Module Description, available in: EN, FR

Machine Learning

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

FTP_MachLe

Valid for academic year

2024-25

Last modification

2023-09-25

Coordinator of the module

Christoph Würsch (OST, christoph.wuersch@ost.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** E 100%	**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation	**X** E 100%				**X** E 100%		
Examination	**X** E 100%				**X** E 100%		

Module Category

FTP Fundamental theoretical principles

Profile Recommendations

This module is recommended for the following profiles:

	Lausanne	Zurich
Profile	CS, DS	EIE, ICS, Med, Avi

Lessons

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

Entry level competences

Prerequisites, previous knowledge

- **Math**: basic calculus / linear algebra / probability calculus (e.g., derivatives, matrix multiplication, normal distribution)
- **Statistics**: basic descriptive statistics (e.g., mean, variance, co-variance, histograms, box plots)
- **Programming**: good command of any structured programming language (e.g., Python, Matlab, R, Java, C, C++)
- **Analytics**: basic data analysis methods (data pre-processing, linear & logistic regression)

Brief course description of module objectives and content

Machine learning (ML) emerged out of artificial intelligence and computer science as the academic discipline concerned with “giving computers the ability to learn without being explicitly programmed” (A. Samuel, 1959). Today, it is the methodological driver behind the mega-trend of digitalization. ML experts are highly sought after in industry and academia alike.

This course builds upon basic knowledge in math, programming and analytics/statistics as is typically gained in respective undergraduate courses of diverse engineering disciplines. From there, it teaches the foundations of modern machine learning techniques in a way that focuses on practical applicability to real-world problems. The complete process of building a learning system is considered:

- formulating the task at hand as a learning problem;
- extracting useful features from the available data;
- choosing and parameterizing a suitable learning algorithm.

Covered topics include cross-cutting concerns like ML system design and debugging (how to get intuition into learned models and results) as well as feature engineering; covered algorithms include (amongst others) Support Vector Machines (SVM) and ensemble methods.

Aims, content, methods

Learning objectives and competencies to be acquired

- Students **know** the **background and taxonomy** of machine learning methods
- On this basis, they **formulate** given problems as l**earning tasks** and **select** a **proper learning method**
- Students **are able to convert** a data set into a proper **feature set** fitting for a task at hand
- They **evaluate** the chosen **approach** in a structured way using proper design of experiment
- Students **know how** to select models, and „**debug**“ features and learning algorithms if results do not fit expectations
- Students are able to leverage on the evaluation framework to **tune the parameters** of a given system and **optimize** its performances
- Students **have seen examples of different data** sources / problem types and **are able to acquire additional expert knowledge** from the scientific literature

Module content with weighting of different components

- **Introduction** (ca. 2 weeks): Convergence for participants with different backgrounds
- **Supervised learning** (ca. 7 weeks): Learn from labeled data
  Cross-cutting topics: such as feature engineering; ensemble learning; instance vs. model-based approaches, debugging ML systems
  Algorithms: e.g. kNN, decision tree, SVM, ensemble learning (bagging, boosting), graphical models (Bayesian networks), gradient based approaches
  bias-variance tradeoff: hyperparameter tuning, cross-validation, performance metrics
- **Unsupervised learning** (ca. 3 weeks): Learning without labels
  Algorithms: e.g., clustering, dimensionality reduction, anomaly detection, archetypal analysis
- **Special chapters** (ca. 2 weeks):
  Algorithms: e.g., reinforcement learning, recommender systems, hidden Markov / Gaussian mixture models

Teaching and learning methods

Classroom teaching; programming exercises (e.g., in Python 3, Jupyter notebooks, Orange)

Literature

- Aurélien Géron: "*Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow*", Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems, O’Reilley Media, 2022
- T. Mitchell, “*Machine Learning*”, 1997
- C. M. Bishop, “*Pattern Recognition and Machine Learning*”, 2006
- Simon Rogers, Mark Girolami: “*A First Course in Machine Learning*”, ISBN-13: 978-0367574642, Chapman and Hall/CRC; 2. Edition, 2016
- G. James et al., “*An Introduction to Statistical Learning*”, 2014

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

The permitted electronic aids will be defined by the lecturer in the first week of the semester.

