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

Biologicky motivované výpočtové modely Prehľad problematiky

Prehľad modelov

2018-01

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.

Biologicky motivované výpočtové modely ∟Prehľad problematiky 2018-01 └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.

Biologicky motivované výpočtové modely Prehľad problematiky 2018-01

∟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 regione, tak dané pravidlo sa nemôže uplatniť. Takto definované P systémy sú ekvivalentné Parikhovmu zobrazeniu triedy jazykov ET0L.

Biologicky motivované výpočtové modely

V úvode prezentácie vám predstavím rôzne výpočtové modely motivované biologiou. 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 prázdnosti membrán.

2018-01

2018-01-

Biologicky motivované výpočtové modely └─Prehľad problematiky

Prehľad modelov

Biologicky motivované výpočtové modely

Dlho skúmané modely ako neurónové siete, celulárne 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-

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 regione, alebo ide cez membránu do vonkajšieho regionu alebo cez membránu s daný označením do vnútorného regionu.

Delta je špeciálny symbol, ktorý nepatrí abecede, ktorý ked 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 regione, ak sú reaktanty obsiahnuté v multimnožine objektov, ktorá sa aktuálne nachádza v danom regione.

2018-01-

Biologicky motivované výpočtové modely └─Prehľad problematiky

∟P systémy

 $ldsymbol{}^{ldsymbol{}ldsymbol{}}$ Varianty pravidiel

Katalytické pravidlá umožňujú objektom interagovať iba s objektom z množiny katalizátorov. 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
Prehľad problematiky
P systémy
Výpočet a jazyk

North Vijechts
 Administry
 Prainting
 Maximilian pandenjy
 Analytick
 Analytick

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
Prehľad problematiky
P systémy
Výpočet a jazyk



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 dalšie pravidlo, dané slovo alebo 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.

Biologicky motivované výpočtové modely
Skúmané varianty P systémov
Sekvenčné P systémy s inhibítormi
Sekvenčné P systémy s inhibítormi

Sekvenčné P systémy s inhibitorní

Posledný zo spomenutých rozšírení sme prezentovali na konferencii Computability in Europe 2014 a náš článok je publikovaný v zborníku.

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s inhibítormi

Prehľad simulácie pre akceptačný mód



Formálne, majme registrový stroj M, kde n je počet registrov, P je množina inštrukcií označených značkami z množiny Lab, i je označenie počiatočnej inštrukcie, h je označenie koncovej inštrukcie.

NEXT SLIDE

2018-01

Zostrojíme P systém s jednou membránou, v abecede budú označenia inštrukcií, symboly zodpovedajúce jednotlivým registrom a špeciálny ukončovací symbol mriežka.

NEXT SLIDE

V počiatočnej konfigurácii membrána obsahuje označenie počiatočnej inštrukcie registrového stroja a objekty a_i podľa počiatočného stavu registrov.

Biologicky motivované výpočtové modely
Prehľad problematiky
P systémy
Výpočet a jazyk

Vijnočet a jazyk

« Kok vjopila

" Šalenika

" Šalenika

" Manadale pandaloj

" Manadale pandaloj

" Jazyk

" Gamerilini mid participost dijatino vypaninijok do

" Anazyka) mid disub konfigorijskih ji interpresed. Ni

u spelini si disurti do store, kate sa i mid pandal

linke pandal

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. Kedže pre daný P systém vdaka nedeterminizmu existuje viac možných výpočtov, veľkosť definovaného jazyka môže byť aj väčsia ako 1.

Biologicky motivované výpočtové modely
Prehľad problematiky
P systémy
Sekvenčné P systémy

Sekvenčné P systémy

" Maximiliny paraklizmus vs. sekvenčný mód

" Sokoneckať P systémy s kooperativnými pravidami (VA:
[7])

" s plotekani (Pode [7])

" s plotekani (Pode [7])

" s plotekani (Pode [7])

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.

