

VEĽKÉ JAZYKOVÉ MODELY V NÁVRHU APROXIMATÍVNYCH OBVODOV

Autor: Bc. Martin Tomašovič
Vedúci: prof. Ing. Lukáš Sekanina, Ph.D.

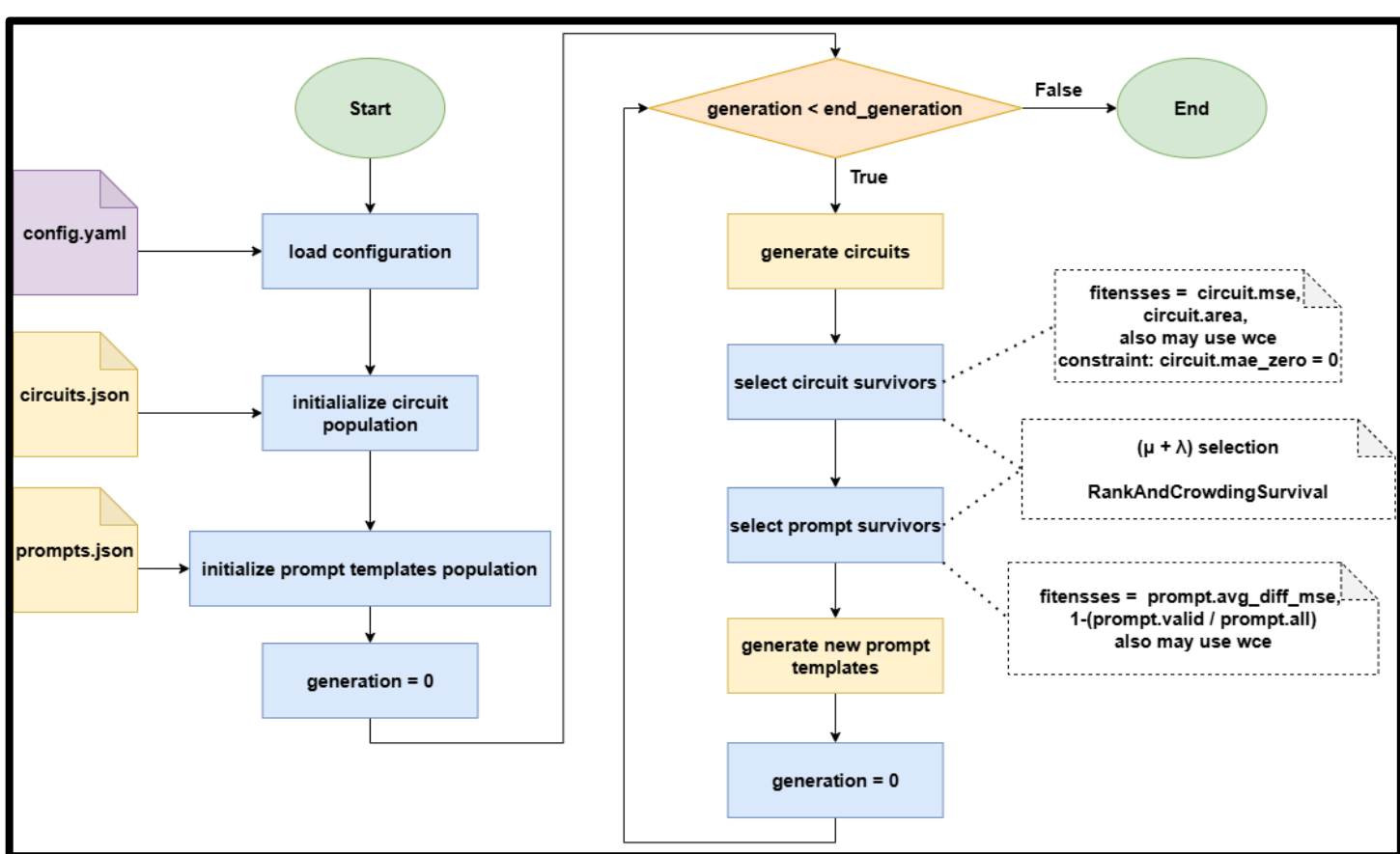
MOTIVÁCIA

Aproximatívne obvody obetujú presnosť výpočtu v prospech efektivity. Sú vhodné pre aplikácie odolné voči chybám (napr. spracovanie obrazu, DNN akcelerátori). Manuálny návrh týchto obvodov je náročný. Proces návrhu je možné automatizovať, napríklad pomocou kartézskeho genetického programovania (evolučný algoritmus). V tejto práci kombinujeme evolučný algoritmus s veľkými jazykovými modelmi, ktoré umožňujú inteligentnejšie mutácie s cieľom nájsť konkurencieschopné aproximatívne obvody.

