

Intitulé de l'Unité d'Enseignement (UE) : Introduction au traitement des images

Responsable de l'UE : Daniel RACOCEANU (daniel.racoceanu@sorbonne-universite.fr)

Code UE : UM4RBI11-Image1

Volumes horaires / étu : 14h Cours, h TD, 14h TP

Nombre de crédits de l'UE/EC : 3 ECTS

Parcours-type :

- E3A :	☐ CIMES	☐ Syscom	☒ IPS
- AR :	☒ ROBOT	☒ SI	☒ MeDH
- MECA :	☐ MS2	☐ MF2A	☐ CompMech
	☐ ACOU	☐ EE	☐ EE APP

Semestre où l'enseignement est proposé : ☒ S1 ☐ S2 ☐ S3 ☐ S4

Langue d'enseignement : ☒ Français ☐ Anglais

Public concerné : ☒ Département SDI ☐ Autre (préciser) :

Localisation : ☒ Campus PMC ☐ Autre (préciser) :

Thématique

Cet enseignement a pour objectif de former les étudiants aux techniques essentielles de traitement d'images, avec une présentation des selon les modèles fondamentaux utilisés (linéaire, fréquentiel, statistique, différentiel, ensembliste et discret) ainsi qu'en fonction du niveau de traitement (pré-traitement aisi que traintement bas et haut-niveau). Introduction de méthodes de base d'apprentissage automatique (incluant l'apprentissage profond) pour le traitement des images. A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables de comprendre et de maitriser les algorithmes et méthodes les plus importantes en traitement d'image, avec la capacité de trouver des solutions opérationnelles pour les applications / projets abordés.

Mots-clés : Traitement d'images, convolution, filtre médian, transformée de Fourier, filtres de Gabor, contour, région, texture, motifs, segmentation, recalage, compression d'images, restauration d'images, amélioration d'images, morphologie mathématique, histogramme, entropie, connexité, classification d'images, apprentissage automatique, apprentissage profond, CNN, U-net, sémantique, ontologies, espace latent.

Prérequis

Afin de suivre cette UE, doivent être acquis précédemment :

- Mathématiques : représentation matricielle des données, équations matricielles
- Mathématiques : statistiques, histogrammes ; éléments de théorie de l'information, notion d'entropie
- Mathématiques : équations différentielles, équations aux dérivées partielles ; transformée de Fourier, filtre de Gabor
- Mathématiques : théorie des ensembles, mathématiques discrètes.
- Programmation Python (algorithmes de base)
- (souhaitable) Bibliothèques Python de traitement d'images (Pillow - extension de Python Imaging Library (PIL), OpenCV, scikit-image) ; Elements d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique. Bibliothèques Python d'IA (TensorFlow/Keras et PyTorch) ; Elements d'évaluation des performances en apprentissage automatique (faux-positif, faux-négatifs, rappel / recall, précision, F1-score)

Acquis d'apprentissage visés (AAV)

À l'issue de cette UE, les étudiantes ou étudiants seront capables de :

1. Conception : Fondements algorithmiques / Modèles fondamentaux en traitement d'images
2. Conception : Comprendre les niveaux de résolution des problèmes (pré-, bas, haut, sémantique)
3. Analyse : Analyser un problème de traitement d'images : définir les spécifications d'un algorithme adapté à la tâche, aux données et aux contraintes matérielles

4. Mise en œuvre : Réaliser le traitement défini dans la phase de conception pour optimiser les paramètres et les méta-paramètres de l'algorithme.
5. Mise en oeuvre : Maîtriser une librairie haut niveau (Python) dédiée à l'apprentissage pour implémenter l'algorithme
6. Mise en œuvre : Préparer les données pour le traitement d'images - Formater les données : passer des données brutes à des données exploitables par l'algorithme de traitement d'images (prétraitement, dimension, homogénéisation) - Normaliser les données - Visualiser les données ; représenter la distributions des données dans un espace de faible dimension visualisable - Identifier les biais et les biais cachés - Partitionner l'ensemble de données pour l'apprentissage, la validation et l'évaluation (si apprentissage automatique nécessaire) - Mettre en oeuvre un chargement dynamique des données pour minimiser l'espace mémoire nécessaire pour l'apprentissage (dataloader) - Evaluer les performances de l'algorithme mis en oeuvre.
7. Mise en œuvre : Réaliser le traitement d'images défini dans la phase de conception pour optimiser les paramètres et les méta-paramètres de l'algorithme proposé
8. Mise en œuvre : utiliser les outils de base de traitement d'images par apprentissage profond
9. Evaluation : Elaborer un protocole expérimental adéquat pour résoudre un problème de traitement d'image - Choisir la ou les modèles fondamentaux appropriés - Identifier le niveau de résolution approprié (pre-, bas, haut) - Bien préparer les données d'imagerie - Mettre en oeuvre les modèles - Tester et évaluer les modèles mis en oeuvre - Sélectionner les métriques d'évaluation appropriées pour la tâche et les données (biais)
10. Evaluation : méthodes d'évaluation des performances d'un modèle / algorithme / programme (courbe ROC, score F1, indice de Jaccard)
11. Evaluation : méthodes de vérification des biais

