа 3							+								
Практическая работа 4										+					
Практическая работа 5												+			
Практическая работа 6														+	
Применение															
Практическая работа 1			+												
Практическая работа 2					+										
Практическая работа 3							+								
Тест 1								+							
Практическая работа 4										+					
Практическая работа 5												+			
Практическая работа 6														+	
Тест 2															+
Анализ															
Практическая работа 1			+												
Практическая работа 2					+										
Практическая работа 3							+								
Тест 1								+							

Вид задания	Академический период обучения, неделя														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Практическая работа 4										+					
Практическая работа 5												+			
Практическая работа 6														+	
Тест 2															+

3 ОЦЕНКА ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Преподаватель проводит все виды работ текущего контроля и выводит соответствующую оценку текущей успеваемости обучающихся два раза в академический период. По результатам текущего контроля формируется рейтинг 1 и 2. Учебные достижения обучающегося оцениваются по 100-балльной шкале, итоговая оценка Р1 и Р2 выводится как средняя арифметическая из оценок текущей успеваемости. Оценка работы обучающегося в академическом периоде осуществляется преподавателем в соответствии с графиком сдачи заданий по дисциплине. Система контроля может сочетать письменные и устные, групповые и индивидуальные формы.

Период	Вид работы	Итоговая оценка
1-й рейтинг	Практическая работа 1	0-100
	Практическая работа 2	
	Практическая работа 3	
	Тест 1	
2-й рейтинг	Практическая работа 4	0-100
	Практическая работа 5	
	Практическая работа 6	
	Тест 2	
Итоговый контроль	экзамен	0-100

3.1 Политика оценивания результатов обучения по видам работ

Вид работы	**90-100**	**70-89**	**50-69**	**0-49**
	Отлично	**Хорошо**	**Удовлетворительно**	**Неудовлетворительно**
Работа на практических (семинарских) занятиях	выполнил практическую работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно	выполнил требования к оценке «5», но допущены 2-3 недочета. Ответ обучающегося на вопросы удовлетворяет основным требованиям к ответу на 5, но дан без применения знаний в новой ситуации, без использования связей с ранее	выполнил работу не полностью, но не менее 50% объема практической работы, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки. При ответе на вопросы обучающийся	выполнил работу не полностью или объем выполненной части работ не позволяет сделать правильных выводов. При ответе на вопросы демонстрирует не владение основными знаниями и умениями в соответствии с требованиями программы;

	выполняет анализ ошибок. При ответе на вопросы правильно понимает сущность вопроса, дает точное определение и истолкование основных понятий; сопровождает ответ новыми примерами, умеет применить знания в новой ситуации; может установить связь между изучаемым и ранее изученным материалом, а также с материалом, усвоенным при изучении других дисциплин.	изученным материалом и материалом, усвоенным при изучении других дисциплин; допущены одна ошибка или не более двух недочетов, обучающийся может их исправить самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.	правильно понимает сущность вопроса, но в ответе имеются отдельные проблемы в усвоении вопросов курса, не препятствующие дальнейшему усвоению программного материала; допущено не более одной грубой ошибки и двух недочетов.	допущены больше ошибок и недочетов, чем необходимо для оценки 3 или не может ответить ни на один из поставленных вопросов.

Итоговая оценка знаний обучающего по дисциплине осуществляется по 100 балльной системе и включает:
- 60% результатов текущей успеваемости;
- 40% результата, полученного на экзамене.

Формула подсчета итоговой оценки:

$$И = 0{,}6\frac{P_1+P_2}{2} + 0{,}4Э \quad (1)$$

где Р1, Р2 – цифровые эквиваленты оценок первого, второго рейтингов соответственно; Э – цифровой эквивалент оценки на экзамене.

Буквенная система оценки учебных достижений обучающихся, соответствующая цифровому эквиваленту по четырехбалльной системе:

Оценка по буквенной системе	Цифровой эквивалент	Баллы (%-ное содержание)	Оценка по традиционной системе
A	4.0	95-100	Отлично
A-	3.67	90-94	
B+	3.33	85-89	Хорошо
B	3.0	80-84	

Оценка по буквенной системе	Цифровой эквивалент	Баллы (%-ное содержание)	Оценка по традиционной системе
B-	2.67	75-79	
C+	2.33	70-74	
C	2.0	65-69	Удовлетворительно
C-	1.67	60-64	
D+	1.33	55-59	
D	1.0	50-54	
FX	0.5	25-49	Неудовлетворительно
F	0	0-24	

4 ПОЛИТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

Обучающийся обязан:

-посещение лекционных и практических занятий по расписанию является обязательным; -присутствие студентов на занятиях проверяется в начале занятий. В случае опоздания студент должен бесшумно войти в аудиторию и включиться в работу, а в перерыве объяснить преподавателю причину опоздания; -два опоздания на занятия приравниваются к одному пропуску занятия; -оцениваемые в баллах работы следует сдавать в установленные сроки. За несвоевременную сдачу работ количество баллов снижается. Студенты, не сдавшие все задания, к экзамену не допускаются; -повторное прохождение студентом рубежного контроля, в случае получения неудовлетворительной оценки, не допускается; -студенты, получившие средний рейтинг Рср = (Р1 + Р2)/2 менее 50%, к экзамену не допускаются; -в течение занятий мобильные телефоны должны быть отключены; -студент обязан приходить на занятия в деловой одежде.

