

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Biologicky motivované výpočtové modely

Michal Kučička

mku@un.sk

24.6.2013

Vážená komisia, . . . , chcel by som vám prezentovať moje pokroky v dizertačnej práci.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Outline

Prezentáciu začnem prehľadom existujúcich modelov, ktoré sú inšpirované biológiou. Potom budem hovoriť o P systémoch, pretože im som sa najviac venoval. Existuje množstvo variantov, o ktorých niečo poviem v ďalšej časti. Prezentáciu zavŕším predstretím plánov na dizertačnú prácu.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

Prehľad modelov

Biologicky motivované výpočtové modely

Biologicky motivované výpočtové modely

Modely vznikajú v dvoch oblastiach

- modelácia biologických javov
- abstraktné informatické modely

Tieto modely majú dvojaké uplatnenie. Jednak v rámci biológie môžu slúžiť ako reálne modely správania sa živých systémov, na ktorých si možnosťami simulácie či verifikácie môžeme overovať správnosť nášho chápania ich biologickej činnosti, robiť virtuálne biologické experimenty. Na druhej strane môžu slúžiť ako nové inšpiratívne výpočtové modely otvárajúce rad teoretických informatických otázok (napr. výpočtová sila) alebo ako modely na popis aj iných ako biologických systémov.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

Prehľad modelov

Biologicky motivované výpočtové modely

Biologicky motivované výpočtové modely

- Neuronálne siete (od 1943)
- Celulárne automaty (od 1943)
- Evolučné algoritmy (od 1942)
- L. systémy (od 1962)
- P systémy (od 1962) [2]
- Calculi of Living Systems (od 2007)
- Reaction systems (od 2007)

Dlho skúmané modely ako neurónové siete, celulárne automaty, evolučné algoritmy, či L systémy, si už našli svoje uplatnenie v praxi, kým membránové systémy sú ešte len v začiatkoch svojho vývoja.

2013-06-23


Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

P systémy

Membránová štruktúra

Membránová štruktúra



Membránové systémy sú inšpirované bunkami. Základom je preto membránová štruktúra, ktorá pozostáva z regiónov, ktoré sú oddelené membránami. Tvoriť to hierarchickú štruktúru, ktorá sa dá zobraziť ako strom.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

P systémy

Obsah membrány

Obsah membrány

- Multimnožina objektov
 - $a \in A \mid B$
- Pravidelné pravidlá
 - $a \in A \mid B \Rightarrow a \in A' \mid B'$
 - $a \in B \Rightarrow a \in B'$

V každej membráne je multimnožina objektov. Objekty predstavujú molekuly, alebo chemické zlúčeniny. Každá membrána má aj množinu prepisovacích pravidiel. Ľavá aj pravá strana pravidiel pozostáva z multimnožiny objektov, pričom ľavá strana nesmie byť prázdna. Posielanie objektov cez membránu sa uskutočňuje tak, že na pravej strane môžu mať objekty špecifikované, či ostanú v aktuálnom regióne, alebo sa pošlú cez membránu von, alebo dnu cez konkrétnu membránu. Pravidlo môže obsahovať špeciálny symbol delta. Po aplikácii takéhoto pravidla sa membrána rozpustí, jej pravidlá zaniknú, a objekty a prípadne membrány sa z vnútra vylejú von.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

P systémy

P systém

P systém

P systém definujeme ako:

$$(P, \{V, \mu, w_1, \dots, w_n, R_1, R_2, \dots, R_n\}, \delta)$$

- P je abeceda objektov
- μ je membránová štruktúra
- w_1, w_2, \dots, w_n sú počiatočné multimnožiny v membránach
- R_1, R_2, \dots, R_n sú množiny prepisovacích pravidiel v membránach
- δ je príkaz

$$R_i \subseteq (2^P)^+ \times (2^P)^+ \times (0, \infty) \times \{in, out\}$$

P systém sa definuje ako konštrukt pozostávajúci z abecedy objektov, membránovej štruktúry, počiatočnej multimnožiny objektov a prepisovacích pravidiel

