

Sujet de thèse

Théorie de l'Apprentissage et Identification des Systèmes dynamiques Hybrides

ENCADRANTS :

Marion Gilson-Bagrel (CRAN), Fabien Lauer (LORIA)

Mots clés

Intelligence Artificielle, Machine Learning, Théorie statistique de l'apprentissage ; Identification

Sujet

L'*automatique* s'intéresse à l'analyse et la commande des systèmes dynamiques, tels que l'évolution d'une réaction chimique au cours du temps, le fonctionnement d'un système électrique, la trajectoire d'un avion, etc. Pour pouvoir mener à bien l'analyse et la commande de ces systèmes, une première étape consiste à les modéliser, c'est-à-dire à créer un modèle mathématique caractérisant le fonctionnement d'un système. Dans la plupart des cas, et dès que les principes physiques en jeu sont méconnus ou trop complexes, la modélisation du système est réalisée à partir d'observations expérimentales de son comportement.

L'*identification des systèmes dynamiques* est le champ de l'automatique qui se concentre sur l'estimation de modèles à partir de telles données. Un des points clé de cette démarche réside dans l'obtention de garanties sur la précision du modèle. La théorie de l'identification des systèmes dynamiques, en grande partie fondée sur la statistique paramétrique, permet d'obtenir des garanties asymptotiques sous des hypothèses assez contraignantes (spécification précise du bruit, du modèle et de la méthode d'estimation). Ces garanties ne sont donc la plupart du temps pas adaptées pour quantifier précisément l'erreur d'un modèle estimé à partir d'un nombre fini d'observations.

Dans le domaine de l'*intelligence artificielle*, la construction de modèles de prédiction à partir de données expérimentales est étudiée dans le cadre de l'*apprentissage machine*. A l'ère du « big data », cette science des données est devenue omniprésente dans de nombreuses applications informatiques en lien avec internet, mais aussi dans des domaines aussi variés que la biologie, l'imagerie médicale ou la robotique. Ici aussi, garantir les performances des modèles estimés est une question centrale, étudiée notamment dans le cadre de la *théorie statistique de l'apprentissage*. A l'inverse de la statistique paramétrique classique, cette théorie permet d'obtenir des garanties dans un cadre beaucoup moins contraint (modèles non paramétriques, cadre agnostique sans a priori sur la forme du bruit...) et fournit en particulier des bornes non asymptotiques et uniformes sur l'erreur de prédiction des modèles estimés à partir d'un nombre fini d'observations. Cependant, la plupart des résultats de ce type sont établis sous des hypothèses d'indépendance des observations, tout à fait classiques dans de nombreux contextes, mais non adaptées au cas de l'identification des systèmes dynamiques.

Ce projet vise à combler le fossé entre ces deux disciplines : étendre la théorie de l'apprentissage au cas de données non indépendantes pour obtenir des garanties les plus précises possibles et applicables en pratique à l'identification des systèmes dynamiques. Le projet s'attachera en particulier à développer ce type de garanties pour les *systèmes dynamiques hybrides*. Ces systèmes mêlent des comportements continus et des événements discrets, impliquant une représentation à base de modèles commutant entre plusieurs modes de fonctionnement. On les retrouve dans de nombreux domaines tels que les systèmes électrotechniques, les réseaux de communication, les systèmes de transport, la commande des procédés industriels, l'industrie agro-alimentaire, la commande des

moteurs, les systèmes biologiques, la robotique... Pour de tels systèmes, les approches traditionnelles de l'identification font face à une difficulté supplémentaire liée aux méthodes d'estimation des modèles. En effet, il est dans ce cas rarement possible de garantir l'exactitude des algorithmes utilisés en pratique. La théorie de l'apprentissage fournit ici une alternative intéressante en dérivant des bornes uniformes sur l'erreur, c'est-à-dire, des bornes valides quel que soit le modèle sélectionné par une méthode parmi un ensemble de modèles possibles.