

# Biologicky motivované výpočtové modely

Michal Kováč

FMFI UK

24.6.2013

- 1 Prehľad problematiky
  - Prehľad modelov
  - P systémy
  - Varianty
  
- 2 Plány na dizertačnú prácu
  - Aktuálne riešené problémy
  - Ďalšie plány

# Biologicky motivované výpočtové modely

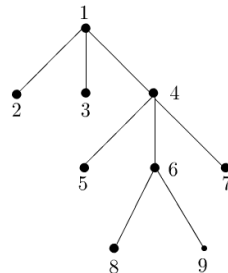
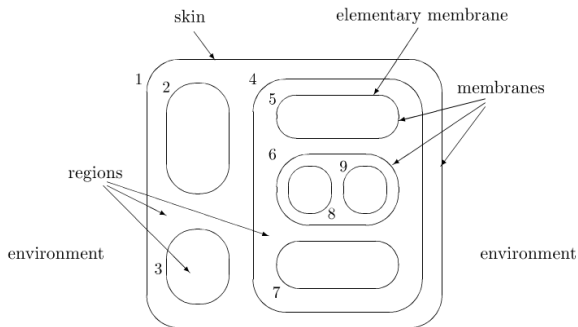
Modely vznikajú s dvoma účelmi:

- simulácia biologických javov
- zdokonalenie informatických riešení

# Biologicky motivované výpočtové modely

- Neurónové siete (od 1943)
- Celulárne automaty (od 1948)
- Evolučné algoritmy (od 1954)
- L systémy (od 1968)
- P systémy (od 1998) [Păun, 1998]
- ...

# Membránová štruktúra



# Obsah membrány

- multimnožina objektov
  - $a \mid b \mid b$
- prepisovacie pravidlá
  - $a \mid b \mid b \rightarrow a \mid a_{out} \mid b_{in_6}$
  - $b \rightarrow a \mid \delta$

# P systém

P systém definujeme ako

$\Pi = (V, \mu, w_1, w_2, \dots, w_m, R_1, R_2, \dots, R_m)$ , kde:

- $V$  je abeceda objektov
- $\mu$  je membránová štruktúra
- $w_1, w_2, \dots, w_m$  sú počiatočné multimnožiny v membránach  $1 \dots m$ ,  $w_i \subseteq \mathbb{N}^V$
- $R_1, R_2, \dots, R_m$  sú množiny prepisovacích pravidiel v membránach  $1 \dots m$ , pričom

$$R_i \subseteq (\mathbb{N}^V \setminus 0^V) \times \mathbb{N}^{V \times (\{here, out\} \cup \{in_1, \dots, in_m\})}$$

.

# Konfigurácia a krok výpočtu

- konfigurácia = membránová štruktúra + obsahy membrán
- krok výpočtu: maximálny paralelizmus



# Konfigurácia a krok výpočtu

- konfigurácia = membránová štruktúra + obsahy membrán
- krok výpočtu: maximálny paralelizmus

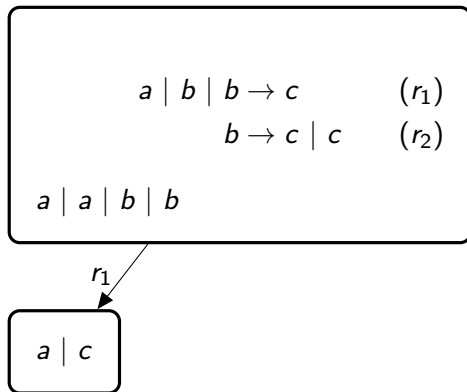
$$a \mid b \mid b \rightarrow c \quad (r_1)$$

$$b \rightarrow c \mid c \quad (r_2)$$

$$a \mid a \mid b \mid b$$

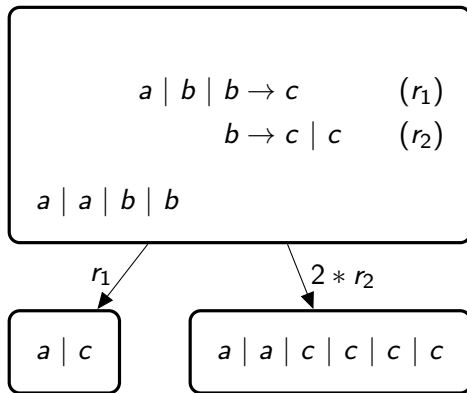
# Konfigurácia a krok výpočtu

- konfigurácia = membránová štruktúra + obsahy membrán
- krok výpočtu: maximálny paralelizmus



# Konfigurácia a krok výpočtu

- konfigurácia = membránová štruktúra + obsahy membrán
- krok výpočtu: maximálny paralelizmus



# Jazyk

- výsledok výpočtu je multimnožina objektov, ktorá:
  - počas výpočtu prešla cez vonkajšiu membránu
  - na konci ostane v špecifickej membráne
- generatívny vs akceptačný mód
- Parikhovo zobrazenie: PsRE

