

Diplomski rad br. 2067

INTERPRETABILNOST IZRAZA I ANALIZA ZNAČAJKI U SIMBOLIČKOJ REGRESIJI

Ivona Škorjanc

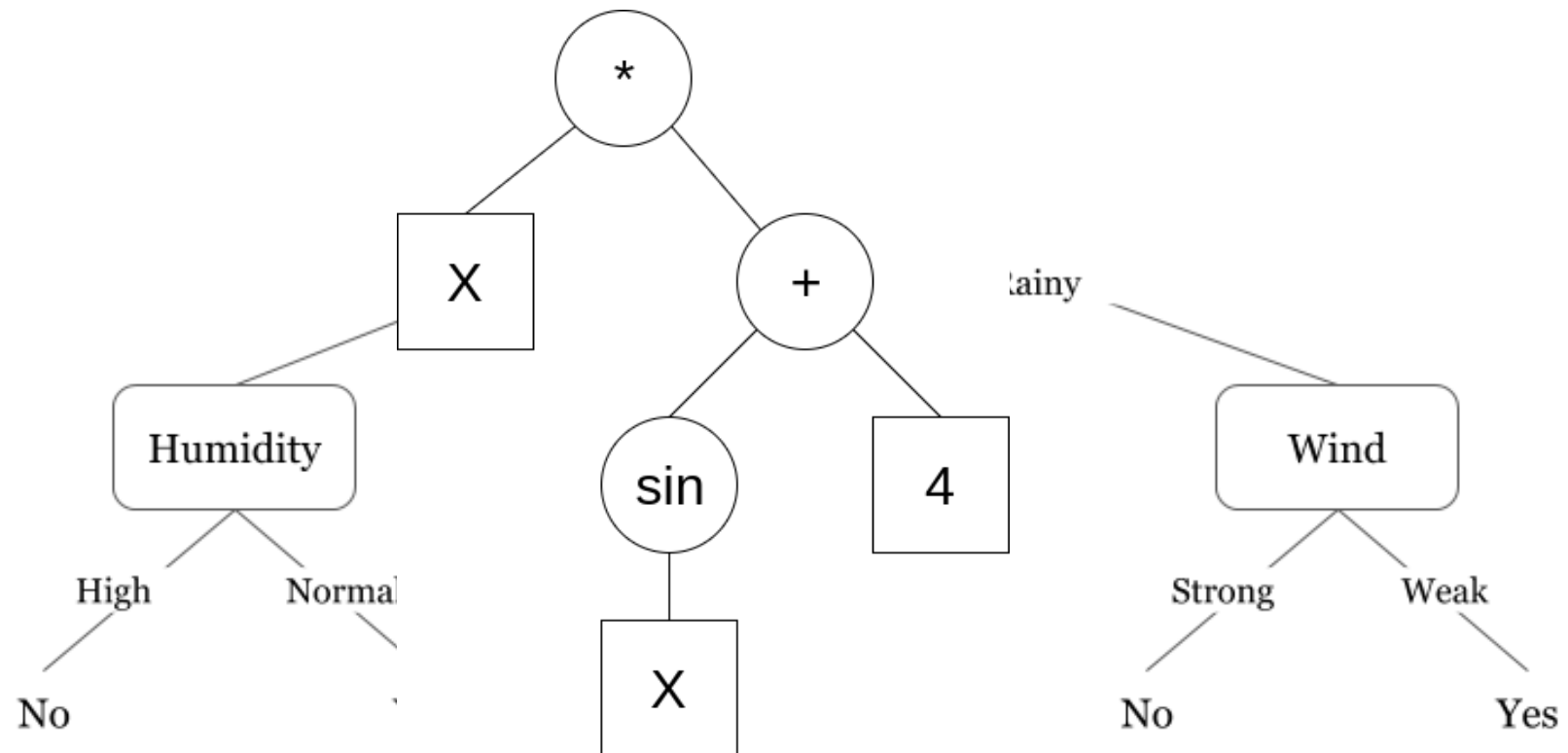
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zagreb, veljača 2020.

SADRŽAJ

-  Interpretabilnost izraza
-  Pojednostavljivanje izraza
-  Implementacija sustava za pojednostavljivanje
-  Demonstracija
-  Integracija u ECF
-  Rezultati

INTERPRETABILNOST IZRAZA

- Različiti modeli strojnog učenja



POJEDNOSTAVLJIVANJE IZRAZA

- Motivacija: veća interpretabilnost

- $X \sin - * - 1 1 * 1 D_{-0.383587} / 1 / 1 X * / * * 1 X \cos$
 $* \sin 1 - D_{-0.844783} 1 - X * D_{-0.468917} \sin X \sin / -$
 $\sin \sin 1 \sin \sin 1 * \sin X / \cos D_{-0.748466} X$

+ $\sin X X$

POSTOJEĆA RJEŠENJA

- Sustavi za računalnu algebru (CAS)
 - Symbolic C++, GiNaC, ExprTk, SymPy, MATLAB, Mathematica, ...
- Skriveno pojednostavljivanje
- Definicija jednostavnosti

BETA

Expression Simplifier



Simplify

 $X + (\sin(1 * X * 1))$

Submit

Input interpretation:

