

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра информационных систем и математических методов в экономике

**Авторы-составители: Мулюков Михаил Вадимович
Радионова Марина Владимировна**

Рабочая программа дисциплины

**OPTIMIZATION METHODS: THEORY, ALGORITHMS AND SOFTWARE
PACKAGES**

Код УМК 97802

Утверждено
Протокол №9
от «06» июня 2022 г.

Пермь, 2022

1. Наименование дисциплины

Optimization Methods: theory, algorithms and software packages

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **38.03.05** Бизнес-информатика

направленность Информационные системы и большие данные

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Optimization Methods: theory, algorithms and software packages** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

38.03.05 Бизнес-информатика (направленность : Информационные системы и большие данные)

ПК.1 Способен к обоснованию решений

Индикаторы

ПК.1.1 Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей

4. Объем и содержание дисциплины

| | |
|---|--|
| Направление подготовки | 38.03.05 Бизнес-информатика (направленность: Информационные системы и большие данные) |
| форма обучения | очная |
| №№ триместров, выделенных для изучения дисциплины | 2,3 |
| Объем дисциплины (з.е.) | 7 |
| Объем дисциплины (ак.час.) | 252 |
| Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе: | 98 |
| Проведение лекционных занятий | 42 |
| Проведение практических занятий, семинаров | 28 |
| Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку | 28 |
| Самостоятельная работа (ак.час.) | 154 |
| Формы текущего контроля | Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (2) Письменное контрольное мероприятие (4) |
| Формы промежуточной аттестации | Зачет (2 триместр) Экзамен (3 триместр) |

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Optimization Methods: theory, algorithms and software packages

Introduction to optimization

We study methods of research and models of economic objects and processes, designed to substantiate and develop control decisions in deterministic conditions. Examples and tasks are considered that develop decision-making skills in economics using mathematical methods.

Entrance test

Checking basic knowledge of school and higher mathematics.

Types of mathematical models

The concepts of model, modeling. Types of models. The purposes of modeling in science. Features of modeling economic phenomena and processes. Optimization as a way of describing rational behavior. Elements of the optimization model. The main stages of the operation modeling.

Mathematical programming. Types of mathematical programming problems.

Linear programming, nonlinear programming, quadratic programming, convex programming, discrete programming, integer programming, boolean programming, geometric programming, parametric programming, stochastic programming, dynamic programming. Specificity of optimization problems of operations research.

Linear Programming

Graphical methods for solving linear programming problems. Graphical solution of the system of inequalities and construction of acceptable perception. Feasible solution space. Level curve of the objective function. Gradient of the objective function. Graphical maximization (minimization) of objective functions on the set.

Transport problem

Transport problem. Transport table. Transport costs and transportation matrices. Open and closed transport problems.

Creation of an initial transportation plan. Northwest corner method. Minimum element method.

The solution of the transport problem by the method of potentials. Transition from one basic solution to another. Recalculation cycles.

Dynamic programming

Deterministic Dynamic Programming. Principle of Optimality. Optimal securities portfolio.

Final control activity

The final control work is carried out on the studied discipline in the current academic period.

Multi-criteria optimization

Effective solutions to multicriteria problems. Pareto dominance. Effective frontier of acceptable outcomes (set of Pareto optimal points).

Procedures for solving multicriteria problems (review). The method of successive concessions, the method of generalized criterion. (study of the algorithm).

Game theory

A matrix game is an antagonistic game of two players with a finite number of strategies. Payment matrix.

Optimal, dominant

and a useful strategy. Solution of a matrix game with a saddle point. Graphic method of matrix game solution.

