

# Învățare automată pentru matematică simbolică

Adrian Manea

510, SLA

# Scopul și metoda

Generarea expresiilor matematice folosind tehnici de NLP.

# Scopul și metoda

Generarea expresiilor matematice folosind tehnici de NLP.

Odată obținut un corpus de expresii matematice, pot fi testate dacă satisfac ecuații complicate (ODE, PDE, int).

# Scopul și metoda

Generarea expresiilor matematice folosind tehnici de NLP.

Odată obținut un corpus de expresii matematice, pot fi testate dacă satisfac ecuații complicate (ODE, PDE, int).

Metoda: traducere automată (seq2seq) + beam search ([Chollet, 2017]).

# Scopul și metoda

Generarea expresiilor matematice folosind tehnici de NLP.

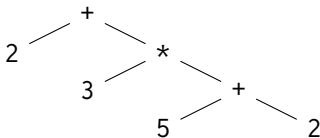
Odată obținut un corpus de expresii matematice, pot fi testate dacă satisfac ecuații complicate (ODE, PDE, int).

Metoda: traducere automată (seq2seq) + beam search ([Chollet, 2017]).

Expresii în forma prefixată (poloneză):

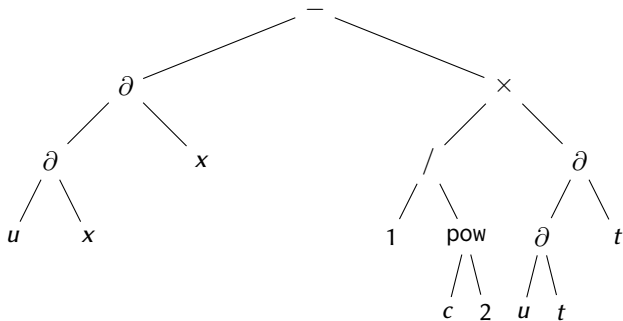
$$2 + 3 \cdot (5 + 2) \mapsto [+ 2 * 3 + 5 2].$$

# Scopul și metoda



**Ilustrație:** Arbore binar pentru expresia  $[+ 2 * 3 + 5 2]$

# Scopul și metoda



**Ilustrație:** Arbore binar pentru expresia  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$

**Generare directă (FWD):**

$$LC \rightarrow f(x) \xrightarrow{CAS} \int f(x) dx.$$



**Generare directă (FWD):**

$$LC \rightarrow f(x) \xrightarrow{CAS} \int f(x) dx.$$

**Generare inversă (BWD):**

$$LC \rightarrow f(x) \xrightarrow{CAS} f'(x).$$

**Generare directă (FWD):**

$$LC \rightarrow f(x) \xrightarrow{CAS} \int f(x) dx.$$

**Generare inversă (BWD):**

$$LC \rightarrow f(x) \xrightarrow{CAS} f'(x).$$

**Generare inversă și integrare prin părți (IBP):**

$$\int Fg = FG - \int fG.$$

**Generare directă (FWD):**

$$LC \rightarrow f(x) \xrightarrow{\text{CAS}} \int f(x) dx.$$

**Generare inversă (BWD):**

$$LC \rightarrow f(x) \xrightarrow{\text{CAS}} f'(x).$$

**Generare inversă și integrare prin părți (IBP):**

$$\int Fg = FG - \int fG.$$

$$F, G \xrightarrow{\text{BWD}} f, g \rightarrow fG \xrightarrow{\text{FWD}} Fg.$$

Rezultatele sînt comparabile cu Mathematica, Matlab, Maple ( $\pm 10\%$ ).

Rezultatele sînt comparabile cu Mathematica, Matlab, Maple ( $\pm 10\%$ ).

Nu „știe matematică”: simplificări, expresii echivalente, expresii fără sens.

Rezultatele sînt comparabile cu Mathematica, Matlab, Maple ( $\pm 10\%$ ).

Nu „știe matematică”: simplificări, expresii echivalente, expresii fără sens.

Modelul nu este verificat formal (se speră la dezvoltarea SymPy).

Rezultatele sînt comparabile cu Mathematica, Matlab, Maple ( $\pm 10\%$ ).

Nu „știe matematică”: simplificări, expresii echivalente, expresii fără sens.

Modelul nu este verificat formal (se speră la dezvoltarea SymPy).

Algoritmii se bazează pe CAS  $\Rightarrow$  comparația nu are sens și elementul de noutate este minimizat.

# Bibliografie



Chollet, F. (2017).

A ten-minute introduction to sequence-to-sequence learning in Keras.



Davis, E. (2019).

The use of deep learning for symbolic integration: A review of (Lample and Charton, 2019).

*arXiv*.

<https://arxiv.org/abs/1912.05752>.



Lample, G. and Charton, F. (2019).

Deep learning for symbolic mathematics.

*ICLR 2020*.

<https://arxiv.org/abs/1912.01412>.