

2018-01-03

Biologicky motivované výpočtové modely

Biologicky motivované výpočtové modely

Mgr. Michal Kováč

Univerzita Pavla Jozefa Šafárika, Bratislava

17.1.2018

Vážení prítomní, volám sa Michal Kováč a chcel by som vám prezentovať výsledky mojej dizertačnej práce s názvom Biologicky motivované výpočtové modely.

2018-01-03

Biologicky motivované výpočtové modely

V úvode prezentácie vám predstavím rôzne výpočtové modely motivované biológiou. Najviac sme sa venovali P systémom, preto budem pokračovať formálnou definíciou a prehľadom rôznych variantov P systémov.

V druhej časti predstavím 4 témy nášho výskumu, z čoho 3 články boli publikované. V našej práci sme skúmali viaceré varianty P systémov a to konkrétne Sekvenčné P systémy s inhibítormi, Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami, Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín, z čoho všetky spomenuté témy boli publikované. Dalším variantom P systémov, ktorým sme sa zaoberali bola Detekcia prázdnoty membrán.

2018-01-03

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

Prehľad modelov

Biologicky motivované výpočtové modely

Biologicky motivované výpočtové modely majú dvojaké uplatnenie. Jednak v rámci biológie môžu slúžiť ako reálne modely správania sa živých systémov, na ktorých môžeme robiť rôzne virtuálne biologické experimenty, prípadne verifikovať správnosť nášho chápania ich biologickej činnosti.

Na druhej strane môžu slúžiť ako modely na popis aj iných ako biologických systémov, čo otvára rad teoretických informatických otázok, napr. výpočtová sila alebo analýza behaviorálnych vlastností.

2018-01-03

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

Prehľad modelov

Biologicky motivované výpočtové modely

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

2018-01-03

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

P systémy

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 aj ako strom.

NEXT SLIDE

Obsahom regionov je multimnožina objektov, ktoré v realite predstavujú napr. molekuly, vírusy, enzýmy alebo proteíny.

NEXT SLIDE

Objekty medzi sebou môžu interagovať. Táto interakcia je definovaná prepisovacími pravidlami.

2018-01-03

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

P systémy

Prepisovacie pravidlá

Prepisovacie pravidlá majú ľavú a pravú stranu. Na ľavej strane sú reaktanty, čo je multimnožina objektov.

NEXT SLIDE

Na pravej strane sú produkty, čo je multimnožina objektov, pričom pre každý objekt sa definuje, či ostáva v aktuálnom regióne, alebo ide cez membránu do vonkajšieho regionu alebo cez membránu s daný označením do vnútorného regionu.

Delta je špeciálny symbol, ktorý nepatrí abecede, ktorý keď je prítomný, tak po aplikovaní pravidla sa rozpustí membrána, v ktorej sa pravidlo aplikovalo a obsah membrány sa vyleje von.

Pravidlo je aplikovateľné v danom regióne, ak sú reaktanty obsiahnuté v multimnožine objektov, ktorá sa aktuálne nachádza v danom regióne.

2018-01-03

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

P systémy

Varianty pravidiel

Literatúra spomína rôzne spôsoby definovania prepisovacieho pravidla. Pôvodná definícia, ktorú uvádza Paun, používa kooperatívne pravidlá v znení, ako som uviedol. Takto definované P systémy sú Turingovsky úplné.

NEXT SLIDE

Nekooperatívne pravidlá neumožňujú interakciu medzi objektami, takže na ľavej strane je vždy iba jeden objekt. Takto definované P systémy sú ekvivalentné Parikhovmu zobrazeniu bezkontextových jazykov.

NEXT SLIDE

Pravidlá s inhibítormi umožňujú špecifikovať množinu objektov, inhibítorov, z ktorých ak aspoň jeden je prítomný v regióne, tak dané pravidlo sa nemôže uplatniť. Takto definované P systémy sú ekvivalentné Parikhovmu zobrazeniu triedy jazykov ETOL.

2018-01-03

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

P systémy

Varianty pravidiel

Katalytické pravidlá umožňujú objektom interagovať iba s objektom z množiny katalyzátorov. Dva katalyzátory stačia na Turingovskú úplnosť. Výpočtovú silu P systémov s jedným katalyzátorom nevieme zaradiť, je to otvorený problém. Ak ale umožníme pravidlá s inhibítormi, dosiahneme Turingovskú úplnosť.

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Přehľad problematiky
- └ P systémy
- └ Výpočet a jazyk

- ♦ Krok výpočtu
 - Sekvenční
 - Paralelní
 - Maximálně paralelní
- ♦ Jazyk
 - Generativní mál: postupně od objektů vyjádřujících do okolního prostředí
 - Akceptační mál: daná konfigurace je akceptovaná, až se systém vst. dostal do stavu, kde se už nedá použít žádné pravidlo

Postupné uplatňovanie pravidiel definuje výpočet.
V jednom kroku výpočtu sa uplatní:

- presne jedno pravidlo (sekv. mod)
- aspoň jedno pravidlo (paralelný mod)
- maximálna multimnožina pravidiel

V pôvodnej definícii, ktorú uvádza Paun, sa používa maximálny paralelizmus.