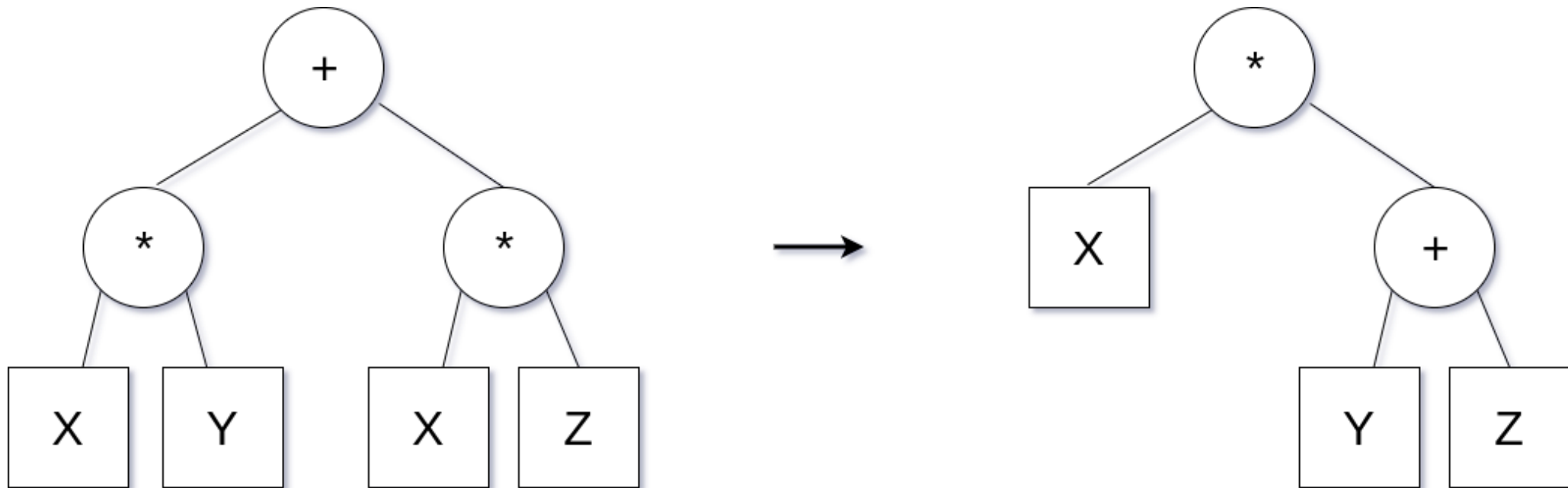
simplify

 $X + \sin(X \times 1)$

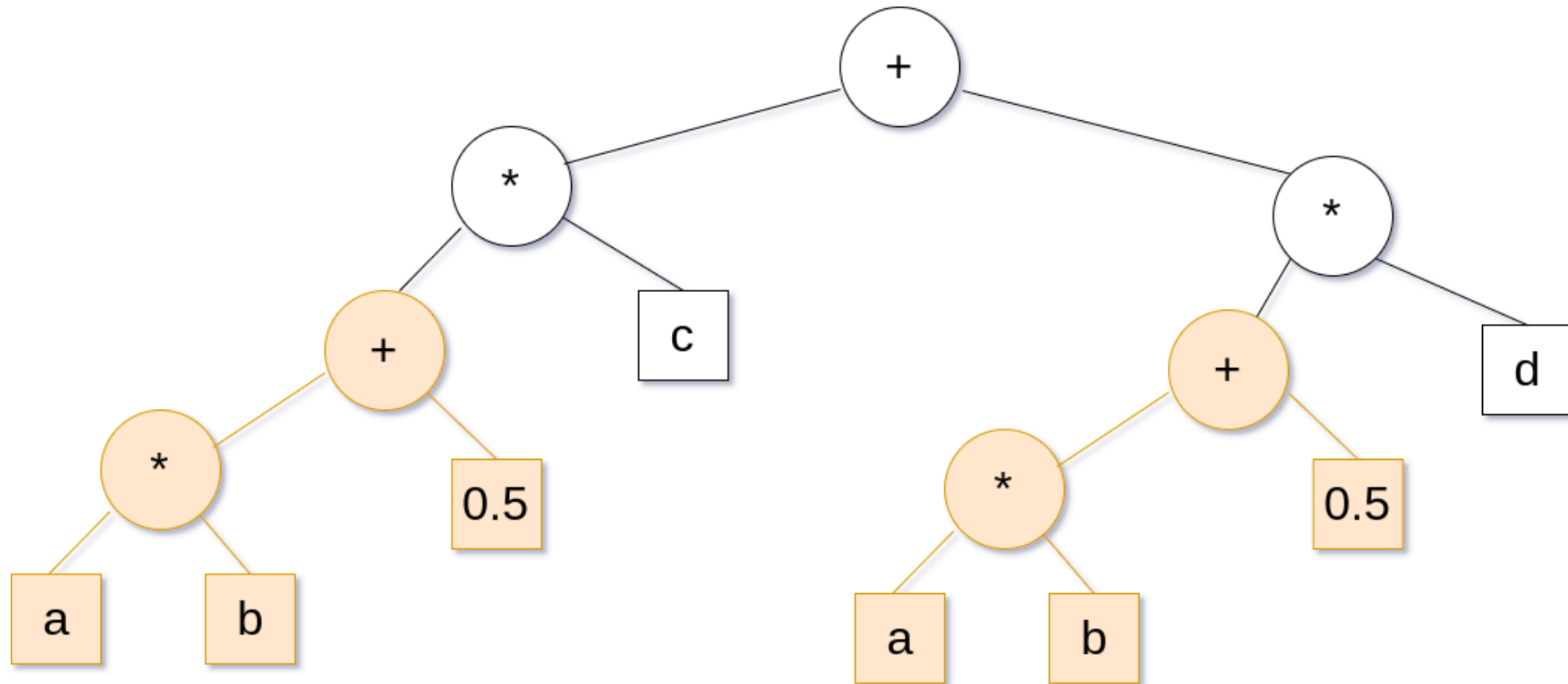
Result:

$$X + \frac{1}{2} i e^{-i X} - \frac{1}{2} i e^{i X}$$

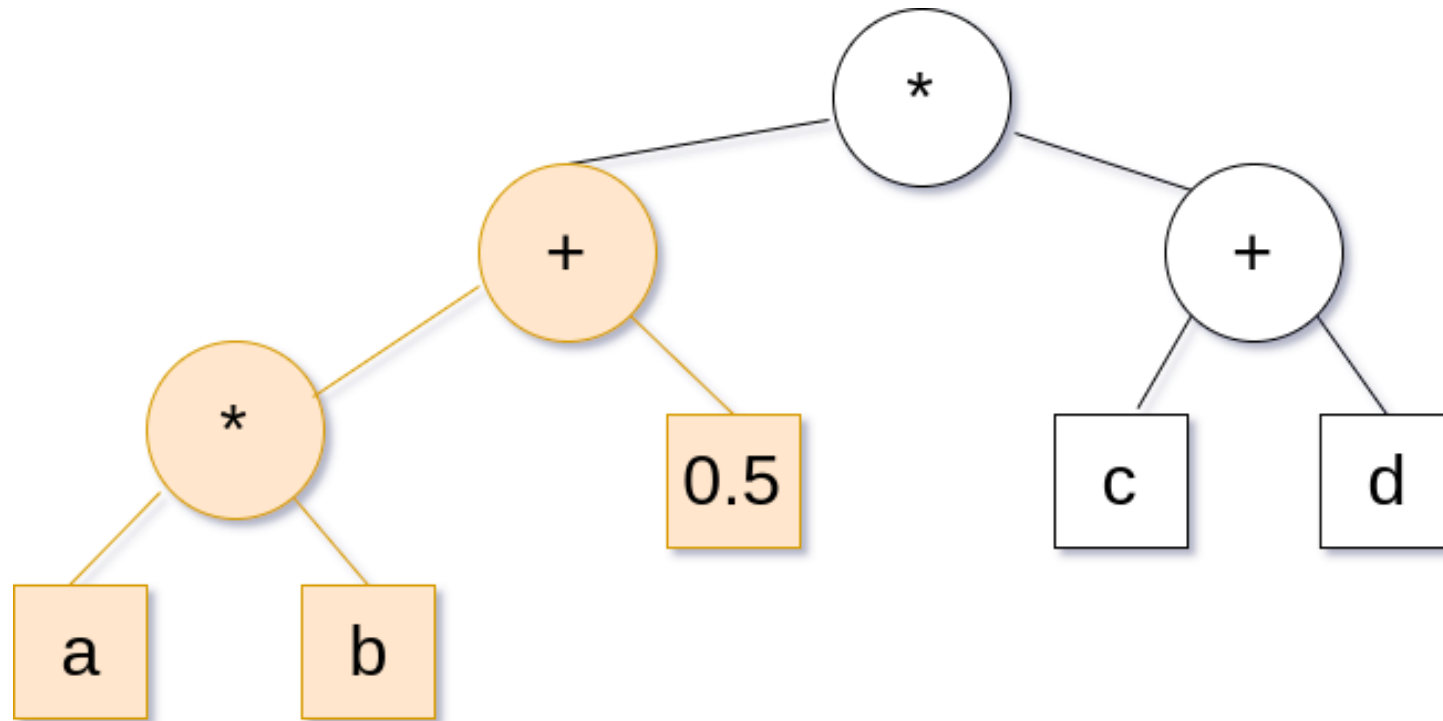
RJEŠENJE: pravila skraćivanja



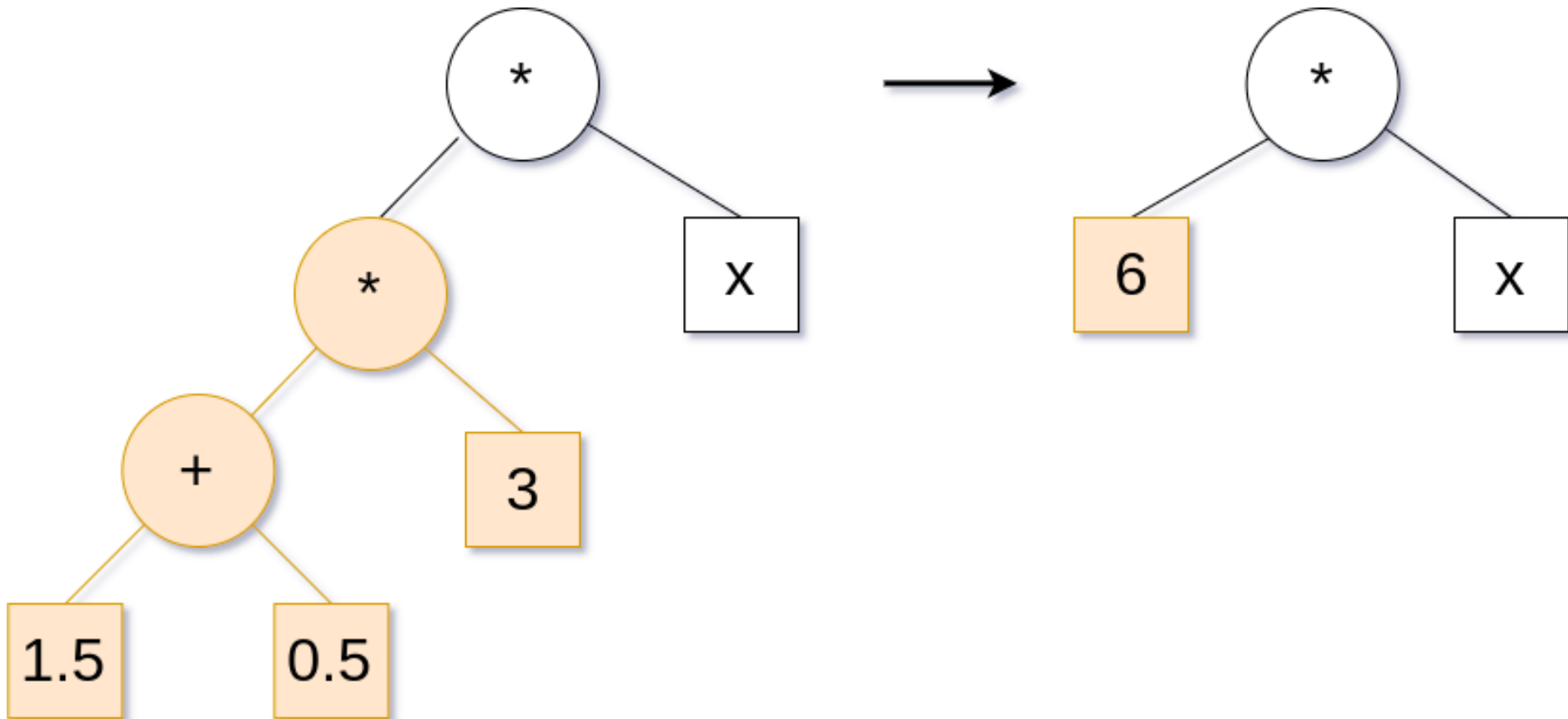
RJEŠENJE: pravila skraćivanja



RJEŠENJE: pravila skraćivanja



RJEŠENJE: redukcija konstanti



COMPARE-MATCH ALGORITAM

Map → **function COMPARE** (*P*: pattern, *U*: tree): boolean;
begin
 A: **if** root (*P*) = *x* **then** return (true);
 B: **if** root (*P*) ≠ root (*U*) **then** return (false);
 {let the subtrees of *P* be $P_1, P_2, \dots$; let the subtrees of *U* be $U_1, U_2, \dots$ }
 C: **for** *i* **from** 1 **to** degree (root (*P*)) **do**
 D: **if** not COMPARE (P_i, U_i) **then** return (false);
 return (true)
end;
procedure MATCH (*P*: pattern, *T*: tree);
begin
 if COMPARE (*P*, *T*) **then** write ("another occurrence of *P* found");
 {let the subtrees of *T* be $T_1, T_2, \dots$ }
 for *i* **from** 1 **to** degree (root (*T*)) **do**
 MATCH (*P*, T_i)
end;

Provjerava ako se
uzorak *P* pojavljuje u
korijenu od izraza *U*

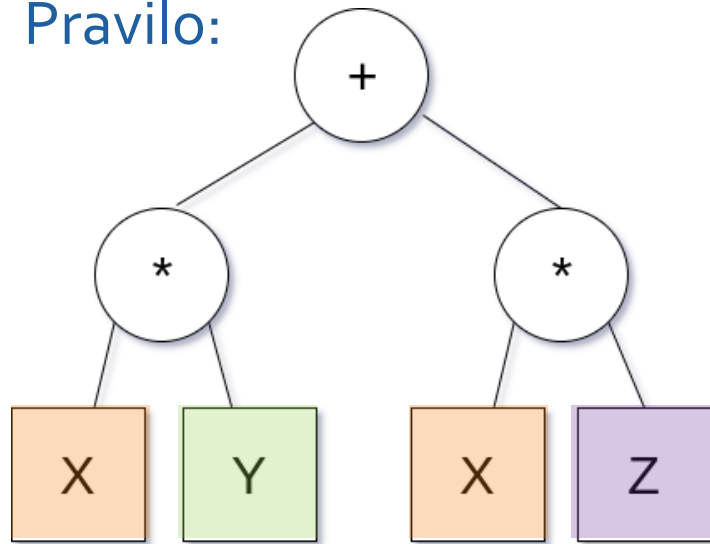
Primjenjuje COMPARE
na svakom podstablu
od *T*