Final control activity

The final control work is carried out on the studied discipline in the current academic period.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Erzin, A. I. Fundamentals of Operations Research : a textbook / A. I. Erzin, I. I. Takhonov. — Novosibirsk : Editorial and Publishing Center of NSU, 2015. — 122 с. — ISBN 978-5-4437-0344-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/93445>

Дополнительная:

1. Romanenko, M. G. Analysis and optimization of business processes : course of lectures / M. G. Romanenko. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 153 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/66011>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://www.academia.edu/35271588> Operation Research An Introduction 8th Edition H.A. Taha

<https://math.mit.edu/~goemans/18310S15/lpnotes310.pdf> Lectures of linear programming

<https://towardsdatascience.com/optimization-in-transportation-problem-f8137044b371> On transport problem

<https://engineering.purdue.edu/~sudhoff/ee630/Lecture09.pdf> On multi-criteria optimization

<https://sites.math.washington.edu/~burke/crs/407/notes/games.pdf> On matrix game

https://projects.iq.harvard.edu/files/econ2010c/files/lecture_01_2010c_2014.pdf Lecture on Bellman equation

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Optimization Methods: theory, algorithms and software packages** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- 1) presentation materials (slides on the topics of lectures);
- 2) on-line access to the Electronic library system (ELS);
- 3) access to the electronic information and educational environment of the University;
- 4) Internet services and electronic resources.

List of required licensed and / or freely distributed software:

- 1) Applications that allow you to view and play the media content of PDF files;
- 2) Office application packages.

- 1) презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- 2) доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- 3) доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- 4) интернет-сервисы и электронные ресурсы;

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1) приложения, позволяющее просматривать PDF-файлы и воспроизводить медиаконтент;
- 2) офисные пакеты приложений.

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

The material and technical base is provided by the availability of:

1. Lecture classes - an audience equipped with presentation equipment (projector, screen, computer / laptop) with appropriate software, chalk (s) or marker board.

2. Seminar-type classes (seminars, practical classes) - an audience equipped with presentation equipment (projector, screen, computer / laptop) with appropriate software, chalk (s) or marker board.
3. Laboratory classes - a computer class equipped with personal computers and appropriate software. The composition of the equipment is specified in the Passport of the computer class.
4. Independent work - an audience for independent work, equipped with computer equipment with the ability to connect to the Internet, provided with access to the electronic information and educational environment of the University. Premises of the Scientific library of PSU.
5. Current control - an audience equipped with presentation equipment (projector, screen, computer / laptop) with appropriate software, chalk (s) or marker board.

Материально-техническая база обеспечивается наличием:

1. Лекционные занятия - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
2. Занятий семинарского типа (практические занятия) - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
3. Лабораторные занятия - компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.
4. Самостоятельная работа - аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.
5. Текущий контроль и промежуточная аттестация - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской. Или аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Optimization Methods: theory, algorithms and software packages**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

Способен к обоснованию решений

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|--|---|--|
| <p>ПК.1.1 Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей</p> | <p>The student knows possible solutions based on the target indicators developed for them, knows how to choose a solution technique and masters the main optimization methods</p> | <p align="center">Неудовлетворител The student does not know possible solutions based on the target indicators developed for them, does not know how to choose a methodology for solving optimization problems and does not know the main optimization methods</p> <p align="center">Удовлетворительн The student uncertainly knows possible solutions based on the target indicators developed for them, knows how to choose a methodology for solving optimization problems and knows the main optimization methods at a satisfactory level</p> <p align="center">Хорошо The student as a whole knows possible solutions based on the target indicators developed for them, knows how to choose a methodology for solving optimization problems, and knows the basic optimization methods at a fairly good level.</p> <p align="center">Отлично The student demonstrates a high knowledge of possible solutions based on the target indicators developed for them, is able to choose a methodology for solving optimization problems and masters the main optimization methods at a high level</p> |
| <p>ПК.1.1 Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей</p> | <p>Explores the constructed mathematical model of operations research for compliance with the problem situation, develops algorithms and evaluates the effectiveness of their use</p> | <p align="center">Неудовлетворител Does not know how to investigate the constructed mathematical model of operations research for compliance with the problem situation. Doesn't know how to develop algorithms. Does not know the methods for evaluating the effectiveness of their use.</p> <p align="center">Удовлетворительн Able to study the constructed mathematical</p> |

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|----------------------------|------------------------------------|--|
| | | <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>model of operations research for compliance with the problem situation at a satisfactory level. Owns methods of developing algorithms at a satisfactory level. Knows methods for evaluating the effectiveness of their use at a satisfactory level.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Able to study the constructed mathematical model of operations research for compliance with the problem situation at a good level. He has good knowledge of algorithm development methods. Knows methods for evaluating the effectiveness of their use at a good level.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Able to study the constructed mathematical model of operations research for compliance with the problem situation at an excellent level. He has excellent knowledge of algorithm development methods. Knows the methods of evaluating the effectiveness of their use at an excellent level.</p> |