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Přehled problematiky
 - └ P systémy
 - └ Výpočet a jazyk

- ♦ Krok výpočtu
 - Sekvenčný
 - Paralelný
 - Maximálne paralelný
- ♦ Jazyk
 - Generatívny môd: postupnosť objektov vypustených z okolitého prostredia
 - Akceptačný môd: daná konfigurácia je akceptovaná, a sa vytvára viačťak do stavu, kde sa už nedá použiť žiadne pravidlo

P systém definuje jazyk rôznymi spôsobmi. Môže to byť jazyk nad slovami - postupnosťami objektov alebo jazyk nad multimnožinami. V generatívnom mode môžeme zobrať objekty vypustené do prostredia počas výpočtu a túto postupnosť objektov alebo multimnožinu objektov zahrnúť do jazyka. Keďže pre daný P systém vďaka nedeterminizmu existuje viac možných výpočtov, veľkosť definovaného jazyka môže byť aj väčšia ako 1.

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Přehľad problematiky
- └ P systémy
- └ Výpočet a jazyk

- **Kruh výpočtu**
 - Sekvenčný
 - Paralelný
 - Maximálne paralelný
- **Jazyk**
 - Generatívny jazyk: postupnosť objektívne vyjadrených do skutočného prostredia
 - Akceptačný jazyk: daná konfigurácia je akceptovaná, ak sa systém vie dostať do stavu, kde sa už nedá použiť žiadne pravidlo

V akceptačnom mode môžeme pre nejaké zobrazenie slov alebo multimnožín na konfigurácie P systému pre dané slovo spustiť výpočet s konfiguráciou, ktorá je obrazom toho slova podľa daného zobrazenia.

V akceptačnom mode môžeme pre nejaké zobrazenie f slov na konfigurácie P systému pre dané slovo w spustiť výpočet s konfiguráciou $f(w)$.

Ak tento výpočet zastaví, teda sa už nedá použiť žiadne ďalšie pravidlo, dané slovo alebo multimnožinu zahrnieme do jazyka.

- Maximizing parabolas

- Sekvenčný P systémy s kooperatívnymi pravidlami (NR [7])
 - s prioritami (RE [7])
 - s aktivnými monitorami (RE [7])
 - s lokálnymi RDE FTS.

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Skúmané varianty P systémov
 - └ Sekvenčné P systémy s inhibítormi
 - └ Prehľad simulácie pre akceptačný mód

Prehľad simulácie pre akceptačný módo

- Simulácia registrového stroja
- Obsah registra x sa reprezentuje početnosťou objektu x
- Objekt pre každú inštrukciu
- SUB inštrukcia sa simuluje pomocou inhibítora
 - $i : \text{SUB}(x, j, k)$
 - $ix \rightarrow j$
 - $i \rightarrow k$

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Skúmané varianty P systémov
 - └ Sekvenčné P systémy s inhibítormi
 - └ Prehľad simulácie pre generatívny mód

Prehľad simulácie pre generatívny môdel

- Simulácia maximálne paralelného P systému Π_0 pomocou sekvenčného P systému s inhibítorami Π_2 .
- Každý maximálne paralelný krok Π_0 simulujeme sekvenčnými krokmi Π_2 .
- Produkty si označujeme, aby neboli použité, kým neskončí daný maximálne paralelný krok.
- Prevozcu inhibítorov zistíme moment, kedy sa už v Π_2 nedá aplikovať žiadne pravidlo, aby sa mohol simulovať ďalší maximálne paralelný krok.

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Skúmané varianty P systémov
 - └ Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
 - └ Problém zastavenia

Problém zastavenia

- **Problemi zastavevanja** je definovanj pre deterministični modeli
- **Zavlečebarnost:** **Existencia** (ne)končnega vijočta

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Skúmané varianty P systémov
 - └ Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín
 - └ P systémy s množinami objektov

P systémy s množinami objektov

- **Akxiomy [7]:** počty objektov sa ignorujú
 - Maximálny paralelizmus \rightarrow determinizmus.
 - Ekvivalencia s konečnostavovými automatici.
 - S aktívnymi membránami je model univerzálny.
- **Klasik, Kowaty [7]:** "min-enabled" computational step (skorší model)
 - Ekvivalencia s konečnostavovými automatici.
- **Vlastnosti:**
 - Poskydli bez konfliktu (objekty sa môžu zúčastniť ak pravidlo účinkuje vo viacerých praxoch).
 - Ak je objekt použitý aspoň v jednom pravidle ako reaktant, bude spotrebovaný.

- └ Skúmané varianty P systémov
 - └ Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multímnožín
 - └ Sekvenčné P systémy s množinami

Sekvenčné P systémy s množinami objektov a aktívnymi membránami

- ♦ $\Pi = (\Sigma, G, R_1, \dots, R_m)$
- ♦ $C = (T, I, c)$
 - $I: V(T) \rightarrow \{1, \dots, m\}$
 - $c: V(T) \rightarrow 2^{\Sigma}$
- ♥ **Prädikate**
 - $u \rightarrow w$
 - $u \rightarrow \text{nil}$
 - $u \rightarrow \frac{1}{2}v_1v_2$
 $\text{falls } u \in \Sigma, |u| \geq 1, v_1, v_2 \in \mathcal{N} \wedge u \in (X \cup \{\cdot, i_j\})$