

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

Biologicky motivované výpočtové modely

Mgr. Michal Kováč

Bakalář, doc. RNDr. Tomáš Gravel, PhD.

reprezentační

17.1.2018

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

2018-01-10

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.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

Biologicky motivované modely

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.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

Biologicky motivované modely

Biologicky motivované výpočtové modely

Dlho skúmané modely ako neuronové siete, celulózne 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.

2018-01-10

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 zobrazit' aj ako strom.

NEXT SLIDE

Obsahom regionov sú multimnožiny objektov, ktoré v realite predstavujú napr. molekuly, vírusy, enzýmy alebo proteíny.

NEXT SLIDE

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

2018-01-10

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.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

P systémy

Prepisovacie pravidlá

Toto je ukážka P systému, ktorý generuje Fibonacciho postupnosť. Má tri membrány a pracuje s piatimi objektami a,b,c,d,e. V membráne s označením 1 sú dve pravidlá. Prvé pravidlo prepíše objekt c na objekty a,b,e, a pošle objekty a,b do vnútornej membrány a objekt e do vonkajšej membrány. Druhé pravidlo prepíše objekt d na objekt a a pošle ho do vnútornej membrány. Vo vnútornej membráne sú dve pravidlá. Prvé prepíše a na c a pošle ho von. Druhé pravidlo prepíše b na d a pošle ho von.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

Prehľad problematiky

P systémy

Krok výpočtu P systému

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.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Prehľad problematiky
 - P systémy
 - Ukážka výpočtu P systému

Ukážka výpočtu P systému

- Jazyk nad postupnosťami/multimnožinami objektov
 - Generatívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
 - Výberom z množiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Prehľad problematiky
 - P systémy
 - Jazyk definovaný P systémom

Jazyk definovaný P systémom

- Jazyk nad postupnosťami/multimnožinami objektov
 - Generatívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
 - Výberom z množiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov

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.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Prehľad problematiky
 - P systémy
 - Jazyk definovaný P systémom

Jazyk definovaný P systémom

- Jazyk nad postupnosťami/multimnožinami objektov
 - Generatívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
 - Výberom z množiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov

V akceptačnom mode vstupnú multimnožinu vložíme do špecifickkej membrány a spustíme výpočet, ktorý ak zastaví, tak vstupnú multimnožinu zahrnieme do jazyka. Pre väčšinu známych modelov sú generatívny aj akceptačný mod rovnako silné, u P systémoch to nie je vždy tak, preto sa oplatí skúmať obidva mody.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Prehľad problematiky
 - P systémy
 - Varianty pravidiel

Varianty pravidiel

- Jazyk nad postupnosťami/multimnožinami objektov
 - Generatívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
 - Výberom z množiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov

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 regione, tak dané pravidlo sa nemôže uplatniť. Takto definované P systémy sú ekvivalentné Parikhovmu zobrazeniu triedy jazykov ETOL.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Prehľad problematiky
 - P systémy
 - Varianty pravidiel

Varianty pravidiel

- Jazyk nad postupnosťami/multimnožinami objektov
 - Generatívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
 - Výberom z množiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov

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.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Prehľad problematiky
 - P systémy
 - Sekvenčné P systémy

Sekvenčné P systémy

- Jazyk nad postupnosťami/multimnožinami objektov
 - Generatívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
 - Výberom z množiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov

Maximálny paralelizmus je veľmi silná vlastnosť. Globálny časovač reakcií vo väčšine prípadov tvorí hranicu toho, čo je, a čo nie je Turingovsky úplné. Ani v bunke sa nenachádza taký časovač, podľa ktorého by sa reakcie synchronizovali. Preto sa hľadajú spôsoby, ako túto vlastnosť odľahčiť, prípadne, akými spôsobmi by sa dal rozšíriť sekvenčný mod, aby sa dosiahla Turingovská úplnosť. NEXT SLIDE Sekvenčné P systémy s kooperatívnymi pravidlami nie sú Turingovsky úplné, lebo sú ekvivalentné s Vector Addition Systems a s Petriho sieťami. NEXT SLIDE Ak sa pridajú pravidlá s prioritami, alebo s aktívnymi membránami, alebo s inhibítormi, takto definované P systémy sú už Turingovsky úplné.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
 - Sekvenčné P systémy s inhibítormi
 - Vlastné výsledky

