3GS4290 - Apprentissage automatique avec applications aux sciences du contrôle, de la supply chain et de la conception

Responsables : **Guillaume SANDOU**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **40**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **21**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

L'apprentissage automatique est le domaine scientifique qui fournit aux ordinateurs la capacité d'apprendre et de prédire sans être explicitement programmés. L'apprentissage automatique est au cœur de nombreuses applications du monde réel, notamment dans le cadre des systèmes de recommandation, la recherche sur le Web, la vision par ordinateur, les voitures autonomes et les robots.

Le cours fournira un aperçu des sujets fondamentaux de l'apprentissage automatique qui sont utilisés dans les contextes de contrôle des systèmes dynamiques, des chaînes d'approvisionnement et de la science de la conception. Tout au long du cours, des exemples illustratifs seront fournis montrant les forces et les limites des approches basées sur l'apprentissage.

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

SD9

Prérequis :

Connaissances de base en probabilités, statistiques et algèbre linéaire.

Une expérience en programmation (par exemple, Python, Matlab ou tout langage à la préférence des étudiants).

Plan détaillé du cours (contenu) :

1. Vue d'ensemble des problèmes d'apprentissage automatique

- 1.1 Introduction à l'apprentissage automatique
- 1.2 Mise en forme d'un problème d'apprentissage supervisé
- 1.3 Entraînement, validation, tests et sélection de modèle
- 1.4 Quelques problématiques à garder en tête

2. Régression linéaire et logistique

- 2.1 Mise en forme de la régression
- 2.2 Méthodes de résolution
- 2.3 Régularisation
- 2.4 Régression logistique

3. Réseaux de neurones

- 3.1 Perceptron
- 3.2 Réseau multi-couches
- 3.3 Algorithmes d'apprentissage
- 3.4 Quelques remarques pratiques sur l'apprentissage
- 3.5 Approximateur universel
- 3.6 Quelques structures particulières
- 3.7 Une alternative à la force brute : régression non linéaire et symbolique

4. Méthode des plus proches voisins

- 4.1 Méthode du plus proche voisin
- 4.2 Méthode des k plus proches voisins
- 4.3 Distances et similarités
- 4.4 Cas des données non numériques

5. Méthodes basées sur les arbres

- 5.1 Principe de l'arbre de décision
- 5.2 Création des arbres, évaluation et impureté
- 5.3 Méthodes ensemblistes et forêts aléatoires

6. Machine à vecteurs de support (SVM)

- 6.1 Principe dans le cas linéairement séparable
- 6.2 Interlude : rappels sur la relaxation lagrangienne
- 6.3 Méthode de résolution dans le cas linéairement séparable
- 6.4 Le cas non linéairement séparable : la SVM à marge souple
- 6.5 Méthodes à noyaux

7. Méthodes non supervisées - le clustering

- 7.1 Définitions et critères d'évaluation pour le clustering
- 7.2 Clustering hiérarchique et dendrogramme
- 7.3 Méthode des k-moyennes
- 7.4 Clustering par densités
- 7.5 Clustering spectral

8. Classifieurs (selon avancée du cours)

9. Deep learning (selon avancée du cours)

10. Apprentissage par renforcement (selon avancée du cours)

- 10.1. Processus de décision Markovien
- 10.2. Q-learning
- 10.3. Méthodes acteur-critique

Déroulement, organisation du cours :

- Cours : 15h

- TDs : 6h
- Projet à réaliser par les élèves à partir de documents fournis : choix d'une base de données, formulation du problème, résolution numérique

Organisation de l'évaluation :

L'évaluation du cours sera basée sur les deux activités obligatoires suivantes :

- QCM, 30% de la note finale ;
- projet : 70% de la note finale

La compétence C1 sera évalué via le QCM et le projet, la compétence C6 sera évaluée via le projet

Moyens :

Equipe enseignante : Guillaume Sandou (cours et TD), Stéphane Font, Pedro Rodriguez et Giorgio Valmorbida (TD)

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

Le cours vise à initier les étudiants aux outils d'apprentissage automatique utilisés dans les contextes de contrôle des systèmes dynamiques, des chaînes d'approvisionnement et de la science de la conception. A la fin du cours, les étudiants seront capables de:

- Identifier les problèmes qui peuvent être résolus à l'aide de méthodologies d'apprentissage automatique;
- Comprendre les mécanismes justifiant l'utilisation d'une méthode particulière ;
- Connaître les limites et les possibilités offertes par les méthodes d'apprentissage automatique;
- Face à un problème, identifier et appliquer les algorithmes les plus appropriés.

Description des compétences acquises à l'issue du cours :

This module will give the opportunity to work and evaluate skills C1.2, C1.3, C6.1 and C6.3

Bibliographie :

- Shai Shalev-Shwartz and Shai Ben-David. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. Cambridge University Press, 2014.
- Christopher M. Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2011.
- Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition, Springer, 2017.
- I. Goodfellow, Y. Bengio et A. Courville. Deep learning. MIT Press, 2016.
- SUTTON, Richard S. et BARTO, Andrew G. Reinforcement learning: An introduction. MIT press, 2018.