

Opis obszaru badawczego

Eksperymentalne wsparcie tworzenia nowej matematyki z wykorzystaniem metod generatywnych i uczenia maszynowego

Bartosz Naskręcki

1. Charakterystyka obszaru badawczego

Niedawny wzrost popularności nowoczesnych metod głębokiego uczenia, generatywnej sztucznej inteligencji i mieszanych technik sztucznej inteligencji przyciągnął wiele uwagi również w środowisku naukowym. Najnowsze projekty Google Deepmind w postaci AlphaGeometry, FunSearch, AlphaFold i projektów takich jak LeanDojo (<https://leandojo.org/>) lub konkursów takich jak AIMO Prize (<https://aimoprize.com/>) lub AI Mathematical Olympiad - Progress Prize (<https://www.kaggle.com/c/ai-mathematical-olympiad-prize>) sprawiły, że jest bardzo prawdopodobne, że algorytmy sztucznej inteligencji będą miały głęboki wpływ na współczesną matematykę.

2. Motywacja

Uczenie maszynowe pokazało już swój potencjał w zakresie wpływu na teoretyczne badania matematyczne (<https://arxiv.org/pdf/2304.12602>) w pracach nad węzłami (<https://www.nature.com/articles/s41586-021-04086-x>), klasyfikacją pólgrup nilpotentnych (<https://arxiv.org/abs/2106.03015>), a nawet bardzo subtelnymi właściwościami liczbowo-teoretycznymi krzywych eliptycznych (<https://arxiv.org/abs/2310.07681>).

Główne postępy pochodzą z dwóch różnych źródeł - potencjału wykrywania głębokich wzorców w danych przy użyciu uczenia maszynowego, a ostatnio z zastosowania tak zwanych dużych modeli językowych, które mogą być z powodzeniem wykorzystywane do generowania prawdziwie nowych argumentów matematycznych, czyniąc niektóre matematyczne eksploracje podobnymi do gier takich jak Go lub szachy. Głębina tych technik polega na możliwości atakowania pewnych problemów, które naiwnie można rozwiązać jedynie za pomocą technik brutalnej siły.

3. Obecny poziom badań

Obecnie prowadzone są zaawansowane prace nad wdrażaniem modeli generatywnych, które wykorzystując rozumowania symboliczne oparte na językach programowania Coq i Lean potrafią generować nowe dowody twierdzeń matematycznych. Połączenie sformalizowanych rozumowań z systemami do automatycznej weryfikacji twierdzeń opartej na kompilatorach tych języków pozwala tworzyć nowe treści matematyczne. Najtrudniejszym aspektem tych badań jest generowanie odpowiednich zbiorów treningowych danych oraz zrozumienie wewnętrznych relacji pomiędzy obiektami i dowodami w danej dziedzinie matematyki.

4. Tematyka badawcza

Tematem projektu będzie konstrukcja i zrozumienie potencjału wykorzystania małych i średnich modeli językowych w kontekście możliwości rozwiązywania problemów matematycznych, z wykorzystaniem tworzonych przez ludzi oraz syntetycznych zbiorów danych. Dodatkowym zadaniem będzie udział w jednym z konkursów na rozwiązywanie problemów matematycznych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji.

5. Wymagania odnośnie członków projektu

Zakładam, że studenci znają podstawy działania sieci neuronowych opartych na architekturach typu transformer, posiadają przynajmniej podstawowe doświadczenie związane z obsługą i trenowaniem sieci neuronowych, programują w Pythonie, są gotowi do udziału w intensywnym seminarium szkoleniowym obejmującym przygotowanie matematyczne w zakresie zależnym od podjętego projektu.

6. Literatura

1. <https://www.arxiv.org/pdf/2412.16543>
2. <https://xenaproject.wordpress.com/2024/12/22/can-ai-do-maths-yet-thoughts-from-a-mathematician/>
3. <https://github.com/google-deepmind/alphageometry>
4. <https://www.nature.com/articles/d41586-024-01413-w>
5. <https://renaissancephilanthropy.org/initiatives/ai-for-math-fund/>
6. <https://epoch.ai/frontiermath>
7. <https://www.kaggle.com/competitions/ai-mathematical-olympiad-progress-prize-2>