Other permissible aids

1 A4 page (front and back) of handwritten notes (no book, no slides, no further notes)

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

Machine Learning

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

FTP_MachLe

Valable pour l'année académique

2024-25

Dernière modification

2023-09-25

Coordinateur/coordinatrice du module

Christoph Würsch (OST, christoph.wuersch@ost.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** E 100%	**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation	**X** E 100%				**X** E 100%		
Examen	**X** E 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	CS, DS	EIE, ICS, Med, Avi

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

- **Mathématiques**: calcul de base / algèbre linéaire / calcul des probabilités (c.-à-d. dérivées, multiplication de matrices, distribution normale)
- **Statistiques**: statistiques descriptives de base (c.-à-d. moyennes, variances et covariances, histogrammes, boîtes à moustaches)
- **Programmation**: bonne maîtrise d'un langage de programmation structuré (c.-à-d. Python, Matlab, R, Java, C, C++)
- **Analyse**: méthodes d'analyse des données élémentaires (prétraitement des données, régression linéaire & logistique)

Brève description du contenu et des objectifs

L'apprentissage automatique ou Machine Learning (ML) est le fruit de l'intelligence artificielle et de la science informatique, et se définit comme une discipline universitaire visant à « donner aux ordinateurs la faculté d'apprendre sans avoir été explicitement programmés pour le faire ». (A. Samuel, 1959). A l'heure actuelle, l'apprentissage automatique est le moteur méthodologique des grandes tendances de fond de la digitalisation. Les experts en ML sont très recherchés aussi bien dans le milieu universitaire que dans le monde industriel.

Ce cours s'appuie sur des connaissances de base en mathématiques, programmation et analyses/statistiques telles qu'elles sont dispensées dans les différents cursus bachelor d'ingénieurs. Partant de là, il enseigne les bases des techniques modernes de l'apprentissage automatique par une méthode centrée sur la mise en pratique et l'application à des problèmes de la vie réelle. Le processus de création d'un système d'apprentissage est abordé dans sa globalité:

- formulation de la tâche à l'étude sous forme de problème d'apprentissage ;
- extraction de caractéristiques intéressantes à partir des données disponibles ;
- sélection et paramétrage d'un algorithme d'apprentissage convenant à la situation.

Les sujets abordés englobent des concepts transversaux tels que la conception et le débogage de système ML (comment interpréter les modèles appris et leurs résultats) ainsi que l'ingénierie des caractéristiques (feature engineering) ; les algorithmes abordés comprennent (parmi d'autres) les machines à vecteurs de support (Support Vector Machines) ainsi que les méthodes d'apprentissage ensemblistes.

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

- Les étudiants **connaissent le contexte et la taxonomie** des méthodes d'apprentissage automatique ;
- Sur cette base, ils **traduisent** des problèmes donnés **en tâches d'apprentissage et sélectionnent une méthode d'apprentissage adaptée**;
- Les étudiants s**ont capables de convertir** un set de données en un **set de caractéristiques** adapté à la tâche à l'étude ;
- Ils **évaluent l'approche choisie** de façon structurée en faisant appel à un design d'expérience adapté ;
- Les étudiants **savent comment** sélectionner des modèles, et «**déboguer**» des caractéristiques et des algorithmes d'apprentissage si les résultats ne répondent pas aux attentes ;
- Les étudiants sont capables d'utiliser les résultats d'évaluation pour **optimiser les paramètres** d'un système donné et **maximiser** ses performances ;
- Les étudiants **ont pris connaissance d'exemples de différentes sources de données** / types de problèmes et sont **capables de consulter la littérature scientifique pour acquérir des connaissances** spécialisées **additionnelles**.

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

- **Introduction** (ca. 2 semaines): convergence des participants ayant suivi diverses formations
- **Apprentissage supervisé** (ca. 7 semaines) : méthodes de modélisation à partir de données labellisées
  Sujets transversaux: feature engineering ; ensemble Learning ; débogage des systèmes ML
  Algorithmes: p. ex., kNN, arbre décisionel, SVM, apprentissage ensembliste, modèles graphiques (réseaux bayésiens), méthodes basées sur le gradient
  biais-variance : réglage des hyperparamètres, validation croisée, mesures de performance
- **Apprentissage non supervisé** (ca. 3 semaines) : méthodes de modélisation à partir de données non-labellisées
  Algorithmes: p.ex., algorithmes de regroupement, réduction de dimensionnalité, détection d'anomalie, analyse de prototype
- **Chapitres spéciaux** (ca. 2 semaines):
  Algorithmes: p.ex., apprentissage par renforcement, systèmes de recommandation, modèles de Markov / modèles de mélange gaussien

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Cours en classe; exercices de programmation (p.ex., Python 3, Jupyter notebooks, Orange)

Bibliographie

- Aurélien Géron: "*Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow*", Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems, O'Reilley Media, 2022
- T. Mitchell, "*Machine Learning*", 1997
- C. M. Bishop, "*Pattern Recognition and Machine Learning*", 2006
- Simon Rogers, Mark Girolami: "*A First Course in Machine Learning*", ISBN-13: 978-0367574642, Chapman and Hall/CRC; 2. Edition, 2016
- G. James et al., "*An Introduction to Statistical Learning*", 2014

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

Les aides électroniques autorisées seront définies par l'enseignant au cours de la première semaine du semestre.

Autres aides autorisées

1 page A4 (recto et verso) de notes manuscrites (pas de livre, pas de diapositive, pas d'autres notes)

Cas spécial: examen de répétition oral

Type de l'examen

Examen oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisées

Sans aides