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

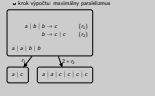
Prehľad problematiky

P systémy

Konfigurácia a krok výpočtu

Konfigurácia a krok výpočtu

- Konfigurácia = membránová štruktúra + abeceda membrán
- krok aplikácie, množina pravidiel



Konfigurácia P systému v sebe zahŕňa membránovú štruktúru a obsah jednotlivých membrán. P systém má globálny časovač, v každom kroku, každá membrána aplikuje maximálnu multimnožinu pravidiel. V tomto príklade máme dve jednoduché pravidlá a multimnožinu aabb. Ak sa použije prvé pravidlo, žiadne ďalšie sa už v tomto kroku použiť nemôže, preto je to maximálna multimnožina. Ak sa použije druhé pravidlo, musí sa použiť dvakrát, aby to bola maximálna multimnožina. V tomto príklade sú teda dve maximálne multimnožiny pravidiel. O ďalšej konfigurácii sa rozhodne nedeterministicky.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Plány na dizertačnú prácu

Ďalšie plány

Ďalšie plány

Ďalšie plány

Preskúmať možnosti kombinovania ďalších variantov P systému z hľadiska výpočtovej sily

• modelovanie so sieťami

• stringy

• antiport / antipart

• priestorové P systémy

Medzi ďalšie plány patrí preskúmanie, ako pomôže kombinovanie s ďalšími variantami z hľadiska výpočtovej sily. Zaujímavé rozšírenia sú napríklad rozpadajúce sa objekty, kde má každý objekt určený čas rozpadu, a po danom počte krokov objekt zanikne. Takisto inšpiratívne ja aj použitie energií. Každá reakcia spotrebuje nejakú energiu a po odpálení sa nejaká energia môže naspäť uvoľniť. Pri symport / antiport pravidlách komunikácia medzi membránami je vždy párova, pričom vždy idú dva objekty buď súbežne, alebo oproti sebe. Priestorové P systémy zavádzajú pre objekty pozíciu v priestore. Variantov je veľké množstvo, no stále sa oplatí hľadať aj nové.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Plány na dizertačnú prácu

Ďalšie plány

Nové varianty

Nové varianty

• Najprv nové varianty

• Priestor [1] - Change variant by real part

• unidirectional

• unidirectional

Zaujímavú definíciu dobrého variantu uvádza Besozzi vo svojej PhD práci. Mal by byť dostatočne realistický, vychádzať z reálnych pozorovaní biologických javov. Mal by byť dostatočne silný z výpočtového hľadiska, ideálne univerzálny. A mal by byť iredundantný, čiže definícia by mala byť dostatočne jednoduchá, nemala by obsahovať nič navyše.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Plány na dizertačnú prácu

Ďalšie plány

Inšpirácie z výsledkov iných formalizmov

Inšpirácie z výsledkov iných formalizmov

• Petriho siete

• sieť so univerzálou

• inhibičné sieťi

• sieť modifikácií Petriho sietí

• CLS (Calculus of Learning Systems)

• alternatívny model, nie simulácia P systému [1]

• reaction systems [Barendse, 2015]

Ďalšie plány zahŕňajú aj porovnanie s výsledkami iných formalizmov napríklad Petriho sietí, reaction systems, či CLS. Petriho siete nie sú univerzálne, no niektoré rozšírenia, napríklad s inhibítormi sú. Chcel by som preskúmať aj iné rozšírenia Petriho sietí, ktoré ešte nikto nevyskúšal aplikovať v P systémoch. Petriho siete sú oveľa viac preskúmané ako P systémy, takže sa oplatí nimi inšpirovať. Zaujímavý formalizmus je CLS, ktorý je sekvenčný, ale napriek tomu vie simulovať max. paralelné P systémy. Výhodou je, že pracuje so stringami. Článok písali Barbuti a Milazzo, ktorý je mojím oponentom. Okrem Petriho sietí som dostal odporúčanie pozrieť sa aj na formalizmus Reaction Systems. Zaoberá sa interakciami medzi reakciami, ktoré sa môžu navzájom ovplyvňovať - inhibovať alebo posilňovať.