MASTER OF SCIENCE IN ENGINEERING

Module Description, available in: EN, FR

Optimization

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

FTP_Optimiz

Valid for academic year

2024-25

Last modification

2021-02-05

Coordinator of the module

Peter Fusek (ZHAW, fuse@zhaw.ch)

Explanations regarding the language definitions for each location:

- Instruction is given in the language defined below for each location/each time the module is held.
- Documentation is available in the languages defined below. Where documents are in several languages, the percentage distribution is shown (100% = all the documentation).
- The examination is available 100% in the languages shown for each location/each time it is held.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Instruction		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation		**X** F 70%	**X** E 30%		**X** E 100%		
Examination		**X** F 100%			**X** E 100%		

Module Category

FTP Fundamental theoretical principles

Profile Recommendations

This module is recommended for the following profiles:

	Lausanne	Zurich
Profile	DS, ME	BE, DS, EnEn, ME, MA, Avi, Pho

Lessons

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

Entry level competences

Prerequisites, previous knowledge

Linear algebra:

- Systems of linear equations, Gauss algorithm
- Basics of vector and matrix algebra, linear spaces

Analysis:

- Calculus with functions of one variable
- Zeros of functions (Newton algorithm)

Programming:

- Basics of procedural programming and ability to implement small programs in an arbitrary language, e.g. Python, Matlab, R, Java, C#, C++, C, etc.

Brief course description of module objectives and content

This course offers an introduction to optimization, emphasizing basic methodologies and underlying mathematical structures. Optimization refers to the application of mathematical models and algorithms to decision making. A large number of quantitative real-world problems can be formulated and solved in this general framework. Applications of optimization comprise, for instance, decision problems in production planning, supply chain management, transportation networks, machine and workforce scheduling, blending of components, telecommunication network design, airline fleet assignment, and revenue management.

Aims, content, methods

Learning objectives and competencies to be acquired

- The student has an overview of the various fields and approaches to optimization.
- The student has a basic mathematical and algorithmic understanding of the major optimization methods used in practice (Linear Programming (LP), Integer Programming (ILP), Nonlinear Programming, Optimization in Graphs, Metaheuristics).
- The student is able to analyze basic real-world decision problems and formulate appropriate optimization models.
- The student is able to implement and solve basic LP/ILP models in a spreadsheet.
- The student has developed a certain intuition on how to approach and analyze real-world optimization problems, to correctly estimate their complexity, and to choose appropriate modeling approaches and implementation tools.

Module content with weighting of different components

Week	Topics
1	**PART 1:**
2	**Introduction to Optimization** • Basic concepts: models, variables, parameters, constraints, objective, optima • Examples of problems and models of different types: linear/nonlinear, discrete/continuous, deterministic/stochastic constrained/unconstrained • Solution methods: exact algorithms, constructive heuristics, improvement heuristics • Global vs. local optima, basic ideas of convex optimization
3	**Linear Programming** • Mathematical formulation and terminology, canonical and standard form, transformations • Geometry: linear inequalities, polyhedra, graphical representation, examples • Simplex algorithm
4	
5	
6	**Integer Programming** • Basic concepts • Branch-and-Bound method • Cutting Planes method • Various applications and modeling techniques
7	
8	**PART 2:** **Nonlinear Optimization** • Unconstrained multidimensional optimization: optimality conditions, Gradient- and Newton-methods
9	**Graphs and Networks** • Optimization in graphs • Paths and cycles • Network flows • Selected combinatorial optimization problems
10	
11	
12	**Heuristics and Metaheuristics** • Trajectory-based methods: hill climbing, tabu search, simulated annealing, ... • Population-based methods: evolutionary algorithms, ant colony optimization, ...
13	
14	

Teaching and learning methods

Lectures and exercises

Literature

Assessment

Certification requirements

Module does not use certification requirements

Basic principle for exams

As a rule, all standard final exams are conducted in written form. For resit exams, lecturers will communicate the exam format (written/oral) together with the exam schedule.

Standard final exam for a module and written resit exam

Kind of exam

Written exam

Duration of exam

120 minutes

Permissible aids

Aids permitted as specified below:

Permissible electronic aids

None.
In particular: Pocket calculators are not allowed.

Other permissible aids

Exam "open book": Any written documents are allowed.