# Varianty objektov

- worm objects [Maté et al., 2002]
  - namiesto multimnožín objektov sú v membránach multimnožiny stringov ( $\mathbb{N}^{V^*}$ )
  - inšpirované DNA

# Varianty pravidiel

- kontextové (PsRE)
- kooperatívne (PsRE)
- katalytické
  - s 2 katalyzátormi (PsRE) [Freund et al., 2005]
  - s 1 katalyzátorom (otvorený problem)
  - s 1 katalyzátorom a inhibítormi (PsRE)  
[Ionescu and Sburlan, 2004]
- bezkontextové (PsCF) [Sburlan, 2005]
- bezkontextové s inhibítormi (PsETOL)  
[Ionescu and Sburlan, 2004]

# Varianty kroku výpočtu

- maximálny paralelizmus (PsRE)
- maximálny paralelizmus bez priorít (PsRE)  
[Sosík and Freund, 2003]
- sekvenčný (vieme simulovať pomocou VASS,  
[Ibarra et al., 2005])
- sekvenčný s prioritami (TODO)
- asynchrónny (TODO)
- minimálny paralelizmus (PsRE) [Ciobanu et al., 2007]
- n-paralelizmus, max-n-paralelizmus, ...

# Sekvenčné P systémy

- nie sú univerzálne
- na univerzalitu treba:
  - povoliť neobmedzené vytváranie membrán [Ibarra et al., 2005]
  - inhibítory
    - publikuje sa
    - Inhibiting the parallelism in P systems
    - 2nd International Workshop on Hybrid Systems and Biology
  - iné rozšírenia (vacuum, ...)
  - inšpirácie z výsledkov iných formalizmov



# Ďalšie plány

- Preskúmať možnosti kombinovania ďalších variantov P systémov z hľadiska výpočtovej sily
  - priestorové P systémy
  - rozpadajúce sa objekty
  - energie
- Porovnať s inými formalizmami, napríklad Petriho siete / reaction systems / CLS / ...
- Nájsť nové varianty

# Inšpirácie z výsledkov iných formalizmov

- Petriho siete
  - nie sú univerzálne
  - s inhibítormi áno
  - ake iné varianty Petriho sietí ešte nikto nevyskúšal aplikovať v P systémoch?
- CLS (Calculi of Looping Sequences)
  - sekvenčný model, vie simulovať P systémy [Barbuti et al., 2007]
- Reakčné (alebo reaktívne?) systémy

# Nové varianty

Besozzi [Besozzi, 2004]: Dobrý variant by mal byť:

- realistický
- univerzálny
- iredundantný

# Literatúra I



Barbuti, R., Milazzo, P., and Troina, A. (2007).

The calculus of looping sequences for modeling biological membranes.

*In 8th Workshop on Membrane Computing (WMC8), LNCS 4860, pages 54–76. Springer.*



Besozzi, D. (2004).

*Computational and modelling power of P systems.*

PhD thesis, Universita' degli Studi di Milano, Milano, Italy.



Ciobanu, G., Pan, L., Pun, G., and Pérez-Jiménez, M. J. (2007).

P systems with minimal parallelism.

*Theor. Comput. Sci.*, 378(1):117–130.

# Literatúra II



Freund, R., Kari, L., Oswald, M., and Sosík, P. (2005).  
Computationally universal p systems without priorities: two  
catalysts are sufficient.

*Theoretical Computer Science*, 330(2):251 – 266.

Descriptive Complexity of Formal Systems.



Ibarra, O. H., Woodworth, S., Yen, H.-C., and Dang, Z.  
(2005).

On sequential and 1-deterministic p systems.

In *Proceedings of the 11th annual international conference on  
Computing and Combinatorics*, COCOON'05, pages 905–914,  
Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.

## Literatúra III



Ionescu, M. and Sburlan, D. (2004).

On p systems with promoters/inhibitors.

*Journal of Universal Computer Science*, 10(5):581–599.



Maté, J. L., Rodríguez-Patón, A., and Silva, A. (2002).

On the power of p systems with dna-worm-objects.

*Fundam. Inf.*, 49(1):229–239.



Păun, G. (1998).

Computing with membranes.

Technical Report 208, Turku Center for Computer  
Science-TUCS.

([www.tucs.fi](http://www.tucs.fi)).

# Literatúra IV



Sburlan, D. (2005).

*Promoting and Inhibiting Contexts in Membrane Computing.*  
PhD thesis, University of Seville.



Sosík, P. and Freund, R. (2003).

P systems without priorities are computationally universal.  
In *Revised Papers from the International Workshop on  
Membrane Computing, WMC-CdeA '02*, pages 400–409,  
London, UK, UK. Springer-Verlag.

Ďakujem za pozornosť