↑
Zamijeni podstablo uz
mapirane varijable

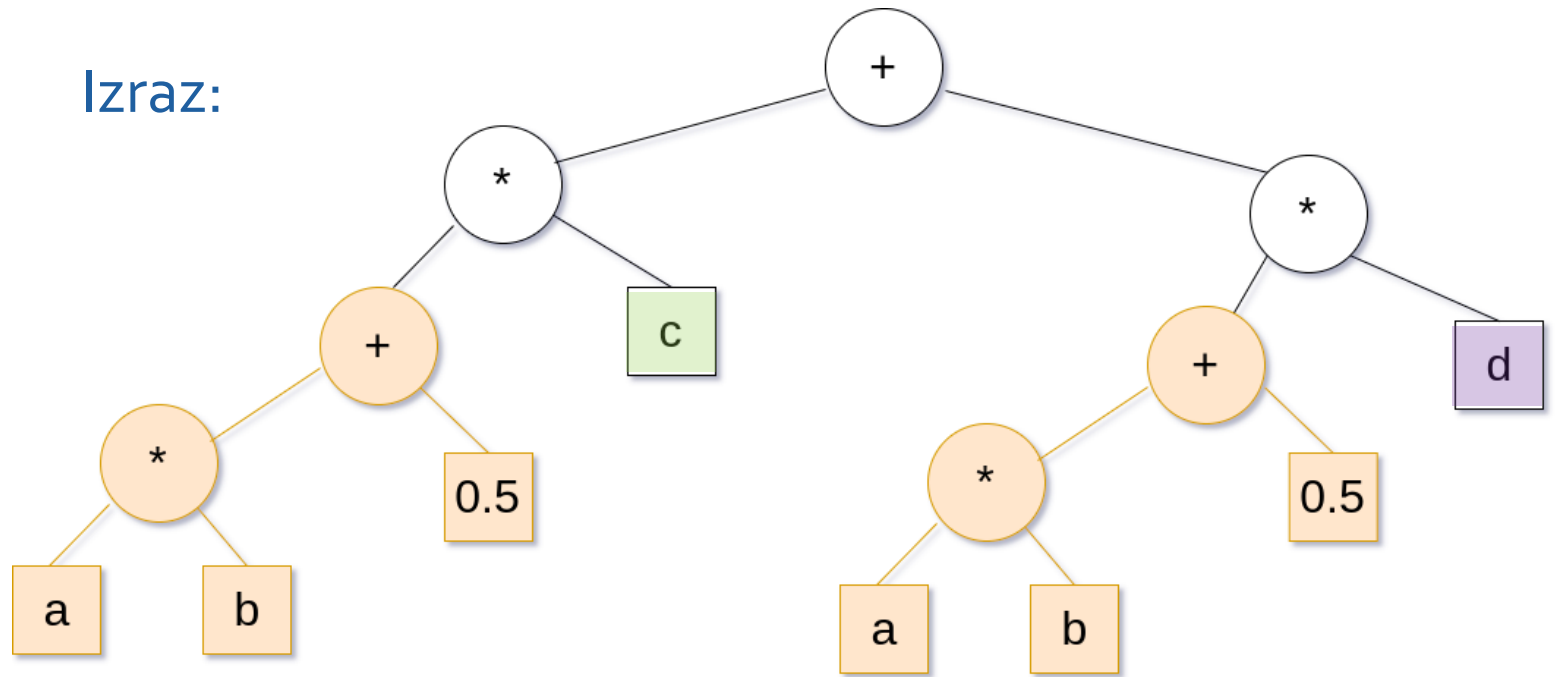
COMPARE-MAP-MATCH

čvor izraza	čvor pravila	rezultat
operator	operator	<i>true</i> ako su jednaki, <i>false</i> inače
operator	konstanta	<i>false</i>
operator	varijabla	mapiraj: uspješno <i>true</i> , inače <i>false</i>
varijabla ili konstanta	operator	<i>false</i>
konstanta	konstanta	<i>true</i> ako su jednake vrijednosti, <i>false</i> inače
varijabla ili konstanta	varijabla	mapiraj: uspješno <i>true</i> , inače <i>false</i>

Pravilo:



Izraz:

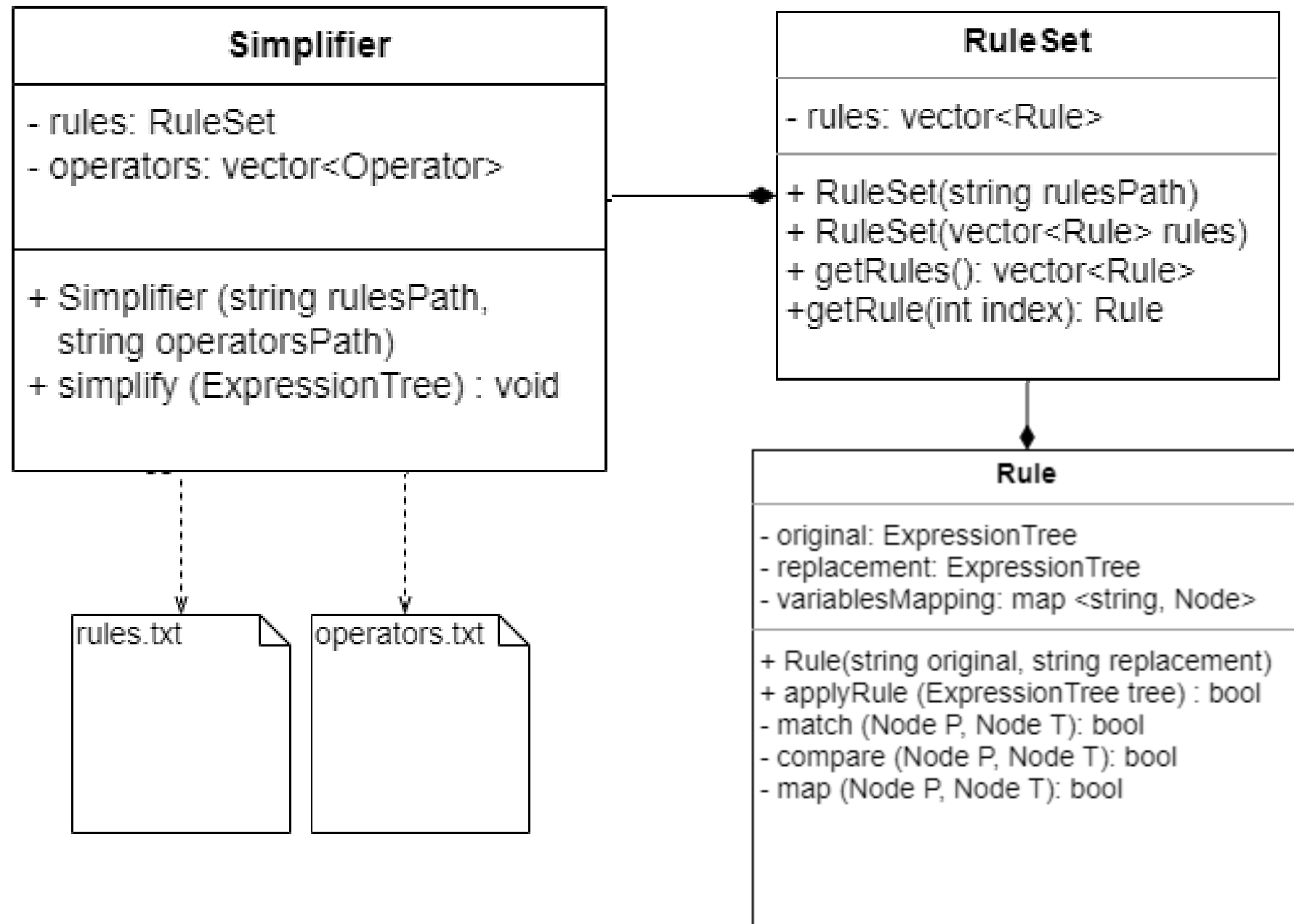


Pravilo	Izraz
---------	-------

X	+ * a b 0.5
---	-------------

Y	c
---	---

Z	d
---	---



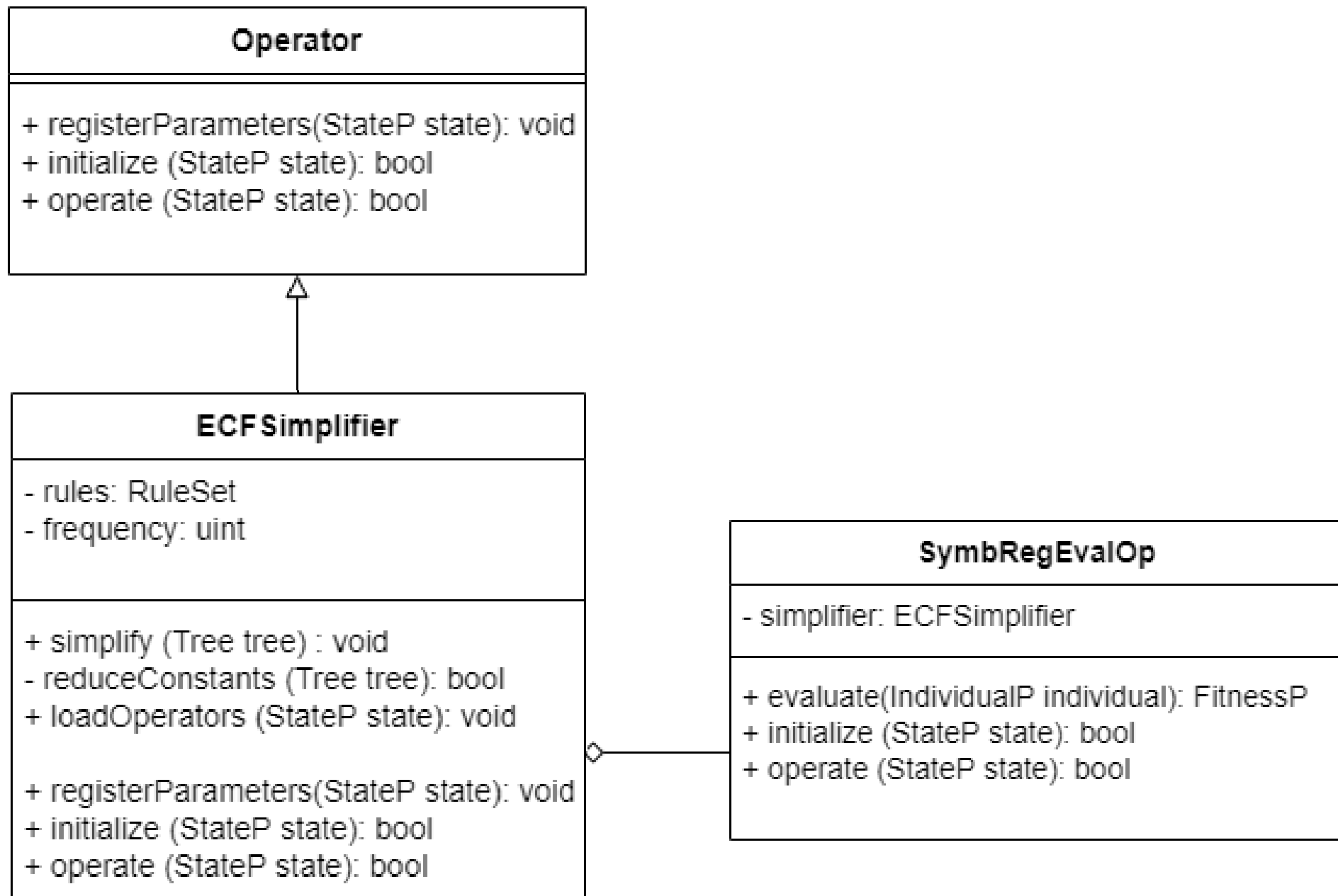
DEMONSTRACIJA

INTEGRACIJA U ECF

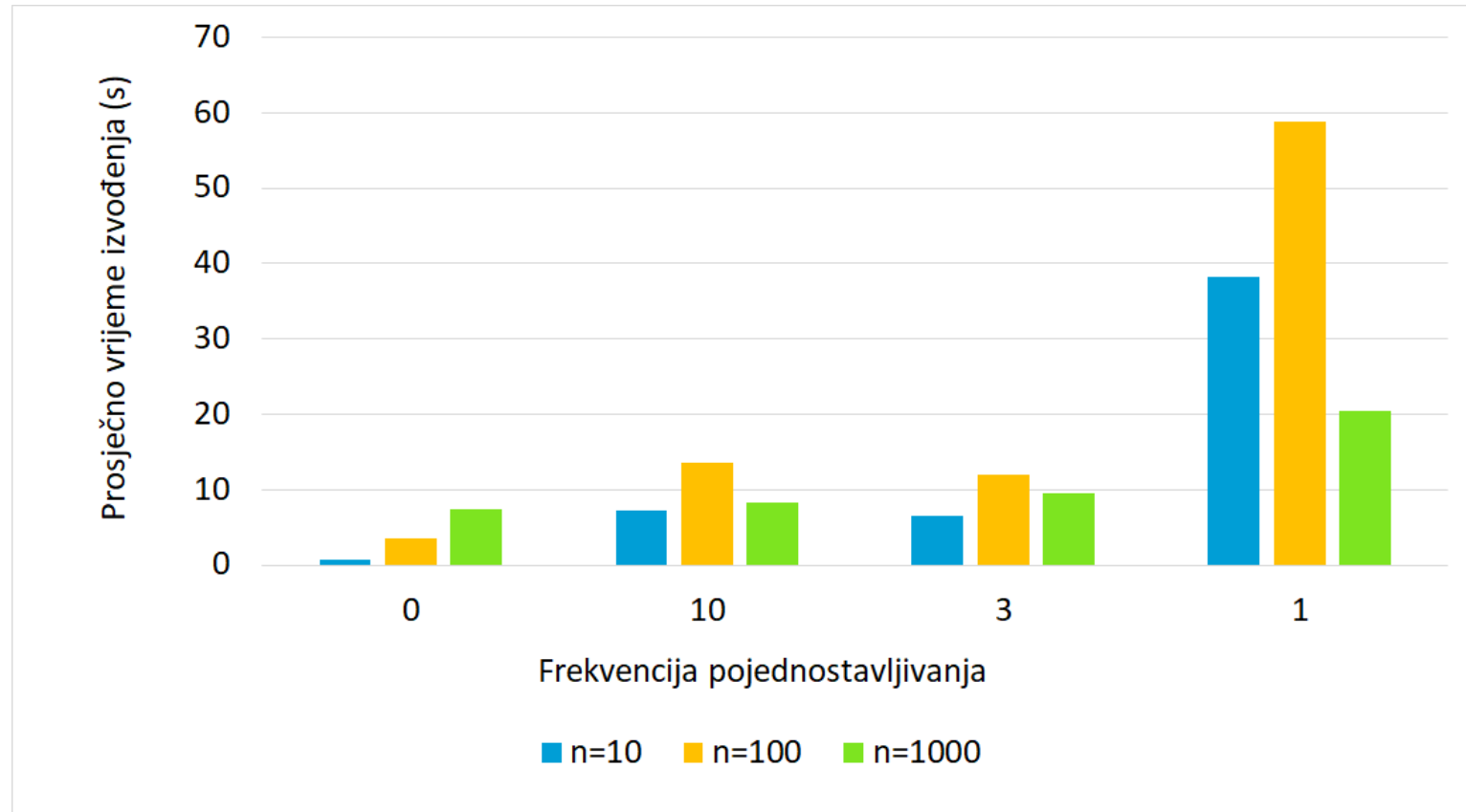