Vlastné výsledky

- Jazyk nad postupnosťami/multimnožinami objektov
 - Generatívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
 - Výberom z množiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov

Teraz nasleduje druhá časť prezentácie, v ktorej predstavím vlastné výsledky.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
 - Sekvenčné P systémy s inhibítormi
 - Sekvenčné P systémy s inhibítormi

Sekvenčné P systémy s inhibítormi

- Jazyk nad postupnosťami/multimnožinami objektov
 - Generatívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
 - Výberom z množiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov
- Rekurzívny mód postupnosti/multimnožiny objektov

Prvý variant P systémov, ktorým sme sa zaoberali, sú sekvenčné P systémy s inhibítormi.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Prehľad simulácie pre generatívny mód

- Simulácia maximálne paralelného P systému Γ_1 pomocou sekvenčného P systému s inhibítormi Γ_2
- Kadby maximálne paralelné kroky Γ_1 simulujeme sekvenčným krokom Γ_2
- Maximálne paralelné kroky realizujeme na 4 fáz:
 - 1. FÁZA
 - 2. SYNCHRONIZÁCIA
 - 3. SENDDOWN
 - 4. RESTORE

V druhej fáze SYNCHRONIZE sa v každom regióne čaká na ostatné regióny, aby sa spustil ďalší maximálne paralelný krok. Pošle sa synchronizačný token do vonkajšej membrány. V nej, keď sa pozbierajú tokeny zo všetkých membrán, tak vonkajšia membrána pošle signál všetkým membránam, aby mohli začať ďalší maximálne paralelný krok.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Prehľad simulácie pre generatívny mód

- Simulácia maximálne paralelného P systému Γ_1 pomocou sekvenčného P systému s inhibítormi Γ_2
- Kadby maximálne paralelné kroky Γ_1 simulujeme sekvenčným krokom Γ_2
- Maximálne paralelné kroky realizujeme na 4 fáz:
 - 1. FÁZA
 - 2. SYNCHRONIZÁCIA
 - 3. SENDDOWN
 - 4. RESTORE

Po synchronizácii treba označené objekty odznačiť, aby boli pripravené na ďalší maximálne paralelný krok. To sa deje vo fáze RESTORE. Posielanie objektov cez membránu do obaľujúcej membrány sa môže vykonať vo fáze RUN. Ale ak by sme poslali objekt do vnútornej membrány, tá ešte môže byť vo fáze RESTORE predchádzajúceho maximálne paralelného kroku. V tom prípade by sa stihli poslané objekty ešte odznačiť a mohli by sa uplatniť pravidlá toho istého maximálne paralelného kroku. Preto musíme počkať na synchronizáciu a posielanie objektov nadol vykonávať medzi fázou SYNCHRONIZE a fázou RESTORE. Túto fázu sme nazvali SENDDOWN.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
 - Sekvenčné P systémy s inhibítormi
 - Zhrnutie výsledkov pre sekvenčné P systémy s inhibítormi

Zhrnutie výsledkov pre sekvenčné P systémy s inhibítormi

- Simulácia P systému s inhibítormi na Turingovskej sieti
- Podobné výsledky pre Petriho sieť
- Regulárne, výpočetne univerzálne, pravidlá s priorizáciou
- Výsledky iných obmedzených pravidiel

Ukázali sme, že v akceptačnom aj v generatívnom móde sú sekvenčné P systémy s inhibítormi Turingovsky úplné. NEXT SLIDE Hoci tieto výsledky nie sú veľmi prekvapivé, niekoľko podobných výsledkov s inhibítormi už boli ukázané pre Petriho siete, prínos týchto simulácií je aj v ukázaní spôsobu konverzie medzi rôznymi modelmi, čo môže pomôcť v ďalšom výskume. NEXT SLIDE Ďalší výskum môže nadviazať a doplniť simuláciu o iné aspekty P systémov, napríklad rozpúšťanie, vytváranie membrán, pravidlá s prioritami, ako aj skúsiť iné obmedzenie pravidiel, napríklad obmedzenie kooperácie alebo obmedzenie sily inhibítorov.


2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
 - Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
 - Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

- 2. Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

Druhý variant P systémov, ktorým sme sa zaoberali, sú sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami. 

