

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Biologicky motivované výpočtové modely

Michal Kušil

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 zavším predostretím 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

• modely 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

• Neurónové siete (od 1943)

• Celulárne automaty (od 1949)

• Evolučné algoritmy (od 1960)

• L systémy (od 1962)

• P systémy (od 1968) [P]

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. Tvorí 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

$x, y \in B$

$x, y \in B$

• Pravidlá prepisovania

$x, y \in B \Rightarrow x \rightarrow y \mid \text{obs}$

$x, y \in B \Rightarrow x \rightarrow y \mid \text{obs}$

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:

$(P, \{V, \mu, \nu, \omega, \dots\}, \{R_1, R_2, \dots, R_n\})$ kde

V je abeceda objektov

μ, ν je membránová štruktúra

ω, ν, \dots sú početné multimnožiny v membránach

R_1, R_2, \dots, R_n sú množiny prepisovacích pravidiel v membránach

μ, ν je príjem

$R_i \subseteq (V^* \times V^*) \times (V^* \times (V^* \times \{in, out\}))$

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 výpočtu = množina pravidiel

$x, y \in B \Rightarrow x \rightarrow y \mid \text{obs}$

$x, y \in B \Rightarrow x \rightarrow y \mid \text{obs}$

$x, y \in B$

$x, y \in B$

$x, y \in B$

$x, y \in B$

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

- Přehled problematik
 - P systémy
 - Jazyk
 - výpočetní aparát je matematickým zápisem, není
 - jazyk zápisu patří časově složitosti $O(n^3)$
 - na úrovni zápisu je specifické nastavení
 - gramatika je abstraktní model
 - překladač interpretuje "překl"

Ak je postupnosť krokov výpočtu konečná, výpočet je úspešný a výsledok výpočtu je multimnožina objektov, ktorá prešla cez vonkajšiu membránu. Podobne by sa dal definovať aj ako multimnožina objektov, ktorá ostane v špecifickej membráne. V akceptačnom móde sa do špecifickej membrány vloží multimnožina objektov, pričom ostatné membrány sú prázdne. Ak výpočet zastaví, pôvodná multimnožina patrí do jazyka, inak nepatrí.

Pre väčšinu známych modelov sú generatívny aj akceptačný mód rovnako silné, u P systémoch to nie je vždy tak, preto sa oplatí skúmať obidva módy.

Všetky možné úspešné výpočty definujú jazyk nad multimnožinami. Z hľadiska výpočtovej sily sa triedy týchto jazykov porovnávajú s Parikhovým zobrazením známych tried jazykov. P systémom zodpovedá trieda jazykov PsRE, čo je

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Prehľad problematiky
 - └ Varianty
 - └ Varianty pravidiel
 - Inertizácia (INER) [5]
 - Inerpcia (INER) [5]
 - Inerpcia
 - 2.2 Inerpcia (INER) [5]
 - 2.1 Inerpcia (INER) (INER) [5]
 - 2.1 Inerpcia (INER) (INER) [5]
 - Inerpcia (INER) [5]
 - Inerpcia (INER) (INER) [5]

Pôvodná definícia definovala kontextové pravidlá. Ak by sme ľavú stranu obmedzili, že v nej môžu byť maximálne 2 objekty, sú to kooperatívne pravidlá. O nich Paun v pôvodnom článku ukázal, že sú tiež univerzálne.

Katalyzátory sa definujú ako podmnožina objektov. Keď sa katalyzátor nachádza na ľavej strane pravidla, musí sa aj na pravej strane. OKrem katalyzátorov sa na ľavej strane nachádza práve jeden objekt, ktorý nie je katalyzátor. Sériu článkov skúmala, koľko minimálne katalyzátorov treba na univerzálnosť. Až v roku 2005 Freund ukázal, že stačia 2 a nastolil otvorený problém, ako je to s 1 katalyzátorom. Jediné, na čo sa prišlo, je, že keď sa použijú navyše inhibítory, tak je to univerzálne.

Bezkontextové pravidlá majú na ľavej strane práve jeden objekt.

