

nodigt U graag uit op de openbare verdediging van het proefschrift van

Florent Delgrange

ter behaling van de graad van Doctor in de wetenschappen

Gezamenlijk doctoraat met Universiteit Antwerpen

Titel van het proefschrift:

**Formele Verificatie van Diepe Reinforcement Learning
Strategieën Activeren
door het Model-Checken van Bisimilaire Latente Ruimte Modellen**

Promotoren:

Prof. dr. Ann Nowé (VUB)

**Prof. dr. Guillermo A. Pérez
(UAntwerpen)**

De verdediging heeft plaats op

**Dinsdag 20 augustus 2024 om 16.00 u in
Gebouw D, zaal D2.01 (promotiezaal)**

De verdediging kan ook online gevolgd worden
via: <https://tinyurl.com/yenmtswb>

Samenstelling van de jury

Prof. dr. Bernard Manderick (VUB, voorzitter)

Dr. Roxana Rădulescu (VUB/Utrecht Universiteit
NL, secretaris)

Prof. dr. Bart Goethals (UAntwerpen)

Prof. dr. Nils Jansen (Ruhr-Universität Bochum, DE/
& Radboud Universiteit Nijmegen, NL)

Prof. dr. Pablo Samuel Castro (Google/Université
de Montréal, CA)

Curriculum vitae

Florent Delgrange studeerde af met een MSc in Computer Science aan de Université de Mons in 2018. In 2020 sloot hij zich aan als PhD student bij het Artificial Intelligence Lab aan de Vrije Universiteit Brussel (VUB) en het Departement Computerwetenschappen aan de Universiteit Antwerpen (UAntwerpen).

Zijn onderzoek situeert zich op de intersectie van formele verificatie en reinforcement learning. Hij publiceerde zeven peer-reviewed artikelen in top internationale conferenties en tijdschriften en drie peer-reviewed artikelen in workshops.

Tijdens zijn PhD was Florent ook onderwijs assistent voor het vak Theory of Computation, gegeven aan de VUB.

Abstract van het doctoraatsonderzoek

Intelligente agenten zijn computationele entiteiten die autonoom interageren met een omgeving om hun doelstellingen te bereiken. Reinforcement learning (RL) verwijst naar technieken voor machinaal leren die agenten in staat stellen om een policy te leren op basis van een gegeven doelstelling. Hoewel bewezen is dat RL convergeert naar een optimale policy onder bepaalde aannames, verdwijnen de garanties met de introductie van geavanceerde technieken, zoals deep RL, welke nodig is om met hoog-dimensionale toestands- en actieruimtes om te gaan. Dit voorkomt dat ze op grote schaal worden toegepast in veiligheidskritische scenario's.

Formele methoden wiskundige technieken die garanties geven over de correctheid van systemen. Met name "model checking" maakt het mogelijk om het gedrag van de agent in de omgeving formeel te verifiëren. Dit is echter meestal afhankelijk van een formele beschrijving van de interactie, evenals het uitvoeren van een volledige exploratie van de toestandsruimte. Dit brengt aanzienlijke uitdagingen met zich mee, omdat de omgeving zelden expliciet toegankelijk is. Zelfs als dat wel het geval is, heeft "model checking" te lijden onder de vloek van de dimensionaliteit en heeft het moeite om op te schalen naar hoog-dimensionale toestands- en actieruimten, die vaak voorkomen in diepe RL.

In dit proefschrift maken we gebruik van de sterke punten van deep RL om realistische scenario's aan te kunnen, terwijl we formele methoden integreren om garanties te bieden voor het gedrag van de agent. Specifiek faciliteren we formele verificatie van de deep RL policy door het leren van een latent model van de omgeving alsook de deep RL policy. De "model checking" wordt dan in het gedistilleerde latente model wordt uitgevoerd. Aan gezien het gedistilleerde latente model voorzien is van bisimulatiegaranties, zijn de garanties overdraagbaar naar de oorspronkelijke omgeving en policy.

Naast destillatie laten we zien dat onze methode ook nuttig is voor het leren van representaties in de context van diepe RL, waardoor het leren van de policy in complexe omgevingen wordt vergemakkelijkt. In het bijzonder presenteren we een raamwerk voor partieel observeerbare omgevingen.

Tot slot laten we zien hoe onze methode kan worden gebruikt in de context van synthese, d.w.z. het automatisch genereren van controllers uit logische specificaties met formele garanties. We laten met name zien hoe deep RL-componenten, geleerd via onze latente modellen, synthese vergemakkelijken in omgevingen die doorgaans moeilijk te analyseren zijn.