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
 - Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
 - Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

- Pravidlo, ktoré vytvorí membránu: $a \rightarrow [a]_b$
- $a \in \Sigma^+ \wedge b \in \Sigma^+ \wedge a \neq b$
- Bez toho je prázdna podmienka pravidla na vytvorenie membrány (Pravidlo 23)
- Nezabudneme existenciu nekonečného výpočtu
- Nezabudneme existenciu konečného výpočtu
- *

Pravidlo, ktoré vytvorí membránu, na pravej strane špecifikuje označenie membrány a multimnožinu objektov, ktoré sa v nej budú po vytvorení nachádzať. NEXT SLIDE Ak pre sekvenčné P systémy povolíme pravidlá, ktoré vytvárajú nové membrány, a nestanovíme žiadny limit na počet aplikovaní takýchto pravidiel, dosiahneme Turingovskú úplnosť, ako ukázal Ibarra v roku 2005. Ukázal aj, že pri obmedzení počtu aplikovaní takýchto pravidiel je to ekvivalentné variantu bez takýchto pravidiel. NEXT SLIDE Pre tento variant sme analyzovali rozhodnuteľnosť behaviorálnych vlastností. Podarilo sa nám dokázať, že existencia nekonečného výpočtu je rozhodnuteľný problém a existencia konečného výpočtu je nerozhodnuteľný problém. NEXT SLIDE

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Problém zastavenia

- Problém zastavenia je definovaný pre deterministické modely
- Zastavenie: Existencia (ne)konečného výpočtu

Spomenuté behaviorálne vlastnosti sa podobajú na problém zastavenia. Ten je ale definovaný iba pre deterministické modely. NEXT SLIDE Keďže pre netederministické modely môže výpočet zastaviť aj nezastaviť, má zmysel pýtať sa dve rôzne otázky: či existuje konečný výpočet a či existuje nekonečný výpočet.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
 - Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
 - Aktívny P systém

Aktívny P systém

- Membránová konfigurácia $\{T, i, c\}$, kde
 - T je stromová štruktúra
 - $i \in V(T) \cup \{\Delta\}$
 - $c \in V(T) \cup \{\Delta\}$
- Membrány P systému je $\{C_1, C_2, R_1, R_2, \dots, R_m\}$, kde
 - C je množina
 - R je množina pravidiel

Aby sa pri dôkazoch lepšie manipulovalo s konfiguráciou, upravili sme definíciu aktívneho P systému, kde sme izolovali pojem membránová konfigurácia. Je to trojica (T, I, c) , kde T je stromová štruktúra NEXT SLIDE I je označenie membrán - zobrazenie vrcholov na čísla NEXT SLIDE c je zobrazenie vrcholov stromu T na multimnožinu symbolov, čo predstavuje obsah membrány.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
 - Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
 - Aktívny P systém

Aktívny P systém

- Membránová konfigurácia $\{T, i, c\}$, kde
 - T je stromová štruktúra
 - $i \in V(T) \cup \{\Delta\}$
 - $c \in V(T) \cup \{\Delta\}$
- Membrány P systému je $\{C_1, C_2, R_1, R_2, \dots, R_m\}$, kde
 - C je množina
 - R je množina pravidiel

Aktívny P systém je $m+2$ tica, kde Σ je abeceda, C_0 je počiatočná membránová konfigurácia a R_i je množina pravidiel asociovaná s označením membrány i . Okrem pôvodne definovaných typov pravidiel máme aj pravidlo na vytvorenie membrány s daným označením a daným obsahom.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
- Existencia konečného výpočtu

Existencia konečného výpočtu

- Nerazhodnateľný problém
- Redukcia na halting problem

Podarilo sa nám dokázať, že existencia konečného výpočtu pre sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami je nerozhodnuteľný problém.