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 42 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 42 балла

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|---|--|
| Входной контроль | Introduction to optimization Входное тестирование | Solving systems of linear dependencies Plotting elementary functions Basic knowledge of linear algebra |
| ПК.1.1 Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей | Linear Programming Письменное контрольное мероприятие | 1) know the formulation of the linear programming problem 2) the ability to construct an area of feasible solutions 3) the ability to build a gradient of the objective function 4) the ability to build level curves for the objective function 5) the ability to find the optimal solution and justify your answer 6) the skill of application of the graphical method for solving linear programming problems |
| ПК.1.1 Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей | Transport problem Письменное контрольное мероприятие | 1) knowledge of the formulation of the transport problem. 2) the ability to build the initial basic solution of the transport problem using the northwest corner method 3) the ability to build an initial basic solution of the transport problem using the minimum cost method 4) the skill of the application of the of the method of potentials |

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|---|---|
| ПК.1.1 Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей | Final control activity Итоговое контрольное мероприятие | Knowledge of linear mathematical models of operations research. Ability to formulate the linear programming problem. Knowledge of dual linear programming problem. The skill of the application of the graphical method for solving linear programming problems. Knowledge of the formulation of the transport problem. The ability to solve the transport problem. Deterministic Dynamic Programming. Principle of Optimality. Optimal securities portfolio. |

Спецификация мероприятий текущего контроля

Introduction to optimization

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| All problems are solved correctly | 16 |
| At least 4 problems are solved correctly | 7 |

Linear Programming

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| The gradient and the level curves of the objective function are obtained | 10 |
| The domain of admissible solutions is obtained | 10 |
| The optimal solution is obtained | 10 |

Transport problem

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| The method of potentials is applied correctly | 6 |
| The optimal transportation plan is obtained | 6 |
| The type of task is identified correctly | 6 |
| Recalculation cycles are obtained correctly | 6 |
| Initial basic solution is obtained and the method is indicated | 6 |

Final control activity

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **16.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| All tasks completed correctly; the student answered all questions. | 40 |
| Tasks are solved satisfactorily. The student can answer at least several question. | 17 |

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 42 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 42 балла

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|--|--|
| ПК.1.1 Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей | Multi-criteria optimization Письменное контрольное мероприятие | 1) know the formulation of the problem of multiobjective optimization. 2) the ability to construct a Pareto-optimal frontier in the discrete and continuous cases. 3) the skill of application of the method of successive concessions. 4) the skill of application of the generalized criterion method. |

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|---|---|
| ПК.1.1 Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей | Game theory Письменное контрольное мероприятие | 1) finding a saddle point 2) determination of dominant strategies 3) solving a 2 x n matrix game by a graphical method |
| ПК.1.1 Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей | Final control activity Итоговое контрольное мероприятие | Knowledge of the concept of Pareto optimality. The ability to construct a Pareto-optimal boundary of the set of feasible solutions. Understanding the economic meaning of the problem of multiobjective optimization. The concept of different approaches to solving the problem of multiobjective optimization. Ability to solve problems of multicriteria optimization by the method of successive concessions. Ability to solve problems of multicriteria optimization by the weighted sum method. Knowledge of the problem statement of the theory of matrix games. Ability to establish the existence of a saddle point. The concept of optimal, pure, mixed, dominant strategy. Ability of solve 2 x n matrix game by graphical method. |

Спецификация мероприятий текущего контроля

Multi-criteria optimization

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| The Pareto-optimal frontier are constructed correctly | 10 |
| The generalized criterion method is applied correctly | 10 |
| The method of successive concessions is applied correctly | 10 |

Game theory

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|--------------|
| The 2 x n matrix game is solved by graphical method | 20 |
| The presence of a saddle point is established | 10 |

Final control activity

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **16.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| Tasks are solved satisfactorily. The student can answer at least several question. | 17 |