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s inhibítormi

Prehľad simulácie pre akceptačný mód

Prehľad simulácie pre akceptačný mód

• Šimulácia regimoviha straja

• Obash regimu x sa sepszenaja početrosťou objeta

• Obash regimu x sa sepszenaja početrosťou objeta

• Obash regimu x sa sepszenaja pomocou lehibitos

• 1500 intervácia sa simulaja pomocou lehibitos

• 1500 (-), 1)

• 1 - 1, 2

• 1 - 1, 3

Uviedli sme dôkaz Turingovskej úplnosti pre akceptačný aj generatívny mod. Pre akceptačný mod sme ukázali simuláciu registrového stroja. Obsah registra x sa reprezentuje početnosťou objektu x. Navyše máme objekt pre každú inštrukciu. Inhibítory sme využili na simuláciu inštrukcie SUB.

2018-01-08

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s inhibítormi

Prehľad simulácie pre akceptačný mód

Pre všetky inštrukcie ADD, ktoré zvýšia hodnotu registra j o jedna a nasledujúca inštrukcia je k alebo l (rozhoduje sa nedeterministicky) budeme mať pravidlá, ktoré prepíše symbol zodpovedajúci označeniu inštrukcie na symbol a_j a symbol zodpovedajúci označeniu nasledujúcej inštrukcie. NEXT SLIDE

Uvažujme inštrukciu SUB, ktorá ak má register j kladnú hodnotu, tak ju zníži o jedna, a ak je register j prázdny, tak ju nezníži, ale bude iná nasledujúca inštrukcia. Pre takáto inštrukciu budeme mať v P systéme dve pravidlá. Prvé pravidlo je kooperatívne, ktoré skonzumuje symbol a_j a vytvorí symbol k zodpovedajúci označeniu nasledujúcej inštrukcie. Druhé pravidlo je s inhibítorom a aplikovať sa môže len, ak sa v regione nenachádza symbol a_j .

Biologicky motivované výpočtové modely -Skúmané varianty P systémov 2018-01-Sekvenčné P systémy s inhibítormi └Prehľad simulácie pre generatívny mód

> Biologicky motivované výpočtové modely Skúmané varianty P systémov

> > Sekvenčné P systémy s inhibítormi

Prehľad simulácie pre generatívny mód

Ked uvažujeme registrové stroje, kde musia byť všetky registre prázdne, aby sa výpočet korektne ukončil, máme pravidlá, ktoré pri dosiahnutí koncovej inštrukcie h, ak je niektorý register neprázdny, vytvorí sa špeciálny symbol, ktorý tam už ostane navždy, a vdaka poslednému pravidlu sa dosiahne, že výpočet nezastaví. Dokázali sme, že pre každý registrový stroj vieme zostrojiť sekvenčný P systém s inhibítormi, ktorý v akceptačnom mode zastaví na rovnakých vstupoch ako registrový stroj.

V generatívnom mode sme sa rozhodli pre simuláciu maximálne paralelného P systému Pi 1 pomocou sekvenčného P systému s inhibítormi Pi 2.

NEXT SLIDE

2018-01

Každý maximálne paralelný krok Pi 1 simulujeme pomocou niekoľkých sekvenčných krokov Pi 2.

Biologicky motivované výpočtové modely └Skúmané varianty P systémov Sekvenčné P systémy s inhibítormi Prehľad simulácie pre generatívny mód

2018-01-

ᇊ

Kedže pravidlá sa uplatňujú simultánne vo všetkých membránach, tento proces treba synchronizovať. Maximálne paralelný krok rozdeľujeme na 4 fázy. Fáza je reprezentovaná špeciálnym objektom a všekty pravidlá sú kooperatívne, na ľavej strane každého pravidla je fáza, ku ktorej sa pravidlo viaže.

V prvej fáze RUN v Pi 2 po jednom prepisujeme symboly pomocou pravidiel zodpovedajúcim pravidlám v Pi 1, akurát produkty si označujeme, aby neboli znovu použité, kým neskončí simulácia jedného maximálne paralelného kroku. Pomocou inhibítorov zistíme moment, kedy sa už v Pi 2 nedá aplikovať žiadne dalšie pravidlo, ktoré by sa mohlo zahrnúť do multimnožiny pravidiel aplikovaných v Pi 1. To nám zaručí, že aplikované pravidlá sú maximálnou multimnožinou a môžeme prejsť do simulácie dalšieho maximálne

Biologicky motivované výpočtové modely –Skúmané varianty P systémov Sekvenčné P systémy s inhibítormi Prehľad simulácie pre generatívny mód

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

Biologicky motivované výpočtové modely -Skúmané varianty P systémov 2018-01. Sekvenčné P systémy s inhibítormi Prehľad simulácie pre generatívny mód

paralelného kroku.