NEXT SLIDE

Dôkaz je pomocou redukcie. Ibarra v článku uvádza simuláciu, vďaka ktorej môžeme tvrdiť, že ak by sme vedeli rozhodovať existenciu konečného výpočtu pre sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami, potom by sme vedeli rozhodovať existenciu konečného výpočtu pre registrové stroje, čo je už známy nerozhodnuteľný problém.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
- Existencia nekonečného výpočtu

Existencia nekonečného výpočtu

- Nerazhodnateľný problém
- Otvorenie na počet membrán
- Graf dosiahnuteľnosti

Skúmali sme aj opačný problém - existenciu nekonečného výpočtu. Podarilo sa nám dokázať opačný výsledok - je to rozhodnuteľný problém.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
- Existencia nekonečného výpočtu

Existencia nekonečného výpočtu

- Nerazhodnateľný problém
- Otvorenie na počet membrán
- Graf dosiahnuteľnosti

Dôkaz uvádzame iba pre obmedzenie na počet membrán, ktoré sa nachádzajú v ľubovoľnej konfigurácii. Veríme, že to platí aj bez tohto obmedzenia, rozšíriť dôkaz sa ale napriek snahe nepodarilo. Obmedzenie na počet membrán vynútime upravenou definíciou, pravidlo na vytvorenie membrány je aplikovateľné, iba ak je počet membrán v konfigurácii menší ako stanovený limit. Aj keď toto obmedzenie nie je veľmi realistické z biologického hľadiska, výsledok je zaujímavý, lebo sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami sú Turingovsky úplné aj s týmto obmedzením - pri simulácii registrového stroja sa v každej konfigurácii nachádzajú najviac tri membrány.

Dôkaz využíva graf dosiahnuteľnosti. V prípade jednej membrány konfigurácia obsahuje iba multimnožinu objektov, preto sa dá použiť štandardná konštrukcia grafu dosiahnuteľnosti pre Petriho siete.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
- Existencia nekonečného výpočtu

Existencia nekonečného výpočtu

- Existencia usporiadania \leq
 - $\rightarrow C_1 \leq (T, A, M)$
 - $\rightarrow C_2 \leq (T', A', M')$
 - $\rightarrow C_1 \leq C_2$ ak $\exists T, A, M, T', A', M'$ tak, že $C_1 \rightarrow T, A, M$ a $C_2 \rightarrow T', A', M'$
- $C_1 \leq C_2 \Rightarrow$ každé pravidlo v C_1 je aplikovateľné v C_2

Vo všeobecnosti potrebujeme ale rozšíriť definíciu čiastočného usporiadania konfigurácií.

NEXT SLIDE

Majme konfigurácie C_1 a C_2 .

NEXT SLIDE

C_1 je menšia ako C_2 (C_2 pokrýva C_1), ak existuje izomorfizmus f , ktorý pre každú membránu:

NEXT SLIDE

zachováva označenia $I_1(d) = I_2(f(d))$

NEXT SLIDE

a zachováva obsah: $c_1(d) \subseteq c_2(f(d))$

NEXT SLIDE

Táto definícia nám umožňuje tvrdiť, že ak C_2 pokrýva C_1 , potom každé pravidlo aplikovateľné v C_1 je aplikovateľné v C_2 .

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
- Existencia nekonečného výpočtu

Existencia nekonečného výpočtu

- Dôkazna lemy: Pre každú nekonečnú postupnosť a_i nad \mathbb{N} $\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$ existujú $i < j$: $a_i \leq a_j$.
- Pre každú nekonečnú postupnosť konfigurácií existuje C_1, C_2 $C_1 \rightarrow^* C_2$ a $C_1 \leq C_2$.
- Každá konfigurácia $enc(C_1) \leq enc(C_2) \Rightarrow C_1 \leq C_2$

Na tomto mieste by som chcel spomenúť Dicksonovu lemu. Tá tvrdí, že pre každú nekonečnú postupnosť n -tíc nad \mathbb{N} $\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$ existujú $i < j$: $a_i \leq a_j$.

NEXT SLIDE

Dokážeme nasledovné tvrdenie: Pre každú nekonečnú postupnosť konfigurácií existuje C_1, C_2 : $C_1 \rightarrow^* C_2$ a $C_1 \leq C_2$.

NEXT SLIDE

Definujeme kodovanie konfigurácií do n -tíc s vlastnosťou, že ak $enc(C_1) \leq enc(C_2)$, potom $C_1 \leq C_2$. Vďaka tomuto kodovaniu a pomocou Dicksonovej lemy dokážeme aj pôvodnú vetu, že pre každú nekonečnú postupnosť konfigurácií existuje C_1, C_2 : $C_1 \rightarrow^* C_2$ a $C_1 \leq C_2$.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
- Algoritmus rozhodujúci existenciu nekonečného výpočtu

Algoritmus rozhodujúci existenciu nekonečného výpočtu

- Traversa graf dosiahnuteľnosti
- Dosiahnuteľnosť konfigurácie C_1 taká, že na ceste z počiatočnej konfigurácie existuje C_1 taká, že C_2 pokrýva C_1 , tak nekonečný výpočet existuje. Ak traverzovanie skončilo, tak nekonečný výpočet neexistuje.

