

# Biologicky motivované výpočtové modely

Michal Kováč

FMFI UK

24.6.2013

1 Prehľad modelov

2 P systém

3 Varianty

4 Ďalšie plány

# Biologicky motivované výpočtové modely

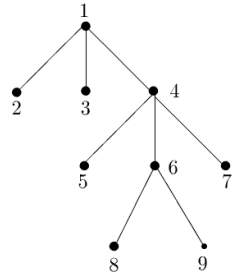
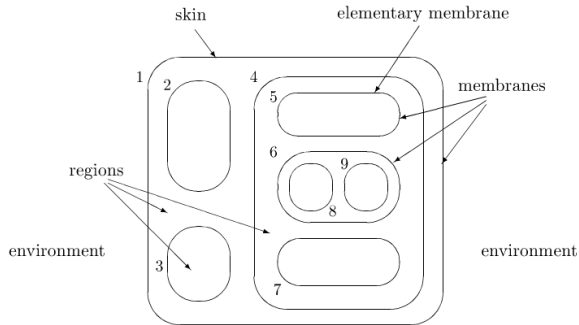
Modely vznikajú s dvoma účelmi:

- 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) [Pău98]
- ...

# Membránová štruktúra



# Obsah membrány

- multimnožina objektov
  - $a \mid b \mid b$
- prepisovacie pravidlá
  - $a \mid b \mid b \rightarrow a \mid a \downarrow \mid a \uparrow \mid b \downarrow_6$
  - $b \rightarrow a \mid \delta$

# 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

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

.

# Konfigurácia a krok výpočtu

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

$$\begin{array}{c} a \mid b \mid b \rightarrow c \\ b \rightarrow c \mid c \\ a \mid a \mid b \mid b \end{array}$$

---



## Konfigurácia a krok výpočtu

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

$$\frac{\frac{a \mid b \mid b \rightarrow c}{b \rightarrow c \mid c} \quad a \mid a \mid b \mid b}{a \mid c} \quad a \mid a \mid c \mid c$$

# Jazyk

- Parikhovo zobrazenie
- generatívny mód
- akceptačný mód

# Varianty obsahu membrány

- worm objects [MRPS02]
  - namiesto multimnožín objektov sú v membránach multimnožiny stringov
  - inšpirované DNA

# Varianty pravidiel

- kontextové (PsRE)
- kooperatívne (PsRE)
- katalytické
  - s 2 katalyzátormi (PsRE) [FKOS05]
  - s 1 katalyzátorom (otvorený problem)
  - s 1 katalyzátorom a inhibítormi (PsRE) [IS04]
- bezkontextové (PsCF) [Sbu]
- bezkontextové s inhibítormi (PsET0L) [IS04]

## Varianty kroku výpočtu

- maximálny paralelizmus (PsRE)
- maximálny paralelizmus bez priorít (PsRE) [SF03]
- sekvenčný (vieme simulovať pomocou VASS, [IWYD05])
- sekvenčný s prioritami (TODO)
- asynchrónny (TODO)
- minimálny paralelizmus (PsRE) [CPPPJ07]
- n-paralelizmus, max-n-paralelizmus, ...

# Sekvenčné P systémy

- nie sú univerzálne
- na univerzalitu treba:
  - povoliť neobmedzené vytváranie membrán [IWYD05]
  - 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

# Iné varianty

- priestorové P systémy
- rozpadajúce sa objekty
- energie

## Ďalšie plány

- Preskúmať možnosti kombinovania ďalších variantov P systémov z hľadiska výpočtovej sily
- 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 [BMT07]
- Reakčné (alebo reaktívne?) systémy

# Nové varianty

Besozzi [Bes04]: Dobrý variant by mal byť:

- realistický
- univerzálny
- iredundantný

# Literatúra I



Daniela Besozzi.

*Computational and modelling power of P systems.*

PhD thesis, Università degli Studi di Milano, Milano, Italy, 2004.



Roberto Barbuti, Paolo Milazzo, and Angelo Troina.

The calculus of looping sequences for modeling biological membranes.

In *8th Workshop on Membrane Computing (WMC8), LNCS 4860*, pages 54–76. Springer, 2007.

## Literatúra II



Gabriel Ciobanu, Linqiang Pan, Gheorghe Pun, and Mario J. Pérez-Jiménez.

P systems with minimal parallelism.

*Theor. Comput. Sci.*, 378(1):117–130, June 2007.



Rudolf Freund, Lila Kari, Marion Oswald, and Petr Sosík.

Computationally universal p systems without priorities: two catalysts are sufficient.

*Theoretical Computer Science*, 330(2):251 – 266, 2005.

Descriptive Complexity of Formal Systems.

## Literatúra III



Mihai Ionescu and Dragos Sburlan.

On p systems with promoters/inhibitors.

*Journal of Universal Computer Science*, 10(5):581–599, may 2004.



Oscar H. Ibarra, Sara Woodworth, Hsu-Chun Yen, and Zhe Dang.

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, 2005. Springer-Verlag.

## Literatúra IV



José L. Maté, A. Rodríguez-Patón, and Andrés Silva.  
On the power of p systems with dna-worm-objects.  
*Fundam. Inf.*, 49(1):229–239, 2002.



Gheorghe Păun.  
Computing with membranes.  
Technical Report 208, Turku Center for Computer  
Science-TUCS, 1998.  
([www.tucs.fi](http://www.tucs.fi)).



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

# Literatúra V



Petr Sosík and Rudolf Freund.

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, 2003. Springer-Verlag.*

Ďakujem za pozornosť