

Prédiction des Tremblements Physiologiques dans la Chirurgie Robotique par les Machines à Vecteurs de Support

La robotique ne cesse d'envahir les domaines de notre vie d'aujourd'hui dont la médecine ne fait pas l'exception. Ainsi on va étudier un modèle de robot chirurgical et comment améliorer sa performance.

Les robots chirurgicaux sont des systèmes commandés qui assistent le chirurgien au sein d'une opération. Ils permettent une chirurgie mini invasive et assurent une grande précision, ce qui permet la prévention des complications d'incisions et garantit le bon déroulement de l'opération.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).

Positionnement thématique (ETAPE 2)

MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
Chirurgie Robotique	Robotic surgery
Tremblements Physiologiques	Physiological Tremors
Machine à Vecteurs de Support	Vector Machine Support
Apprentissage Automatique	Machine Learning
Classification	Classification

Bibliographie commentée

Le robot chirurgical est un système capable de reproduire les gestes du chirurgien avec exactitude, tout en réduisant le risque des grandes incisions grâce à la chirurgie à invasion minime qu'il assure. Ainsi, la performance de ce système dépend principalement de sa précision. Cette dernière peut être influencée par plusieurs perturbations externes, particulièrement par les tremblements physiologiques qui dérivent de l'interaction homme-machine [1], d'où la nécessité de l'incorporation d'un système compensateur.

Tandis que la fréquence des mouvements volontaires des mains ne dépasse pas 4 Hz [2], celle des tremblements involontaires est comprise entre 6 et 14 Hz [3]. À ce propos, *P. O. Riley and M. J. Rosen* ont prouvé dans une étude [4] que l'utilisation d'un filtre passe-bas peut aboutir à une bonne performance. Mais le problème qui se pose est que le filtre n'atténue pas seulement le signal non désiré, mais filtre aussi les parties du signal caractérisées par une variation rapide dans le temps.

Un autre problème majeur que pose ce type de filtres, est la création d'un retard signifiant entre la réception du signal et sa filtration [5]. Un tel problème peut conduire à une perte totale de contrôle

du chirurgien sur la machine.

Ces contraintes font de cette méthode un modèle non optimale, puisqu'il peut n'avoir aucun effet sur le signal comportant l'erreur comme il peut déformer ce dernier complètement.

Ceci met en évidence l'importance de l'adoption d'un modèle de filtrage adaptable aux différents cas possibles.

Dans ses travaux, *Vladimir Vapnik* propose un algorithme informatique, qui permet de résoudre un tel problème de prédiction d'erreurs dans le cadre de sa théorie de l'apprentissage statistique [6], appelé les Machines à Vecteurs de Support (SVM).

Ce dernier est un algorithme de classification, c'est-à-dire qu'il sépare les échantillons selon des catégories désirées. Pour ce faire, les SVM se basent sur la notion de la marge maximale, où la marge est la distance entre la frontière de séparation et les échantillons les plus proches.

Par exemple, sur un plan cartésien la frontière serait une ligne et dans un espace trois dimensionnel celle-ci serait un plan. En général, la frontière est un hyperplan.

Dans le cas où les données sont linéairement inséparables, on fait intervenir une fonction de Kernel qui sert à transformer l'espace de représentation des données d'entrée en un espace de plus grande dimension où la séparation linéaire serait possible.

L'obtention d'une bonne performance repose principalement sur l'amélioration des paramètres de l'équation de l'hyperplan et sur le choix judicieux de la fonction de Kernel. Ce processus sera simplifié grâce à la bibliothèque Scikit-learn [7] de Python dédiée à l'apprentissage automatique.

De cette façon, les SVM constituent une méthode simple mais efficace pour l'atténuation du signal de tremblement, par un filtre basé sur le principe de prédiction d'erreur [8].

Problématique retenue

Comment peut-on utiliser les machines à vecteurs de support pour prévoir les tremblements dans un signal de mouvement ? Comment optimiser les paramètres d'un tel modèle afin d'obtenir les meilleurs résultats ?

Objectifs du TIPE

Mon étude visera à:

- Expliquer le fonctionnement d'un modèle de Machines à vecteurs de support (SVM).
- Ecrire un algorithme SVM de prédiction d'erreurs, et le tester sur un signal comportant des tremblements.
- Explorer l'influence des différents paramètres sur les résultats obtenus, et conclure.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] S. P. N. SINGH AND C. N. RIVIERE : "Physiological tremor amplitude during retinal microsurgery," Proceedings of the IEEE 28th Annual Northeast Bioengineering Conference : (*IEEE Cat. No.02CH37342*), 2002, pp. 171-172, doi: 10.1109/NEBC.2002.999520.
- [2] K. J. W. CRAIK : "Theory of the human operator in control systems: I. Tsshe operator as an engineering system," Brit. J. Psychol. Gen. Sect. : vol. 38, no. 2, pp. 56-61, Dec. 1947
- [3] C. N. RIVIERE, J. GANGLOFF, AND M. DE MATHELIN : "Robotic compensation of biological motion to enhance surgical accuracy," Proc. IEEE : vol. 94, no. 9, pp. 1705-1716, Sep. 2006.

- [4] P. O. RILEY AND M. J. ROSEN : “Evaluating manual control devices for those with tremor disability,” J. Rehab. Res. Develop. : *vol. 24, no. 2, pp. 99–110, 1987*
- [5] J. LIANG, C. SHAW, AND M. GREEN : “On emporal-spatial realism in the virtual reality environment,” in Proc : *UIST, Hilton Head, SC, Nov. 1991, pp. 190–196.*
- [6] Y. TAN AND J. WANG : “A support vector machine with a hybrid kernel and minimal Vapnik–Chervonenkis dimension,” IEEE Trans. Knowl. Data : *Eng., vol. 16, no. 4, pp. 385–395, Apr. 2004*
- [7] DAVID COURNAPEAU : "Scikit-learn" : <https://scikit-learn.org/>
- [8] C. YANG, J. LUO, Y. PAN, Z. LIU AND C. -Y. SU : "Personalized Variable Gain Control With Tremor Attenuation for Robot Teleoperation," in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems : *vol. 48, no. 10, pp. 1759-1770, Oct. 2018, doi: 10.1109/TSMC.2017.2694020*

DOT

- [1] *Recherche des facteurs influant sur la précision d'un robot chirurgical*
- [2] *Découverte du Machine Learning et de la différence entre ses algorithmes principaux*
- [3] *Apprentissage du fonctionnement de la méthode des SVM, et des méthodes et notions mathématiques qui l'accompagnent*
- [4] *Étude des influences des différents paramètres sur le résultat obtenu*
- [5] *Implémentation sur Python, et visualisation des courbes*