Algoritmus, ktorý rozhoduje existenciu nekonečného výpočtu je teda nasledovný:

Traverzuj graf dosiahnuteľnosti.

Ak sa dosiahne konfigurácia C_2 , taká, že na ceste z počiatočnej konfigurácie existuje C_1 taká, že C_2 pokrýva C_1 , tak nekonečný výpočet existuje. Ak traverzovanie skončilo, tak nekonečný výpočet neexistuje.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
- Zhrnutie výsledkov pre sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

Zhrnutie výsledkov pre sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

- Existencia nekonečného výpočtu je nerazhodnateľná
- Existencia konečného výpočtu je nerazhodnateľná

Dokazali sme, že existencia nekonečného výpočtu sa pri sekvenčných P systémoch s aktívnymi membránami s obmedzením na počet membrán dá rozhodovať. Otvorený problém ostáva, či to platí pre variant bez tohto obmedzenia. Veríme, že áno, ale nemáme k tomu dôkaz.

NEXT SLIDE

Tiež sme dokázali, že existencia konečného výpočtu je nerozhodnuteľná. Dokázali sme to pomocou redukcie na problém zastavenia.


2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

- 3. Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

Tretí variant P systémov, ktorým sme sa zaoberali, sú sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín. 

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín
- Zhrnutie výsledkov

Zhrnutie výsledkov

-

Tieto výsledky sme prezentovali a boli publikované v zborníku z konferencie Concurrency, Specification and Programming 2015 v Rzesove. Rozšírená verzia článku bola zaslaná do karentovaného časopisu Fundamenta Informaticae.


2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Detekcia prázdnoty membrán
- Detekcia prázdnoty membrán

Detekcia prázdnoty membrán

4. Detekcia prázdnoty membrán

Zaoberali sme sa aj inými variantami P systémov, ktoré rôznymi spôsobmi umožňujú detekciu prázdnoty membrán a využívajú to pri výpočte. 

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Detekcia prázdnoty membrán
- Detekcia prázdnoty membrán

Detekcia prázdnoty membrán

- Objekt vyhlásuje za prázdny membránu
- Membrána odhlasuje pri príchode do prázdnej membrány
- Objekt reprezentujúci vakuum

Uvažovali sme napríklad objekty vyhýbajúce sa prázdny membránam. Pravidlo posielajúce objekt do prázdnej membrány sa síce uplatní, ale daný objekt ostane v aktuálnej membráne. NEXT SLIDE
V inom variante sa daný objekt síce pošle do membrány, ale ak je prázdna, tak sa z neho stane iný objekt. NEXT SLIDE
A posledný variant obsahuje špeciálne objekty, ktoré reprezentujú vakuum. Takýto objekt sa vytvorí automaticky v prázdnej membráne, nemôže byť vytvorený prepisovacím pravidlom. Môže ale byť na ľavej strane pravidiel, teda interagovať s inými objektami. Pri týchto variantoch sme dosiahli iba čiastočné, alebo triviálne výsledky, ktoré neboli vhodné na publikáciu.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Detekcia prázdnoty membrán
- Vyjadrenia k posudkom

Vyjadrenia k posudkom

- Objekt vyhlásuje prázdnu membránu pre prípad $M(a_i) = 1$ pravidlo (in in 0)
- Pravidlo na formuláciu v dôkaz 4.2.6. Membrána odhlasuje prázdnu iba v konkrétnom vtedy vtedy pri pravidle. Analogicky v dôkaz 4.2.7 treba nastaviť pri pravidle in membránu pri

Áno, máte pravdu. Dôkaz funguje len pre pravidlá s ľavou stranou veľkosti nanajvýš 2. Napr. pre pravidlá s ľavou stranou veľkosti 3 by sme potrebovali, aby $M(a_i) = 2$. Dalo by sa to spraviť zavedením symbolov s dvomi bodkami, ktoré by mali v každej membráne nanajvýš 1 výskyt. Navyše by symbol s dvomi bodkami mohol vzniknúť iba, ak je prítomný symbol s jednou bodkou. Tým pádom by sme vedeli zistiť, že dané pravidlo s tromi rovnakými symbolmi na ľavej strane nie je aplikovateľné. Analogicky by to bolo aj pre väčšie počty symbolov na ľavej strane. NEXT SLIDE
Áno, má tam byť neklesajúci. Hoci uvádzam znamienko \models , v texte mám increasing.