Инструменты искусственного интеллекта (ИИ) разрешается использовать только в качестве вспомогательного средства для поиска информации и уточнения идей. При использовании ИИ необходимо обязательно указать ссылку на использованный инструмент или источник. Полное выполнение задания с помощью ИИ, представление готового ответа без изменений, отсутствие ссылки или сокрытие факта использования ИИ считается нарушением требований академической честности.

5 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

5.1 Основная литература

1. Кудашов В.Н., Селина Е.Г., Основы линейного программирования– СПб: Университет ИТМО, 2020. – 42 с.

2. Васильев Ф.П. и др. Методы оптимизации: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. - М.: Издательство Юрайт, 2019. - 375 с.

3. Струченков В.И. Методы оптимизации в прикладных задачах. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. - 320 с.

4. Розова, В. Н. Методы оптимизации : учебное пособие / В. Н. Розова, И. С. Максимова. — Москва : Российский университет дружбы народов, 2010. — 112 c. — ISBN 978-5-209-03872-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https:\/www.iprbookshop.ru/11536.html (дата обращения: 09.10.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Ренин, С. В. Методы оптимизации : сборник задач и упражнений / С. В. Ренин, Н. Д. Ганелина. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 54 c. — ISBN 978-5-7782-1688-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https:\/www.iprbookshop.ru/45389.html (дата обращения: 09.10.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Казанская, О. В. Модели и методы оптимизации. Практикум : учебное пособие / О. В. Казанская, С. Г. Юн, О. К. Альсова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 204 c. — ISBN 978-5-7782-1983-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https:\/www.iprbookshop.ru/45397.html (дата обращения: 09.10.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Черняк А. А., Черняк Ж. А., Метельский Ю. М., Богданович С. А. — Методы оптимизации: теория и алгоритмы : учебное пособие для вузов / 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 357 с. — ISBN 978-5-534-04103-3.

8. Седых И. А., Истомин В. А., Сёмина В. В., Супрунов И. И. — Методы оптимизации: теория, практические задания и лабораторные работы — 2025.

9. Пантелеев А. В., Летова Т. А. Методы оптимизации в примерах и задачах: учебное пособие. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 512 с.

10. Kochenderfer M. J., Wheeler T. A. Algorithms for Optimization. — Cambridge, MA: MIT Press, 2019. — URL: https://algorithmsbook.com/optimization/.

11. Boyd S., Vandenberghe L. Convex Optimization. — Cambridge: Cambridge University Press, 2004. — URL: https://web.stanford.edu/~boyd/cvxbook/.

12. Goemans M. X. Linear programming: учебные материалы MIT. — URL: https://math.mit.edu/~goemans/18310S15/lpnotes310.pdf.

13. Попова Т. М. Методы одномерной оптимизации: методические указания и задания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы оптимизации». — Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2011. — 26 с.

14. Аттетков А. В., Галкин С. В., Зарубин В. С. Методы оптимизации. — 2-е изд. — Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. — 440 с.

15. Алексеев В. М., Галлеев Э. М., Тихомиров В. М. Сборник задач по оптимизации. — Москва: Наука, 1984. — 287 с.

16. Ашманов С. А., Тимохов А. В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях. — Москва: Наука, 1991. — 448 с.

17. **Кудрявцев К. Я., Прудников А. М.** Методы оптимизации: учебное пособие для вузов. — 2-е изд. — Москва: Юрайт, **2025**. — 114 с. — ISBN 978-5-534-21189-4. — URL: https://urait.ru/bcode/559518. (изучать онлайн. «Юрайт»)

18. **Beck A.** Introduction to Nonlinear Optimization: Theory, Algorithms, and Applications with Python and MATLAB. — 2nd ed. — SIAM, **2023**. — DOI: 10.1137/1.9781611977622. Нелинейная оптимизация, градиентные методы, метод Ньютона и задания с Python и MATLAB. (Chapter 8: Convex Optimization)

19. **Snider A. D.** Basics of Optimization Theory. — Cham: Springer, **2023**. — VIII, 143 p. — DOI: 10.1007/978-3-031-29219-4. Линейное программирование, одномерная оптимизация, методы наискорейшего спуска и сопряжённых градиентов. (Springer Nature Link)

5.2 Дополнительная литература

1. Карманов В. Г. Математическое программирование: Учеб. пособие. — 5-е изд., стереотип. — М., 2004. — 264 с.

2. Лемешко, Б.Ю. Методы оптимизации: Конспект лекций \/ Б.Ю. Лемешко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 126 с.

3. IPR SMART http://www.iprbookshop.ru

4. ScienceDirect - http://www.sciencedirect.com.

5. EBSCO Discovery Service (EDS) - http://search.ebscohost.com

6. **Borkar V. S., Mallikarjuna Rao K. S.** Elementary Convexity with Optimization. — Singapore: Springer, **2023**. — XII, 139 p. — DOI: 10.1007/978-981-99-1652-8. Выпуклые множества и функции, условия оптимальности и алгоритмы оптимизации. (Springer Nature Link)

7. **Li C., Han S., Zeng S., Yang S.** Intelligent Optimization: Principles, Algorithms and Applications. — Singapore: Springer, **2024**. — XXIII, 361 p. — DOI: 10.1007/978-981-97-3286-9.

Эволюционные алгоритмы, роевой интеллект и многокритериальная оптимизация. (Springer Nature Link)

8. **Kılınç-Karzan F., Nemirovski A.** Essential Mathematics for Convex Optimization. — Cambridge: Cambridge University Press, **2025**. — DOI: 10.1017/9781009510561. Математические основы выпуклой оптимизации и конического программирования. (Cambridge Aspire website)