Po synchronizácii treba označené objekty odznačiť, aby boli pripravené na další maximálne paralelný krok. To sa deje vo fáze

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.

Biologicky motivované výpočtové modely └Skúmané varianty P systémov 2018-01

-Sekvenčné P systémy s inhibítormi ∟Zhrnutie výsledkov pre sekvenčné P systémy s inhibítormi

Ukázali sme, že v akceptačnom aj v generatívnom mode sú sekvenčné P systémy s inhibítormi Turingovsky úplné. **NEXT SLIDE**

Hoci tieto výsledky nie sú veľmi prekvapivé, nakoľko podobné výsledky s inhibítormi už boli ukázané pre Petriho siete, prínos týchto simulácií je aj v ukázaní spôsobu konverzie medzi rôznymi modelmi, čo môže pomôcť v daľšom výskume.

NEXT SLIDE

Další výskum môže nadviazať a doplniť simuláciu o iné aspekty P systémov, napriklad rozpúšťanie, vytváranie membrán, pravidlá s prioritami, ako aj skúsiť iné obmedzenie pravidiel, napíklad obmedzenie kooperácie alebo obmedzenie sily inhibítorov.

Biologicky motivované výpočtové modely -Skúmané varianty P systémov 2018-01

Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

Druhá publikácia tiež súvisí so sekvenčnými P systémami, ale namiesto inhibítorov sme uvažovali rozšírenie, ktoré je unikátne pre P systémy, a to sú aktívne membrány.

Ak 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

Analyzovali sme rozhodnuteľnosť niektorých behaviorálnych vlastností a výsledky sme prezentovali a boli publikované v zborníku z konferencie Computability in Europe 2015 v Bukurešti.

		Problém zastavenia
	Biologicky motivované výpočtové modely	Problém zastavenia je definova modely
	└─Skúmané varianty P systémov	Zovšeobecnenie: Existencia (ne
2-0	Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami	
201	└─Problém zastavenia	

Problém zastavenia je definovaný iba pre deterministické modely. NEXT SLIDE

Kedže pre netederministické modely môže výpočet zastaviť aj nezastaviť, má zmysel pýtať sa dve rôzne otázky: či existuje konečný výpočet a či existuje nekonečný výpočet.

2018-01-08 B L

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

Aktívny P systém

Activity P systém

A Mentiziona knefigoricii (T,I,c), kde T je storoni bristicii $C \in \Omega^{(0)}(T) = 1$ $C \in \Omega^{(0)}(T) = 1$ Aktory P spelno je $(T_c,R_c,R_c,...,R_c)$, kde $C \in \Omega^{(0)}(T) = 1$ $C \in \Omega^{(0)}(T) = 1$ Aktory P spelno je $(T_c,R_c,R_c,...,R_c)$, kde $C \in \Omega^{(0)}(T) = 1$ $C \in \Omega^{(0)}($

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.

2018-01-08

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

Existencia nekonečného výpočtu

koneciného výpočtu strílý průblem in a počet membrán heatificati

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

2018-01-08

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

Existencia nekonečného výpočtu



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 $l_1(d) = l_2(f(d))$

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 .

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami
Aktívny P systém

Membrison kerfigerich (T. f. c), lebe

- T p stomos limitete

- T p p stomos limitete on kerfigerich

- T p p stomos provides

- T p p stomos provides

- T p p stomos provides

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

l je označenie membrán - zobrazenie vrcholov na čísla, kde označenie koreňa je ${\bf 1}$

NEXT SLIDE

c je zobrazenie vrcholov stromu T na multimnožinu symbolov, čo predstavuje obsah membrány.

2018-01-08

2018-01-

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami Existencia konečného výpočtu Existencia konečného výp

• Neroshodnotelný problém

• Redskria za haltine zarálen

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

NEXT SLIDE

problém.