2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Detekcia prázdnoty membrán
- Vyjadrenia k posudkom

Vyjadrenia k posudkom

- Ak parametrom kedy ako refusa, $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť v v štádiu, keď pravidlo "stopy" nie je korektné. To je podľa pravidla "stopy". Iné je podľa 4.2.5 napríklad (napríklad podľa)
- $enc(C_1) = 0000 0000 1000 1000$
- $enc(C_2) = 0000 0000 1000 1000$



Keď stromy nie sú izomorfné, tak podľa preorderu dostanú iný order number, a teda v kódovaní bude nenulová iná časť. Tým pádom nebude platiť ani $enc(C_1) < enc(C_2)$ ani $enc(C_2) < enc(C_1)$. Porovnanie kódovaní nie je alfabetské, ale podľa pozícií. Na to, aby bolo jedno kódovanie väčšie ako druhé, musí byť aspoň na jednej pozícii väčšie a na ostatných väčšie alebo rovné. Inými slovami - ak sú kódovania porovnateľné $enc(C_1) < enc(C_2)$ alebo $enc(C_2) < enc(C_1)$, potom už nutne musí byť nenulová tá istá časť a teda stromy sú izomorfné. NEXT SLIDE
Na tomto príklade máme stanovený limit na počet membrán 2. Existujú len dve navzájom neizomorfné stromové štruktúry s nanajvýš dvomi vrcholmi, buď je to samostatný vrchol alebo koreň plus jeden vrchol. Preto kódovanie pozostáva z dvoch častí. Uvádzam príklady dvoch membránových konfigurácií. Prvá má tvarový číslo 1, pretože nenulová iba prvá časť kódovania. Druhá

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Detekcia prázdnoty membrán
- Vyjadrenia k posudkom

Vyjadrenia k posudkom

- Mali by sme upraviť notáciu pre definovanie membrány P systému v rámci kapitoly 4

Motivácia vôbec niečo modifikovať pramenila z toho, že v pôvodnej definícii bolo posielanie do membrány definované iba pre prípad, kedy cieľová membrána existuje. Vytvorenie novej membrány bolo definované iba pre prípad, kedy cieľová membrána neexistuje. Prirodzene sa žiadalo zjednotiť tieto dva pojmy, aby výsledný jeden pojem bol definovaný vo všetkých prípadoch, aj keď cieľová membrána existuje, aj keď neexistuje. Tak vznikla modifikácia inject or create.
Wrap or create na druhej strane zabezpečuje, aby pravidlo pre vytvorenie membrány v každej situácii nejakú membránu vytvorilo.

2018-01-10

Biologicky motivované výpočtové modely

- Skúmané varianty P systémov
- Detekcia prázdnoty membrán
- Vyjadrenia k posudkom

Vyjadrenia k posudkom

- In notní dŕať dŕať umelý predpoklad na obmedzenie počtu membrán vtedy nie je korektné (převládající pravidla vytvářející nové membrány v štádiu, která by měla k posudkovému porovnání počtu membrán být stejná - zejména v kontextu nastavení počtu membrán na úrovni 2)

Ak je otázka: "Dá sa tento umelý predpoklad vynútiť inak?" -ž Nenapadá mi žiadny iný spôsob, ako by sa dalo v definícii vynútiť dodržiavanie tohto ohraničenia.
Ak je otázka: "Fungoval by ten dôkaz aj bez tohto umelého predpokladu?" -ž Pravdepodobne áno, ale v dokáze využívame tento limit pri stanovení počtu navzájom neizomorfných stromov. Bez tohto umelého predpokladu máme iba hypotézu, že by to šlo pomocou tvrdenia, že ak máme nekonečnú postupnosť membránových štruktúr, kde susedné prvky postupnosti sa líšia len vytvorením alebo rozpustením membrány, tak sa v nej bude nejaká vlastnosť opakovať tak, aby existovali dva prvky postupnosti, ktoré sa dajú potom cykliť.