Séquencement et modalités de l'enseignement (indicatif)

Semaine	C/TD/TP	Contenu	Préparation	AAV associé(s)
S1	C1	Modèles fondamentaux en traitement d'images : 1) Modèle linéaire (convolution) et 2) Modèle fréquentiel (Fourier, Gabor...)	Prerequis 1,5	AAV1,2
S2	C2	Modèles fondamentaux en traitement d'images : 3) Modèle statistique (histogramme, entropie ...) et 4) Modèle différentiel (gradient, équations à dérivées partielles ...)	Prerequis 2,3,4	AAV1,2
S3	C3	Modèles fondamentaux en traitement d'images : 5) Modèle ensembliste (morphologie mathématique ...) et 6) Modèle discret (maillage, connexité, distance ...)	Prerequis 6	AAV1,2
S4	TP1 (3h)	Extraction de composantes de couleur, génération du négatif de l'images, conversion couleurs en niveaux de gris, conversion en nuances de sépia, contrôle du contraste via la courbe tonale, seuillage, flip, génération de bord, relief, pixellisation. Lisibilité, filtrage par convolution, lissage, accentuation, gradient, filtre médian, filtre fréquentiel, atténuation du bruit, restauration d'images (documents et photos).	Maîtriser les concepts abordés en C1-C3. Prerequis 8	AAV3-7,9
S5	C4	Méthodes de prétraitement d'images (restauration, amélioration et compression d'images)	"	AAV1-3
S6	TP2 (3h)	Photomaton, fusion d'images, égalisation exacte d'histogramme, all RGB, mesures d'objets (contexte industriel), classification d'objets basée sur l'images (contexte industriel).	Maîtriser les concepts abordés en C1-C4. Prerequis 8	AAV3-7,9
S7	C5	Traitement de bas niveau : approche contour (frontière), approche région.	Prerequis 4	AAV1-3
S8	C6	Traitement de haut niveau : recherche de motifs, classification de données, attributs de formes, de couleur et de texture.	Maîtriser les concepts abordés en C1-C3	AAV1-3
S9	TP3 (3h)	Images panoramiques, gestion de la profondeur de champ et du flou dans les images, redimensionner une image en gardant sa vraisemblance, focaliser sur la région d'intérêt de l'image.	Maîtriser les concepts abordés en C1-C6. Prerequis 8	AAV3-7,9,10
S10	C7	Elements d'apprentissage automatique classique et profond pour le traitement d'images (U-net - segmentation, CNN - classification etc.). Espace latent, sémantique, ontologies, en traitement d'images. Méthodes d'évaluation (courbe ROC), vérification, analyse des biais	Prerequis 9,10	AAV1-11
S11	TP4 (3h)	Mise en œuvre de techniques de base d'apprentissage automatique / profond pour la segmentation et la classification; Instantiation d'un espace latent, utilisation d'une sémantique et des ontologies en traitement d'images; Méthodologies d'évaluation / validation et de vérification de biais.	Maîtriser les concepts abordés en C7. Prerequis 9,10	AAV4-11
S12	Soutenances (2h)	Soutenance de Projets	Maîtriser les concepts abordés en C1-C7. Prerequis 8, 9,10	AAV1-11

Déroulement de l'UE

L'UE se déroule en 3 séquences successives :

- Séquence 1 : modèles fondamentaux (C1-3 + TP1,2 + Quiz1)
- Séquence 2 : niveau d'élaboration des solutions / algorithmes (C4-7 + TP3,4 + Quiz 2)
- Séquence 3 : éléments d'apprentissage automatique pour le traitement d'images + evaluation - biais (C7 + TP4 + Projets)

Projets (challenge ou publication méthodologique à l'état de l'art)

Evaluation / soutenance de projets (ensemble des éléments de mise en pratique (Python) et de synthèse écrite et orale)

Modalités d'évaluation des acquis d'apprentissage (1ère session)

Semaine	Indiv/collectif	Présentiel/distanciel	Type d'examen	AAV évalué(s)	Barème %
S6	Collectif	Présentiel	Quiz	AAV1	20 %
S11	Collectif	Présentiel	Quiz	AAV1-3, 9-11	40 %
S12	Individuel	Distanciel	Autre	AAV1-11	40 %

2nde session

Session	Indiv/collectif	Présentiel/distanciel	Type d'examen	AAV évalué(s)	Barème %
2	Collectif	Présentiel	Quiz	AAV1-11	60 %
1	Individuel	Distanciel	Autre	AAV1-11	40 %

Références bibliographiques

- "Digital Image Processing" by Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods
- "Image Processing : The Fundamentals" by Maria Petrou and Costas Petrou
- "The Image Processing Handbook" by John C. Russ
- "Computer Vision : Algorithms and Applications" by Richard Szeliski
- "Deep Learning for Computer Vision : Expert Techniques" by Rajalingappaa Shanmugamani