Dôkaz je pomocou redukcie. Ibarra v článku uvádza simuláciu, vdaka 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.

2018-01-08

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Existencia nekonečného výpo

• Rozhodovskí problém

• Obredovskí na počet mentrán

• Graf doslahouteľnosti

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 ked 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

2018-01-08

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Skumane varianty i systemov

Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami

Existencia nekonečného výpočtu

■ Dicksonous interest. Per kaldsi arkonednsi postupanet n-sic ned N $\{a\}_{i=0}^\infty$ entangli $i < j, n \le s_j$ ■ Per kaldsi rekentsi postupanet konfugurisi neishinje $C_1 \in C_2 \subset C_3 \rightarrow C_4 \supset c_4 \subseteq C_4$ ■ Kondovanis konfugurisi enc $\{C_i\} \le m_i(C_3) \Rightarrow C_4 \subseteq C_4$

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: $a_i \leq a_i$.

NEXT SLIDE

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

NEXT SLIDE

Definujeme kodovanie konfigurácií do ntíc s vlastnosťou, že ak $enc(C_1) \leq enc(C_2)$, potom $C_1 \leq C_2$. Vdaka 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 $C_1 \leq C_2$.

Biologicky motivované výpočtové modely -Skúmané varianty P systémov 2018-01-Sekvenčné P systémy s aktívnymi membránami Algoritmus rozhodujúci existenciu nekonečného výpočtu

Algoritmus, ktorý rozhoduje existencu 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.

Dokazali sme, že existencia nekonečného výpočtu sa pri sekvenčných P systémov s aktívnymi membránami s obmedzením na počet membrán dá rozhodovať. Výskum môže pokračovať úpravou dôkazu, kde sa odstráni toto obmedzenie.

2018-01

Biologicky motivované výpočtové modely

└Skúmané varianty P systémov

-Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

∟Nevýhody používania multimnožín

K tomuto rozhodnutiu nás viedli dve otázky. Nakoľko realistické je reprezentovať presný počet objektov? Niekedy nás zaujíma iba výskyt, napríklad či sa v membráne nachádza vírus, alebo nie.

NEXT SLIDE

Ak uvažujeme multimnožiny, máme problém explozie stavového priestoru, ktorý sa potom neprakticky analyzuje. V prípade množín je stavový priestor menší, čo umožňuje jednoduchšiu analýzu.

2018-01

Biologicky motivované výpočtové modely ∟Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

-P systémy s množinami objektov

Kleijn a Koutny v roku 2011 skúmali rôzne mody výpočtu pre P systémy pracujúce s množinami a sekvenčný bol tiež spomenutý pod názvom "min-enabled".

NEXT SLIDE

Ukázala sa ekvivalencia s konečnostavovými automatmi. **NEXT SLIDE**

Sekvenčné P systémy pracujúce s množinami majú tieto vlastnosti: Pravidlá sú bez konfliktu, lebo objekty sa môžu zúčastniť ako reaktanty súčasne vo viacerých pravidlách a ak je objekt použitý aspoň v jednom pravidle ako reaktant, bude spotrebovaný.

Biologicky motivované výpočtové modely -Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

-Sekvenčné P systémy s množinami

Skúmali sme aj varianty inšpirované formalizmom Reaction Systems, konkrétne, nahradili sme obsah membrány, namiesto multimnožín uvažujeme množiny objektov.

2018-01

2018-01-

Biologicky motivované výpočtové modely └Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

└-P systémy s množinami objektov

Alhazov v roku 2005 uvažoval o P systémoch, kde sa ignorovali počty objektov. Pri maximálnom paralelizme je výpočet deterministický, lebo pravidlá nie sú navzájom konfliktné a maximálna multimnožina simultánne aplikovateľných pravidliel je v každej konfigurácii iba jedna.

NEXT SLIDE

Takto definované P systémy sú ekvivalentné s konečnostavovými automatmi, čo sa týka výpočtovej sily.

NEXT SLIDE

S aktívnymi membránami je model univerzálny.

2018-01-

Biologicky motivované výpočtové modely -Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

-Sekvenčné P systémy s množinami