

Sujet de stage de recherche (6 mois) Entraînement de réseaux de neurones via formulation MIP et techniques de “Branch-and-Bound”

Superviseurs :
C. Herzet (cedric.herzet@ensai.fr),
E. Elvira (clement.elvira@centralesupelec.fr)

21 novembre 2024

Contexte et Objectifs

Le domaine de l’intelligence artificielle et du machine learning a atteint des performances de pointe grâce à l’utilisation de modèles sur-paramétrés et de vastes ensembles de données. Cette tendance s’accompagne d’une augmentation importante des besoins en ressources, soulevant des préoccupations quant à l’empreinte écologique de ce domaine. La conception d’algorithmes d’entraînement efficaces en termes de ressources est ainsi devenue un axe de recherche majeur.

Les méthodes de *safe screening* [1] permettent de réduire la charge de calcul en identifiant des variables non actives lors de l’entraînement de modèles impliquant des structures parcimonieuses. Bien qu’initialement développées pour des problèmes d’optimisation convexe, de récentes avancées ont permis d’adapter ces techniques à des problèmes non convexes via des formulations en programmation mixte en nombres entiers (MIP) [3], [2].

Ce stage vise à étudier l’utilisation des techniques de screening pour l’entraînement de réseaux de neurones via des méthodes de Branch-and-Bound. Nous explorerons si les techniques de *safe screening* peuvent détecter les connexions inactives d’un réseau neuronal pendant la phase d’entraînement et comment ces informations peuvent accélérer l’entraînement du réseau.

Plan de travail

1. **Étude bibliographique** : Revue des avancées récentes en formulation MIP des problèmes d’entraînement de réseaux de neurones et en techniques de Branch-and-Bound appliquées.

2. **Modélisation MIP du problème d'entraînement** : Implémenter une formulation MIP qui capture les comportements de réseaux de neurones, en utilisant des variables binaires pour modéliser les motifs d'activation des neurones.
3. **Application des techniques de Branch-and-Bound** : Appliquer des techniques de Branch-and-Bound pour résoudre efficacement cette formulation MIP.
4. **Détection des connexions inactives** : Adapter les méthodes de *safe screening* proposées dans [3] et [2] au problème de l'entraînement de réseaux de neurones afin d'identifier les connexions inactives.
5. **Évaluation et perspectives de publication** : Validation numérique de la méthode proposée et rédaction d'un article scientifique en vue d'une publication dans un congrès ou une revue de recherche opérationnelle ou d'IA.

Profil recherché

- Connaissances solides en optimisation, en particulier en programmation linéaire et mixte.
- Compétences en programmation (Python et/ou Julia).
- Intérêt pour la recherche et le développement d'algorithmes efficaces.

Encadrement et perspectives

Les travaux du stage s'inscrivent dans une perspective de recherche avancée, avec pour ambition de publier les résultats dans une conférence ou revue scientifique. Ce stage est idéal pour des étudiants envisageant de poursuivre en doctorat.

Références

- [1] L. El Ghaoui, V. Viallon, and T. Rabbani. Safe feature elimination for the lasso and sparse supervised learning problems. *Pacific Journal of Optimization*, 8(4) :667–698, January 2012.
- [2] Théo Guyard, Cédric Herzet, Clément Elvira, and Ayse-Nur Arslan. A new branch-and-bound pruning framework for ℓ_0 -regularized problems. In *Forty-first International Conference on Machine Learning*, 2024.
- [3] Théo Guyard, Gilles Monnoyer, Clément Elvira, and Cédric Herzet. Safe peeling for ℓ_0 -regularized least-squares. In *31st European Signal Processing Conference, EUSIPCO 2023, Helsinki, Finland, September 4-8, 2023*, pages 1748–1752. IEEE, 2023.