- Statičko i dinamičko pojednostavljivanje
- Cilj:

parameters.txt

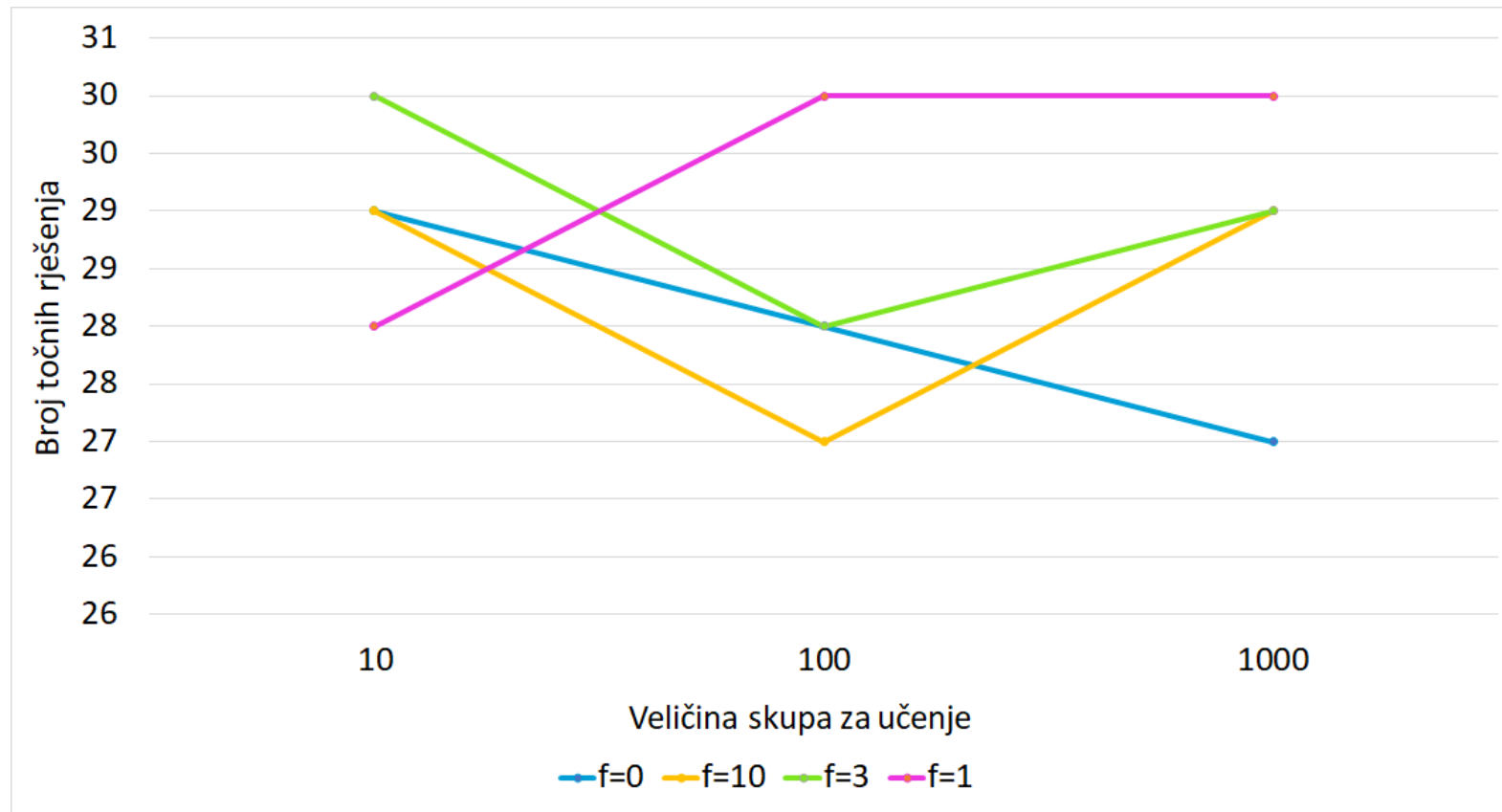
```
...  
<Entry key="simplifier.rulespath">rules.txt</Entry>  
<Entry key="simplifier.frequency">10</Entry>  
...
```