Výpočtová sila zodpovedá bezkontextovým jazykom. A veľmi ani inhibítory nepomôžu, bude to zodpovedať len špeciálnej triede L

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

- Plány na dizertačnú prácu
 - Aktuálne riešené problémy
 - Aktuálne riešené problémy

Aktuálne riešené problémy

- Maximalizácia parazitizácie je silnejšia ako fitness.
- Ako sa dá rozšíriť sekvenčný model?
- Na univerzitnej úrovni
 - prerokovať a prezentovať [7]
 - prerokovať a prezentovať sekvenčnú modeláciu [7]
 - získavať [7] referencie
 - na konferenciách (parazitizácia i štatistika, prírodných vied, biológia)
 - referencie v cykloch týchto formátov

Maximálny paralelizmus je veľmi silná featurea. Globálny časovač reakcií vo väčšine prípadov tvorí hranicu toho, čo je, a čo nie je univerálne. Ani v bunke sa nenachádza taký časovač, podľa ktorého by sa reakcie synchronizovali. Preto sa hľadajú spôsoby, ako túto featureu odľahčiť, prípadne, akými spôsobmi by sa dal rozšíriť sekvenčný móď, aby bol univerzálny.

Týmto problémom sa v poslednej dobe venujem aj ja.

Ukázalo sa, že existujú spôsoby, ako rozšíriť sekvenčný mód, aby sa stal univerzálnym. Napríklad pravidiel s prioritami, či s vytváraním nových membrán, pričom sa akákoľvek ohraničenie na počet vytvorených membrán nestačí, treba neobmedzené množstvo. Môj výsledok je, že použitie inhibítorov v sekvenčných P systémoch nám tiež zaručí univerzalitu. Článok bol zaslaný na konferenciu, obsahuje dôkaz pomocou simulácie maximálne paralelného P systému.

```

graph TD
    A[Biologicky motivované výpočtové modely] --> B[Plány na dizertačnú prácu]
    A --> C[Ďalšie plány]
    B --> D[Inšpirácie z výsledkov iných formalizmov]
    C --> D
    C --> E[Inšpirácie z výsledkov iných formalizmov]
  
```

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Prehľad problematiky
 - └ Varianty
 - └ Varianty objektov

Varianty objektov

- variant objektov [5]
- aplikácie: multimedialné objekty (st = multimediálna technológia spracovania [10])
- implementácia DDA

Aby sme mohli definovať priamo jazyky nad stringami, Mate navrhoval variant P systems with worm objects. V membránach sú rovno multimnožiny stringov, čo je inšpirované reťazcami DNA. Takto dostal tiež univerzálny model.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

- Prehľad problematiky
 - Varianty
 - Varianty kroku výpočtu

Varianty kroku výpočtu

- ne-metody parabolizácie (PARE)
 - skladový (s pomocou skúsenosti, [1])
 - aplikovaný (skladový + skúsenosti) [2]
 - metódy parabolizácie (PARE) [3]

Podobne existuje množstvo variantov spôsobu aplikácie pravidiel v jednom kroku výpočtu.

Pri sekvenčnom móde sa v každom kroku nedeterministicky vyberie pravidlo, ktoré sa raz aplikuje. Ibarra ukázal, že sekvenčné P systémy sa dajú simulovať pomocou vector addition systems, čiže nie sú univerzálne.

V asynchrónnom móde sa v každom kroku vyberie ľubovoľná

multimnožina pravidiel, ktorá sa aplikuje. Aspoň v jednej membráne táto multimnožina nesmie byť prázdna. Vo väčšine prípadov dáva asynchrónny mód rovnaké výsledky ako sekvenčný.

V minimálnom paralelizme pre každú membránu platí, že ak sa môže použiť aspoň jedno pravidlo, tak sa aspoň jedno musí použiť.

Je to akoby odľahčenie podmienky v maximálnom paralelizme, pričom sa zachováva univerzalita.

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

- Plány na dizertačnú prácu
 - Dalšie plány
 - Dalšie plány

Dalšie plány

- Predstavil metódu transformácie digitálnych vzorov 8 experimentov a kľúčov (spoločnej sily)
 - Generovanie 8 vzorov
 - Vytvorenie na základe
 - Analýza
- Porovnanie 8 vzorov (transformácia, transformácia Perceptrónu siete / reaktívne systémy / CCL / ...)
- Najlepšie výsledky

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Plány na dizertačnú prácu
 - └ Ďalšie plány
 - └ Nové varianty

Nové varianty

- Disease [7]: Disky variant by host type
 - virulence
 - virulence
 - infectability