US462E - Physique 3

Mis à jour le 14-02-2025

Code : US462E

Unité spécifique de type cours

8 crédits

Responsabilité nationale :
EPN04 - Ingénierie mécanique et matériaux / Eric BAVU

Contact national :
Laboratoire d'acoustique
2D6P21, 35, 2 rue Conté
75003 Paris
01 40 27 22 55
Isabelle Carel
alexandre.garcia@cnam.fr

Présentation

Prérequis

Uniquement pour les admis via Parcoursup à la formation des audioprothésiste du Cnam Paris (CPDA).

Objectifs pédagogiques

Maîtriser les outils de traitement du signal audionumérique et de filtrage.

Comprendre et maîtriser les outils statistiques pour les études cliniques.

Comprendre et manipuler des outils d'intelligence artificielle utiles pour l'audioprothésiste.

Programme

Contenu

Traitement du signal audionumérique :

- Catégorisation des signaux : signaux numériques, signaux analogiques. Exemples (signaux audio, signaux électroglottographiques). Panorama des applications de traitement du signal (élaboration de signaux, interprétation de signaux, filtrage, extraction d'informations, identification, mixage, amplification, réduction du bruit, annulation de retour acoustique, compression …)
- Représentations spatiales ou temporelles, représentations spectrales. Classification de signaux réels
- Signaux théoriques standard (fonction porte, impulsion de Dirac, Dirac au sens des distributions, peigne de Dirac, fonction sinus cardinal)
- Échantillonnage et quantification de signaux analogiques – Débit, modulation PCM, CAN
- Rappels sur la décomposition en série de Fourier de signaux périodiques – Théorème de Dirichlet – Décomposition en séries de Fourier (an,bn), (cn, φn), décomposition complexe (Sn), interprétation de la phase et du module de la décomposition complexe.
- Fonction d'intercorrélation et d'autocorrélation d'un signal, applications
- Produit de convolution continu, élément neutre, propriétés, périodisation par convolution avec un peigne de Dirac.
- Transformée de Fourier continue, définition, propriété de linéarité, équivalence multiplication / produit de convolution, loi du retard temporel et interprétation, propriété de changement d'échelle temporelle, théorème de Parseval.
- Transformées de Fourier de signaux analogiques courants
- Transformée de Fourier d'un signal échantillonné, transformée de Fourier d'un signal numérique, fréquence réduite, propriétés de retard, translation, et équivalence produit de convolution / multiplication.
- Relation entre TFTD et transformée de Fourier du signal analogique correspondant, périodisation du spectre, théorème de Shannon-Nyquist
- Fenêtrage temporel et déformation du spectre, étalement spectral, élargeissement spectral, fenêtres communes en traitement du signal (rectangulaire, Hanning, Hamming, Blackman, …
- Calcul d'un spectrogramme, choix des fenêtres d'analyse, application au signal vocal
- Système linéaire et filtrage, réponse impulsionnelle d'un filtre, notion de filtre convolutif, signaux causaux, système linéaire invariant dans le temps. Fonction de transfert, filtres standards
- Techniques de conception de filtres numériques à partir d'un modèle analogique, filtres à réponses impulsionnelles finies, filtres à réponses impulsionnelles finies
- Transformée en Z, applications au filtrage – Définition, domaine de convergence, pôles et zéros, propriétés de linéarités, de décalage temporel.
- Filtres numériques à l'aide de la transformée en Z, équations aux différences d'un filtre, filtres numériques et échantillonnage.

Statistiques appliquées aux données cliniques :

- Introduction à la méthodologie statistique : étude clinique commentée
- Objectifs d'une étude clinique, critères d'inclusion, critères de jugement, différences cliniques
- Puissance statistique, significativité statistique, significativité clinique.
- Études randomisées, populations d'étude, statistique inférentielle, valeur pronostique.
- Mesures appariées, méthodes statistiques pour les petits groupes de patients.
- Groupes appariés / groupes parallèles, études prospectives, études rétrospectives
- Méthodes simple aveugle, double aveugle
- Variables quantitatives, variables qualitatives, logiciels de statistique
- Niveaux de preuve scientifique (HAS), tests d'hypothèses, niveau de significativité, p-value
- Échelles visuelles analogiques, nuages de points, histogrammes, distribution normale gaussienne, écart-type, médiane, variance, quartiles, centiles, boites à moustaches, différences statistiquement significatives entre deux populations, loi des grands nombres
- Seuil de significativité, loi de Student, conventions sur la p-value
- T-test sur séries parallèles et séries appariées
- Alternatives au T-test, tests non paramétriques, données transformées en rangs – Test non paramétrique de Mann-Whitney, test de Wilcoxon.
- ANOVA, tests post-hoc, test de Bonferroni, ANOVA à mesures répétées, ANOVA à deux facteurs.
- Tests de normalité de Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, test du χ^2
- Corrélation, régression linéaire entre variables quantitatives, coefficient de Pearson, interprétation, coefficient de Spearman, dangers de la notion de corrélation
- Travaux Pratiques sur logiciel de statistiques sur une étude clinique d'audioprothèse

Intelligence artificielle pour l'audioprothésiste :

- Présentation de la plateforme pédagogique de malentendant virtuel du Cnam Paris.
- Analyse de l'utilisation de l'IA dans le monde académique, économique, et dans le secteur de l'audioprothèse - IA et audiologie, systèmes experts – Distinction IA, apprentissage machine, Deep Learning
- Speech enhancement, directivités adaptative, traitement de la voix différencié, apprentissage de préférences personnelles, classification d'environnements sonores, audiométrie assistée par IA
- Description des principes de reconnaissance vocale par Deep Learning - principes des réseaux de neurones artificiels, variables d'apprentissages, biais, poids, fonctions d'activation - Mécanisme d'apprentissage par rétropropagation des gradients, optimisation de la descente de gradient
- Deep Learning : apprentissage, inférence, volumes d'entrainement, réseaux convolutifs, lien avec les filtres convolutifs en traitement du signal conventionnel
- Exemples de réseaux de neurones profonds : détection du langage, reconnaissance vocale, localisation de sources sonores, débruitage, classification d'environnements sonores, détection d'activité vocale.
- Enregistrements sur Kemar par les élèves de bases de données de test basées sur les listes vocales en audioprothèse pour le TP.
- TP : simulation de pertes auditives par traitement du signal avancé (réduction de sélectivité fréquentielle, recrutement, pertes auditives depuis audiogrammes tonaux) par le modèle MSBG – Exploration d'un réseau de neurones profond pour la détection d'activité vocale dans le bruit – Audiométrie vocale virtuelle sur malentendant simulé avec listes classiques (Lafon, Fournier, Combescure), manipulation du réseau pré-entrainé Whisper – Tracé de courbes psychométriques, détermination du SRT50, SIB50.

Modalités de validation

- Examen final