

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Biologicky motivované výpočtové modely

Michal Kušíř

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) [?]

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

$x, y \in B$

$x, y \in B$

$x, y \in B$

$x, y \in B$

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:

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

V je abeceda objektov

μ, ν je membránová štruktúra

w, w_n sú početné multimnožiny v membránach

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

μ, ν je príjem

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

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

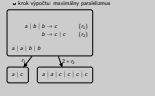
P systémy

Konfigurácia a krok výpočtu

Konfigurácia a krok výpočtu

• Konfigurácia = membránová štruktúra + abeceda membrán

• krok výpočtu = množina pravidiel



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
 - syntaktická úroveň je matematickým zápisem, který
 - je také zápisem problému, který vyžaduje řešení
 - je také zápisem o konkrétním řešení
 - gramatické je abstraktní model
 - řešitelnost úlohy podle Fagin

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

Biologicky motivované výpočtové modely

- └─ Prehľad problematiky
 - └─ Varianty
 - └─ Varianty pravidiel

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. Séria 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 navše inhibitory, 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

```

graph LR
    A[Biologicky motivované výpočtové modely] --> B[Plány na dizertačnú prácu]
    A --> C[Aktuálne riešené problémy]
    A --> D[Sequenčné P systémy]
    B --> C
    C --> D
  
```

Biologicky motivované výpočtové modely

- Plány na dizertačnú prácu
- Aktuálne riešené problémy
- Sequenčné P systémy

- Biologicky motivované výpočtové modely
 - Plány na dizertačnú prácu
 - Aktuálne riešené problémy
 - Sekvenčné P systémy

Biologicky motivované výpočtové modely

- ├── Plány na dizertačnú prácu
 - └── Ďalšie plány
 - └── Inšpirácie z výsledkov iných formalizmov

- Biologicky motivované výpočtové modely
 - Plány na dizertačnú prácu
 - Ďalšie plány
 - Inšpirácie z výsledkov iných formalizmov

2013-06-23

- Biologicky motivované výpočtové modely
 - └─ Přehled problematik
 - └─ Varianty
 - └─ Varianty objektov

Varianty objektov

- varianty objektov [5]
- varianty informálního objektu viz v materiálu "Architektonický diagram (10")
- impozitce [16A]

Aby sme mohli definovať priamo jazyky nad stringami, Mate navrhol 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

Variety kroku výpočtu

- minimálny paralenlismus (PAR1)
- minimálny paralenlismus bez priority (PAR1) [5]
- minimálny (maximálny) minimálny paralenlismus (PAR1, P2)
- minimálny a paralenlismus (PAR1) [5]
- maximálny (minimálny - alternatívny) [5]
- minimálny paralenlismus (PAR1) [5]

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

Pre maximálnom paralelizme je jedno, či máme pravidlá s prioritami, alebo nie.

TODO: možno chcem dať do povodnej definície priority
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. Tiež ukázal, že s prioritami to už je 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.

[illegible]

- Biologicky motivované výpočtové modely
 - └ Plány na dizertačnú prácu
 - └ Ďalšie plány
 - └ Ďalšie plány

2013-06-23

Biologicky motivované výpočtové modely

- Plány na dizertačnú prácu
 - Ďalšie plány
 - Nové varianty

Nové varianty

- Revised [2]. Diskrétny variant by mal byť
 - reduktívny
 - unimodálny
 - indukčný

- Biologicky motivované výpočty
 - Plány na dizertačnú prácu
 - Ďalšie plány
 - Nové varianty