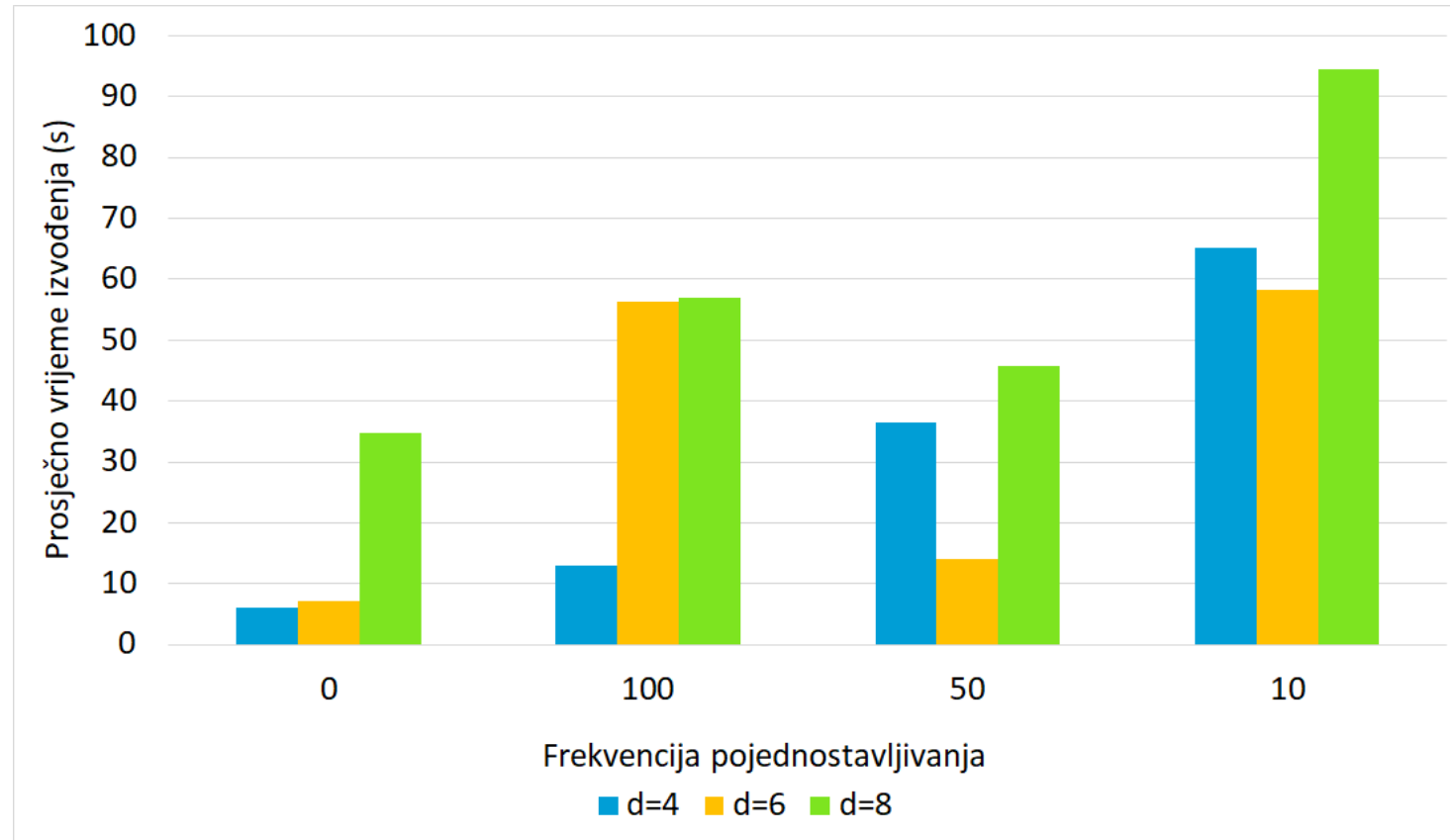
REZULTATI: $\sin(x) + x$



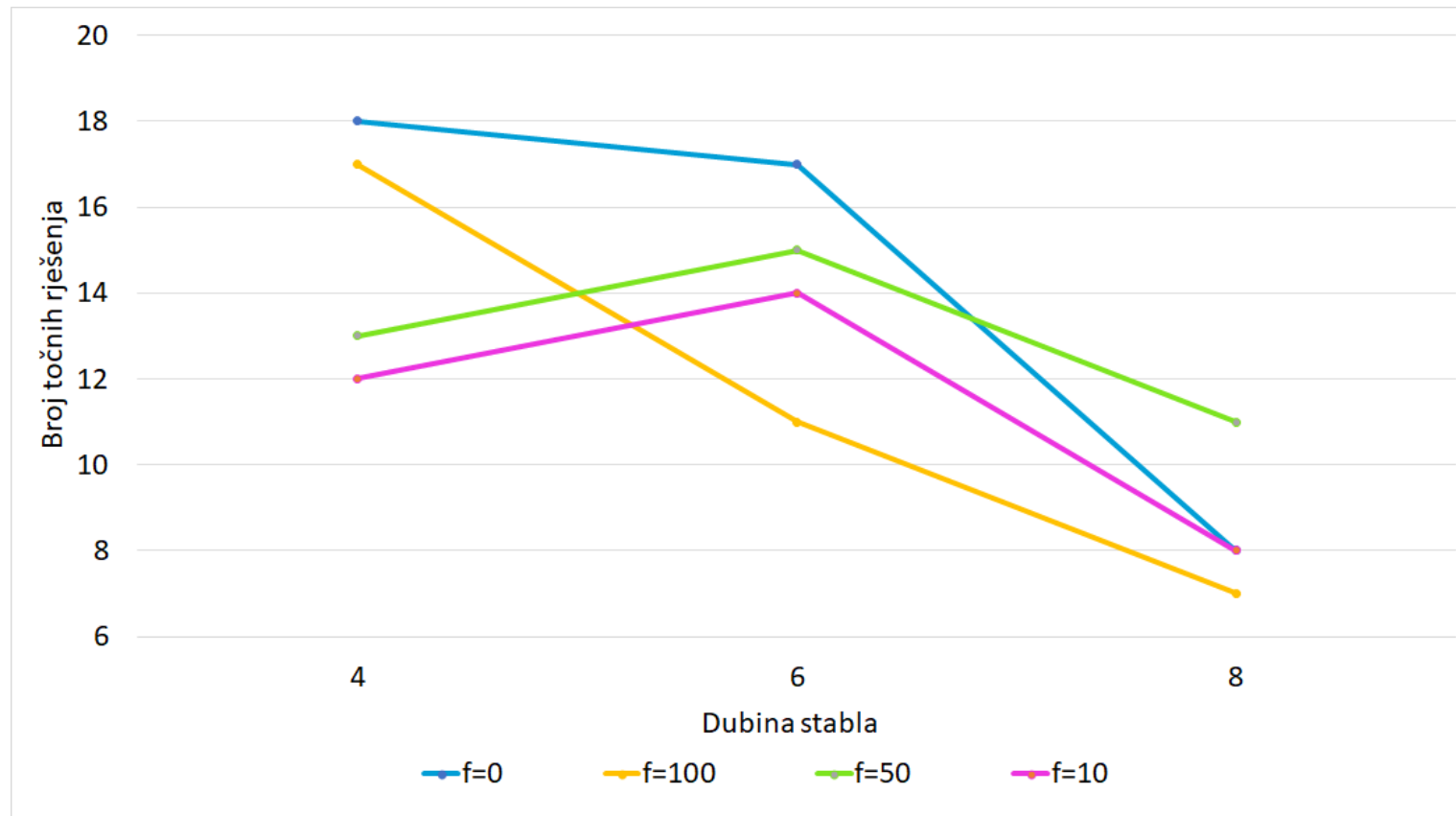
REZULTATI: $\sin(x) + x$



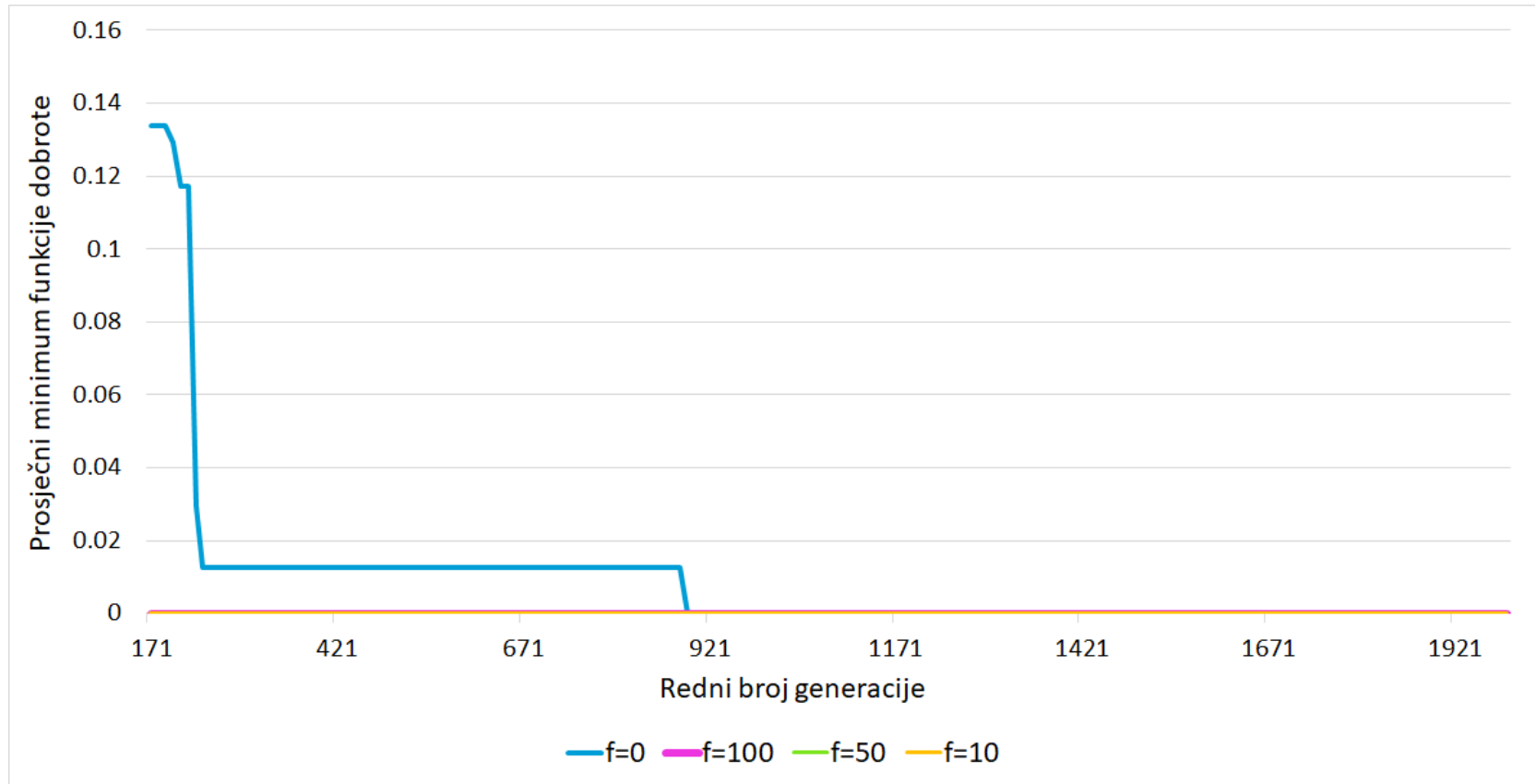
REZULTATI: $\sin(x) + 2x^2$



REZULTATI: $\sin(x) + 2x^2$

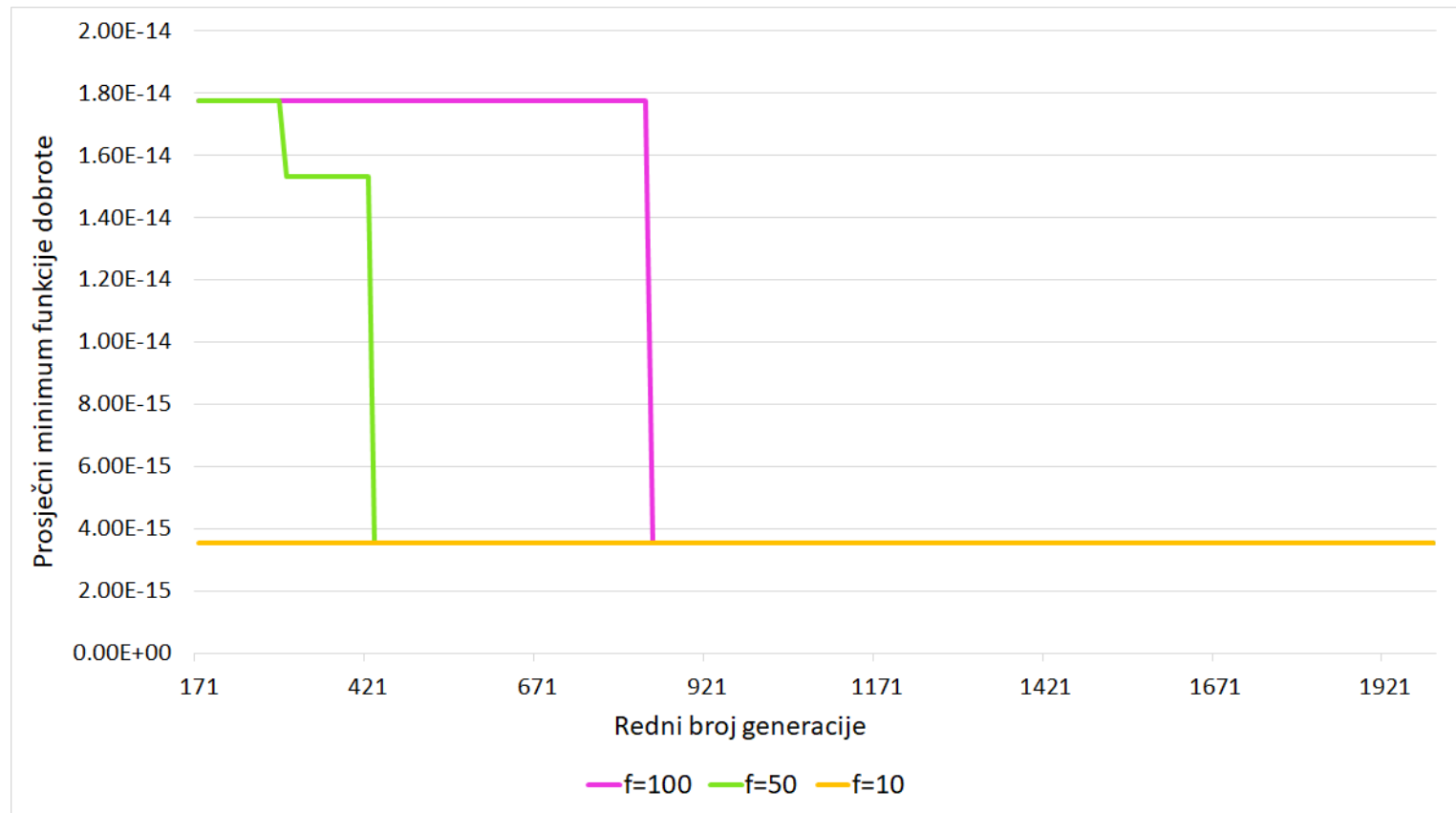


REZULTATI: $\sin(x) + 2x^2$



$d = 4$

REZULTATI: $\sin(x) + x$



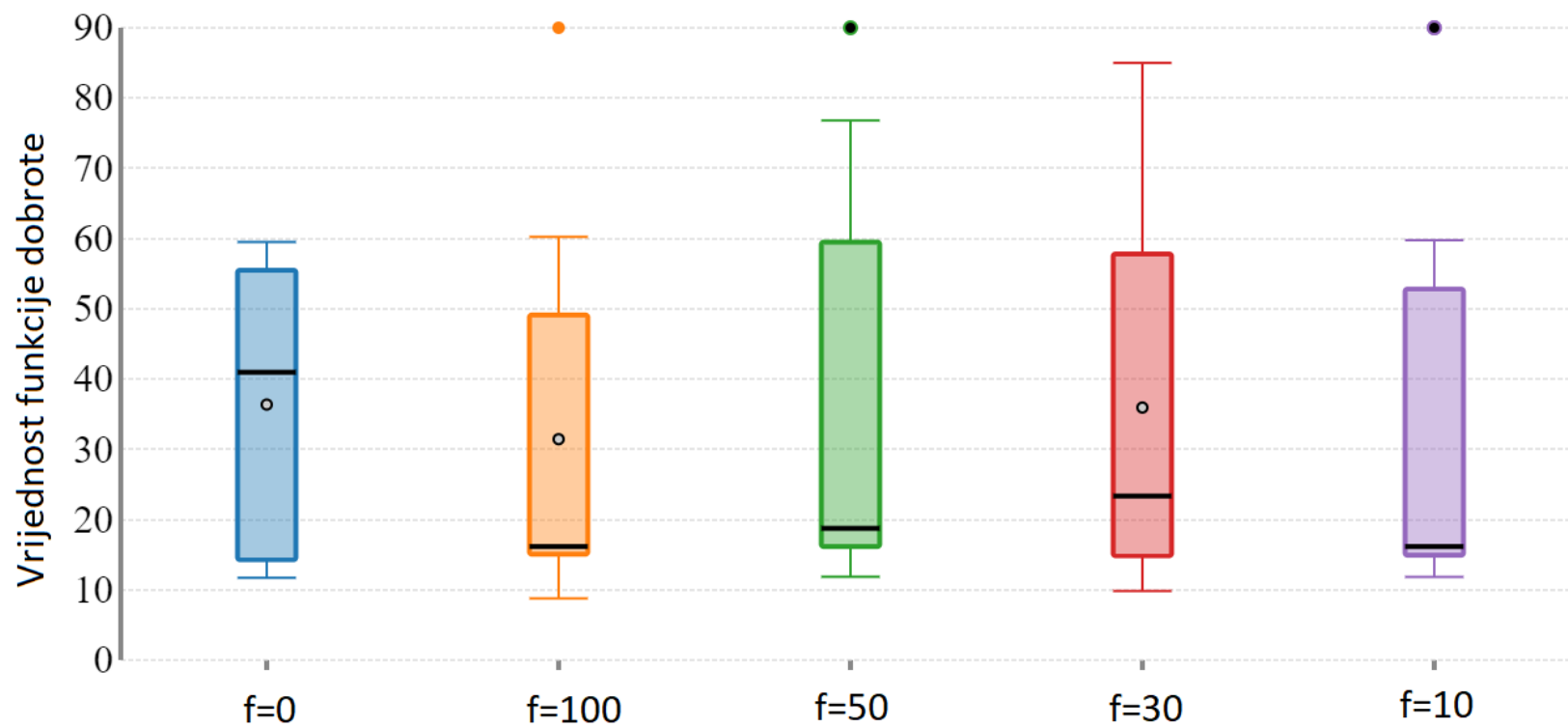
$d = 4$

REZULTATI: $0.5x^2 + 4x + 1$

Frekvencija	d=4	d=7
0	15	6
10	12	0

Broj ponavljanja = 20

REZULTATI: $x * y + \sin((x - 1) * (y - 1))$



REZULTATI: $x * y + \sin((x - 1) * (y - 1))$

	f=0	f=10	f=30	f=50	f=100
Prosječna veličina stabla prije pojednostavljivanja	39.85	41.9	40.9	31.35	43.6
Prosječna veličina stabla nakon pojednostavljivanja	32.55	40.85	40.4	28.75	40.75
Broj pojednostavljenih rješenja	18/20	7/20	4/20	12/20	8/20

Statičko pojednostavljivanje

REZULTATI: problem raspoređivanja

	f=0	f=30
Prosječna ocjena dobrote najboljeg rješenja	151.6304	151.6768
Prosječno vrijeme izvođenja (s)	1989.2	1677.4
Prosječna veličina stabla najboljeg rješenja	87.6	59.8
Prosječna veličina stabla nakon statičkog pojednostavljivanja	76.4	59.8
Broj statički pojednostavljenih rješenja	5/5	0/5

REZULTATI: problem raspoređivanja

	f=0	f=10	f=30
Prosječna ocjena dobrote najboljeg rješenja	15.82	16.08	16.09
Prosječno vrijeme izvođenja	2524.2	2451.1	2407.5
Prosječna veličina stabla najboljeg rješenja	50.4	51.5	50.5

ZAKLJUČAK

- Jednostavni primjeri → dinamičko pojednostavljivanje je višestruko produljilo vrijeme izvođenja
- Vremenski zahtjevniji problemi čije trajanje najviše ovisi o broju čvorova stabla → moguće ubrzanje
- Statičko pojednostavljivanje → bolje upoznavanje s problemom, optimizacija parametara učenja, stavljanje novih pravila
- Problemi s pogađanjem konstanti → problem redukcije konstanti