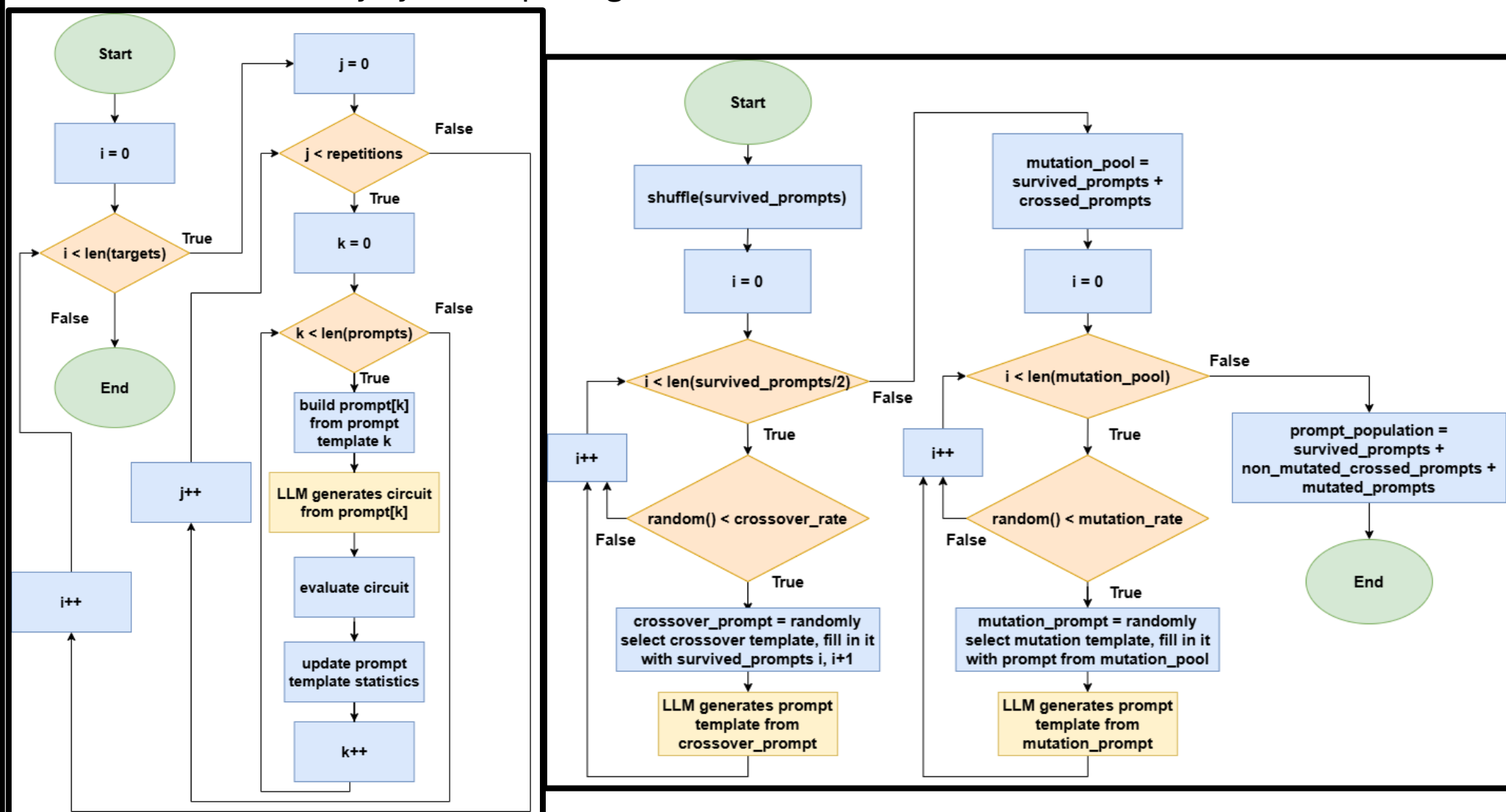
RIEŠENIE

Reprezentácia obvodov – matematické rovnice

N1 = INA2 & INB3
N2 = INA3 | N1 & INB4
...
OUT0 = INA4 ^ (N2 & INB5)

