

Developmental machine learning

Pierre-Yves Oudyer*

* INRIA et ENSTA ParisTech
<http://www.pyoudey.com>

Résumé. Les approches actuelles de l'IA et de l'apprentissage automatique sont toujours fondamentalement limitées par rapport aux capacités d'apprentissages autonomes des enfants. Ce qui est remarquable, ce n'est pas que certains enfants deviennent champions du monde dans certains jeux ou spécialités: c'est plutôt leur autonomie, leur flexibilité et leur efficacité à apprendre de nombreuses compétences quotidiennes sous des ressources de temps, de calcul et d'énergie fortement limitées. Et ils n'ont pas besoin de l'intervention d'un ingénieur pour chaque nouvelle tâche (par exemple, ils n'ont pas besoin de quelqu'un pour fournir une nouvelle fonction de récompense spécifique à la tâche).

Je présenterai un programme de recherche axé sur la modélisation informatique du développement de l'enfant et des mécanismes d'apprentissage au cours de la dernière décennie. Je discuterai de plusieurs forces de développement qui guident l'exploration dans de grands espaces du monde réel, en partant de la façon dont les modèles algorithmiques peuvent nous aider à mieux comprendre comment ils fonctionnent chez l'homme, et en retour comment cela ouvre de nouvelles approches à l'apprentissage automatique autonome. En particulier, je discuterai des modèles d'apprentissage autonome motivé par la curiosité, permettant aux machines d'échantillonner et d'explorer leurs propres objectifs et leurs propres stratégies d'apprentissage, auto-organisant un programme d'apprentissage sans aucune récompense ou supervision externe. Je montrerai comment cela a aidé les scientifiques à mieux comprendre les aspects du développement humain tels que l'émergence de transitions de développement entre la manipulation d'objets, l'utilisation d'outils et la parole. Je montrerai également comment l'utilisation de véritables plates-formes robotiques pour évaluer ces modèles a conduit à des méthodes d'apprentissage non supervisées très efficaces, permettant aux robots de découvrir et d'apprendre de multiples compétences dans des dimensions élevées en quelques heures. Je vais discuter de la façon dont ces techniques sont désormais intégrées aux méthodes modernes d'apprentissage en profondeur. Enfin, je montrerai comment ces modèles et techniques peuvent être appliqués avec succès dans le domaine des technologies éducatives, permettant de personnaliser des séquences d'exercices pour les apprenants humains, tout en maximisant à la fois l'efficacité d'apprentissage et la motivation intrinsèque. Je vais illustrer cela avec une expérience à grande échelle récemment réalisée dans les écoles primaires, permettant aux enfants de tous niveaux d'améliorer leurs compétences et leur motivation dans les aspects d'apprentissage des mathématiques.

Summary

Current approaches to AI and machine learning are still fundamentally limited in comparison with autonomous learning capabilities of children. What is remarkable is not that some children become world champions in certain games or specialties: it is rather their autonomy, flexibility and efficiency at learning many everyday skills under strongly limited resources of time, computation and energy. And they do not need the intervention of an engineer for each new task (e.g. they do not need someone to provide a new task specific reward function).

I will present a research program that has focused on computational modeling of child development and learning mechanisms in the last decade. I will discuss several developmental forces that guide exploration in large real world spaces, starting from the perspective of how algorithmic models can help us understand better how they work in humans, and in return how this opens new approaches to autonomous machine learning. In particular, I will discuss models of curiosity-driven autonomous learning, enabling machines to sample and explore their own goals and their own learning strategies, self-organizing a learning curriculum without any external reward or supervision. I will show how this has helped scientists understand better aspects of human development such as the emergence of developmental transitions between object manipulation, tool use and speech. I will also show how the use of real robotic platforms for evaluating these models has led to highly efficient unsupervised learning methods, enabling robots to discover and learn multiple skills in high-dimensions in a handful of hours. I will discuss how these techniques are now being integrated with modern deep learning methods. Finally, I will show how these models and techniques can be successfully applied in the domain of educational technologies, enabling to personalize sequences of exercises for human learners, while maximizing both learning efficiency and intrinsic motivation. I will illustrate this with a large-scale experiment recently performed in primary schools, enabling children of all levels to improve their skills and motivation in learning aspects of mathematics.