Special case: Resit exam as oral exam

Kind of exam

Oral exam

Duration of exam

30 minutes

Permissible aids

No aids permitted

Description du module, disponible en: EN, FR

Optimisation

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

FTP_Optimiz

Valable pour l'année académique

2024-25

Dernière modification

2021-02-05

Coordinateur/coordinatrice du module

Peter Fusek (ZHAW, fuse@zhaw.ch)

Explications concernant les langues d'enseignement par site :

- Les cours se dérouleront dans la langue définie ci-dessous par lieu/exécution.
- Les documents sont disponibles dans les langues définies ci-dessous. Pour le multilinguisme, voir la répartition en pourcentage (100% = documents complets)
- L'examen est disponible à 100% dans chaque langue sélectionnée pour chaque lieu/exécution.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Leçons		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation		**X** F 70%	**X** E 30%		**X** E 100%		
Examen		**X** F 100%			**X** E 100%		

Catégorie de module

FTP bases théoriques élargies

Recommandations de profil

Ce module est recommandé pour les profils suivants :

	Lausanne	Zurich
Profil	DS, ME	BE, DS, EnEn, ME, MA, Avi, Pho

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

Algèbre linéaire:

- Systèmes d'équations linéaires, algorithme de Gauss
- Calcul vectoriel et matriciel de base, espaces linéaires

Analyse:

- Calcul différentiel avec des fonctions à une variable
- Recherches de zéros (algorithme de Newton)

Programmation:

- Concepts de bases de la programmation procédurale et la capacité de formuler des petits programmes dans un langage quelconque, par exemple Python, Matlab, R, Java, C#, C++, C, etc.

Brève description du contenu et des objectifs

Ce cours offre une introduction à l'optimisation, en mettant l'accent sur les méthodologies de base et les structures mathématiques sous-jacentes. L'optimisation fait référence à l'application de techniques et de méthodes mathématiques aux problèmes de prise de décision. Un grand nombre de problèmes quantitatifs réels peuvent être modélisés et résolus dans cette structure générale. Planification de production, supply chain management, réseaux de transport, ordonnancement de machines et de personnel, design de réseaux de télécommunication, airline fleet assignment, et revenue management sont des exemples d'applications parmi d'autres.

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

- L'étudiant a une vue d'ensemble des différents domaines et des différentes approches d'optimisation.
- L'étudiant comprend les bases mathématiques et algorithmiques des principales méthodes d'optimisation utilisées dans la pratique (Linear Programming (LP), Integer Programming (ILP), Nonlinear Programming, optimisation dans les graphes, métaheuristiques).
- L'étudiant est capable d'analyser des problèmes simples de prise de décision réels et de formuler des modèles d'optimisation appropriés.
- L'étudiant et capable de mettre en place et de résoudre des modèles LP/ILP de base à l'aide d'un tableur.
- L'étudiant a développé une certaine intuition lui permettant d'aborder et d'analyser des problèmes réels, d'estimer leur complexité et de choisir une approche de modélisation et les outils d'implémentation appropriés.

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

Semaine	Sujets
1	**PARTIE 1:**
2	**Introduction à l'optimisation** • Idées de base: modèles, variables, paramètres, contraintes, objectifs, optima • Exemples de problèmes et de modèles de différents types: linéaires/non linéaires, discrets/continus, déterministes/stochastiques, avec contraintes/sans contraintes • Méthodes de résolution: algorithmes exactes, heuristiques constructives, heuristiques d'amélioration • Optima globals vs. locals, concepts de base de l'optimisation convexe
3	**Programmation linéaire** • Formulation mathématique et terminologie, forme canonique et standard, transformations • Géométrie: inéquation linéaires, polyèdres, représentation graphique, exemples • Algorithme du simplexe
4	
5	
6	**Programmation linéaire entière** • Concepts de base • Méthode Branch-and-Bound • Méthode Cutting Planes • Applications et techniques de modélisation diverses
7	
8	**PARTIE 2:** **Optimisation non linéaire** • Optimisation multidimensionnelle sans contraintes: conditions d'optimalité, algorithme de gradient et algorithme de
9	**Graphes et réseaux** • Optimization dans les graphes • Cycles et chemins • Flots de réseau • Problèmes sélectionnés d'optimisation combinatoire
10	
11	
12	**Heuristiques et métaheuristiques** • Méthodes de trajectoire: grimpeur, recherche tabou, recuit simulé, ... • Méthodes basées sur une population: algorithmes évolutionnistes, colonies de fourmis, ...
13	
14	

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Cours magistral et travaux dirigés

Bibliographie

Evaluation

Conditions d'admission

Le module n'utilise pas de conditions d'admission.

Principe pour les examens

En règle générale, tous les examens réguliers de fin de module se déroulent sous forme écrite. Concernant les examens de répétition, leur format (écrit ou oral) sera communiqué par l'enseignant-e en même temps que le calendrier des examens.

Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

Type de l'examen

Examen écrit

Durée de l'examen

120 minutes

Aides autorisées

Les aides suivantes sont autorisées:

Aides électroniques autorisées

Aucun.
Notamment: Les calculatrices ne sont pas autorisées.

Autres aides autorisées

Examen "à livre ouvert" ("open book"): Tous les moyens écrits sont autorisés.

Cas spécial: examen de répétition oral

Type de l'examen

Examen oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisées

Sans aides