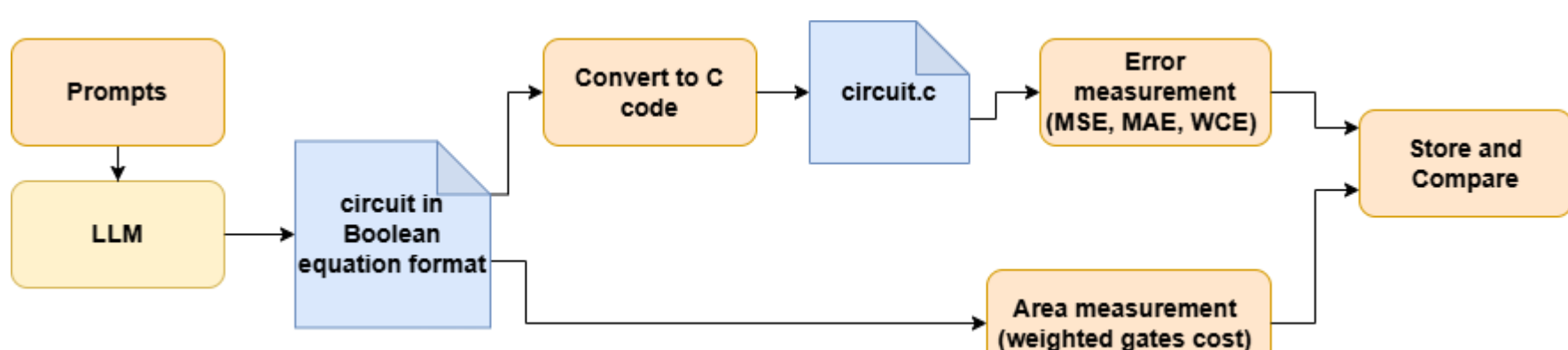


Obrázok 1: Evolučný algoritmus s LLM. Zobrazenie inicializácie a hlavný cyklus naprieč generáciami.



Obrázok 2: Generovanie obvodov naprieč cieľmi, opakovaním príkazov a šablónami príkazov.

Obrázok 3: Kríženie a mutácia šablón príkazov.



Obrázok 4: Konverzia obvodov, meranie chyby a odhad plochy.

Chyby sú určené pomocou rovníc:

$$MSE = \sum_{v_i} \frac{|O_{approx}^i - O_{accurate}^i|}{2^{n_i}}$$

$$WCE = \max_{v_i} |O_{approx}^i - O_{accurate}^i|$$

n_i je počet vstupov

O_{approx}^i a $O_{accurate}^i$ je aproximatívny a presný i -tý výstup v desiatkovej sústave.

NASTAVENIE EXPERIMENTOV

- Modely:
- GPT-OSS-120B – šablóny promptov
 - Qwen3-Coder480B – obvod
- Optimalizačné ciele:
- MSE vs plocha
 - WCE vs plocha
 - + MAE Zero = 0

Obvody: 8-bitové násobičky bez znamienka

Parametre algoritmu:

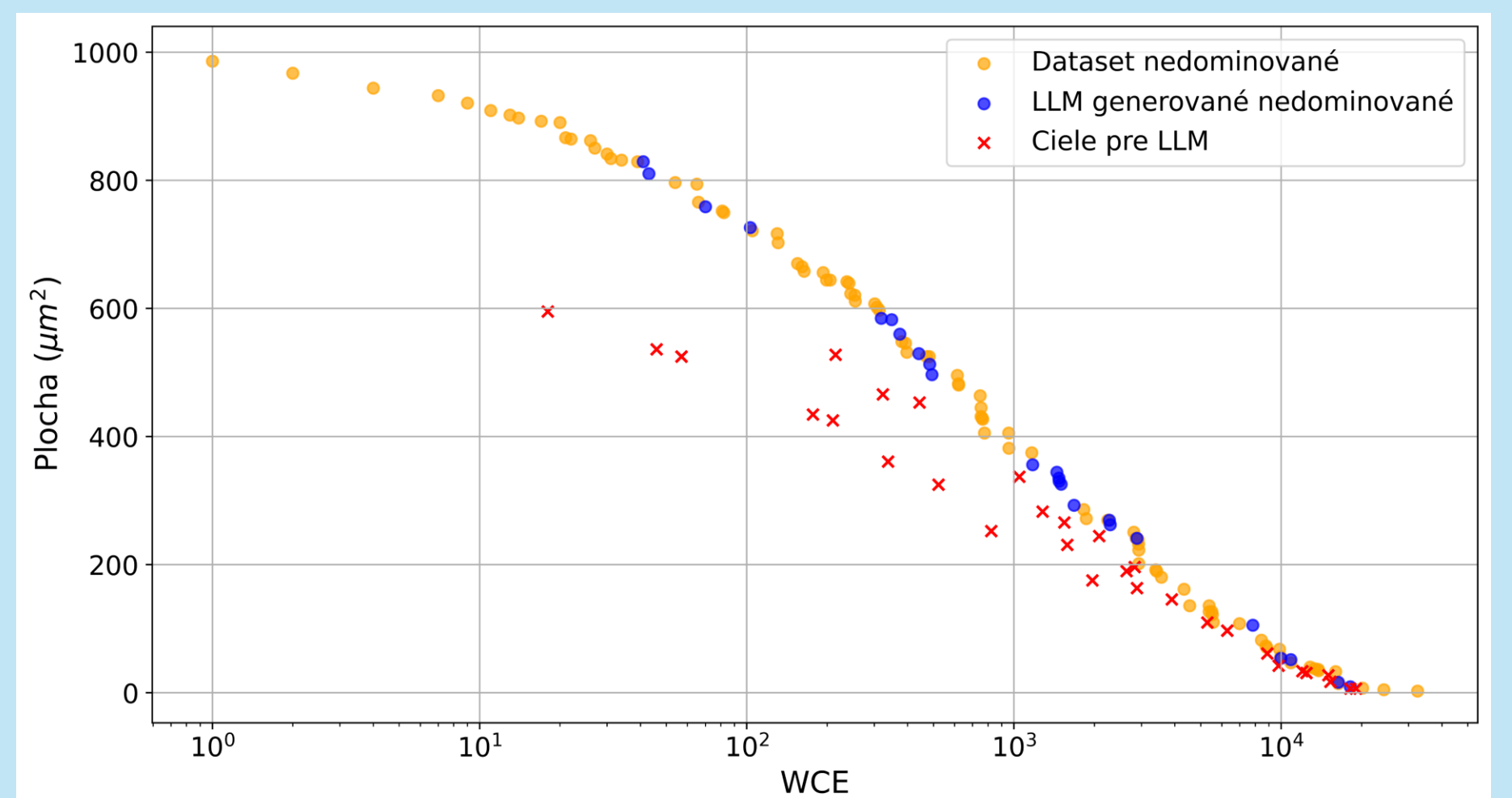
- Počet preživších príkazov = 8
- Počet preživších obvodov = 30
- Pravdepodobnosť kríženia = 0.9
- Pravdepodobnosť mutácie = 0.9
- Počet generácií = 27
- LLM teplota = 0.4
- Počiatkový počet obvodov = 10
- Opakovanie príkazov = 3

Príklad promptu:

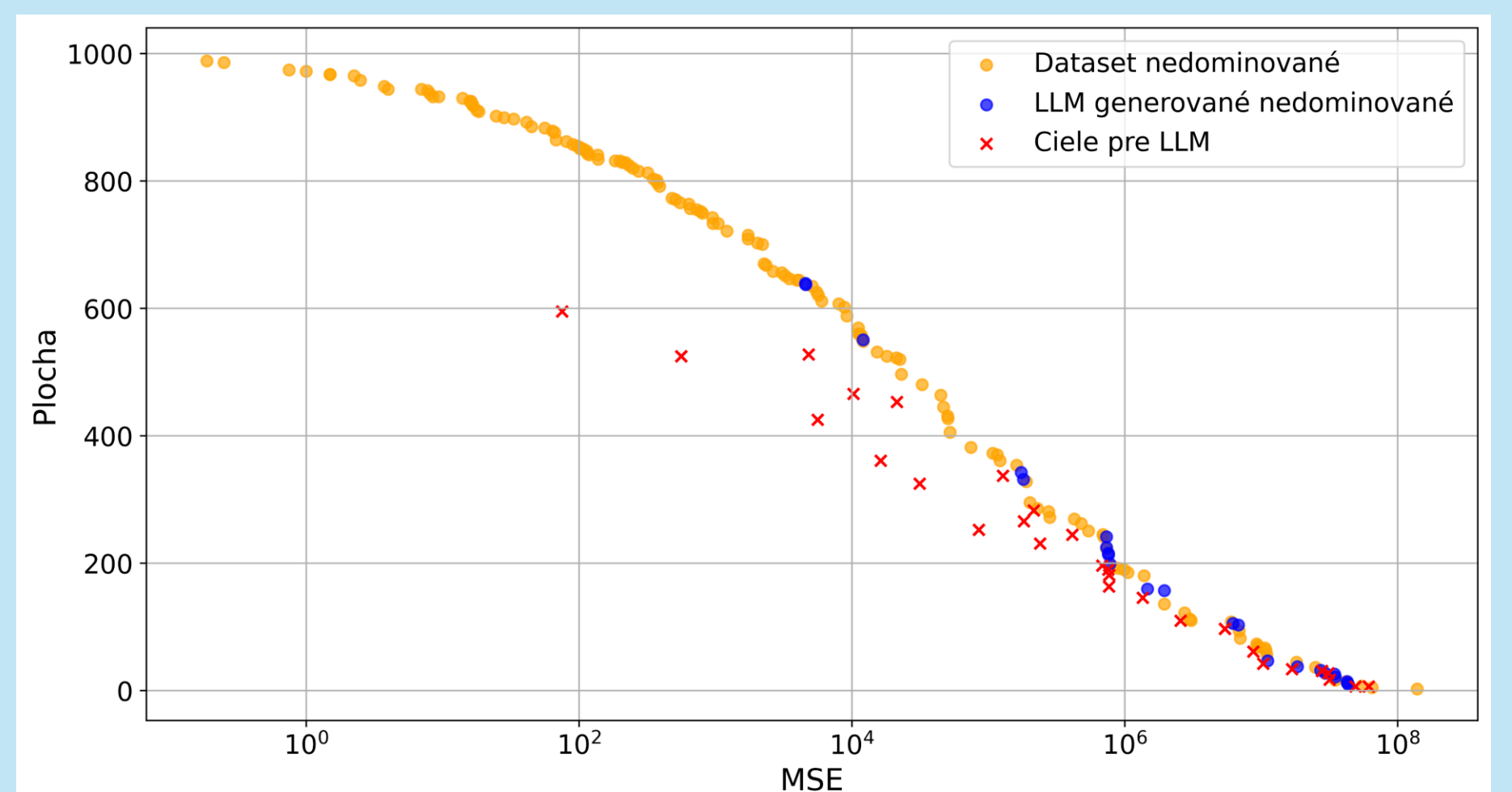
Following equations describe approximate multiplier.
Example:
Mean Squared Error (MSE) = {src_random_mse}
Area = {src_random_area} um^2
The circuit: {src_random_design}
Please, design a new approximate multiplier circuit with parameters:
Mean Squared Error (MSE) = {target_mse}
Area = {target_area} um^2
Generate only the new circuit, without any comments.
The new circuit:

VÝSLEDKY

Referenčný dataset je EvoApproxLib



Obrázok 5: Pareto fronty WCE vs plocha.



Obrázok 6: Pareto fronty MSE vs plocha.

Model nebolo potrebné dotrénovať.

Priemerne trvá volanie väčšieho LLM 10 s, menšieho 5,3 s a meranie obvodu 0,5 s.

Počet novo objavených obvodov pre WCE–plochu je 24 a pre MSE–plochu 23.