

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

- └ Prehľad problematiky
 - └ Biologicky motivované modely
 - └ Biologicky motivované výpočtové modely

Biologicky motivované výpočtové modely majú dvojité 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.

- └ Prehľad problematiky
 - └ Biologicky motivované modely
 - └ 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.

- └ 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.

- └ 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 daným 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.

- └ 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.

- └ Prehľad problematiky
 - └ P systémy
 - └ Krok výpočtu P systému

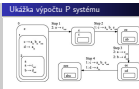
Postupné uplatňovanie pravidiel definuje výpočet. V jednom kroku výpočtu sa uplatní:

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

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

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ P systémy
 - └ Ukážka výpočtu P systému



V úvodnej konfigurácii ukážkového P systému je aplikovateľné iba prvé pravidlo vo vnútornej membráne. A sa prepíše na c a pošle von. V ďalšom kroku sa v prepíše na abe, e sa pošle von, ab dnu. V ďalšom kroku sa vďaka maximálnemu paralelizmu musia aplikovať vo vnútornej membráne obidve pravidlá, preto sa objekty ab prepíšu na cd a pošlú von. V ďalšom kroku sa vďaka maximálnemu paralelizmu musia aplikovať obidve pravidlá, preto pôjdu dve áčka a jedno béčko do vnútornej membrány a jedno éčko von. Tento výpočet nikdy neskončí a každý druhý krok sa do vonkajšej membrány pošle počet éčok zodpovedajúci ďalšiemu prvku Fibonacciho postupnosti.

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Prehľad problematiky
 - └ P systémy
 - └ Jazyk definovaný P systémom

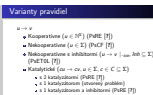


V akceptačnom mode vstupnú multimnožinu vložíme do špecifickej membrány a spustíme výpočet, ktorý ak zastaví, tak vstupnú multimnožinu zahrnieme do jazyka.

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.

Biologicky motivované výpočtové modely

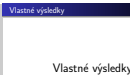
- └ Prehľad problematiky
- └ P systémy
- └ Varianty pravidiel



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 použijeme pravidlá s inhibítormi, dosiahneme Turingovskú úplnosť.

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Skúmané varianty P systémov
 - └ Sekvenčné P systémy s inhibítorom
 - └ Vlastné výsledky



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

Biologicky motivované výpočtové modely

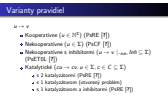
- └ Prehľad problematiky
 - └ P systémy
 - └ Jazyk definovaný P systémom



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

- └ 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

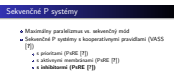
Nekooperatívne pravidlá neumožňujú interakciu medzi objektami, takže na ľavej strane je vždy iba jeden objekt. Takto definované P systémy sú ekvivalentné Parikhovmu zobrazeniu bezkontextových jazykov.

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.

Biologicky motivované výpočtové modely

- └ Prehľad problematiky
 - └ P systémy
 - └ Sekvenčné P systémy



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

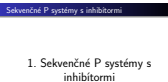
Sekvenčné P systémy s kooperatívnymi pravidlami nie sú Turingovsky úplné, lebo sú ekvivalentné s Vector Addition Systems a s Petriho sieťami.

NEXT SLIDE

Ak sa pridávajú 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
 - └ Sekvenčné P systémy s inhibítormi



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

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Sekvenčné P systémy s inhibítormi

- Pravidlá a inhibítormi: $a \rightarrow a_1a_2$, $f \in E$
- Formálny zápis pre akceptačný aj generatívny mód

Toto rozšírenie umožňuje k pravidlám pridať množinu inhibítorov I , z ktorých ak sa aspoň jeden nachádza v aktuálnej membráne, pravidlo nie je aplikovateľné.

NEXT SLIDE

Dokázali sme Turingovskú úplnosť pre akceptačný aj generatívny mód.

NEXT SLIDE

Tieto výsledky sme prezentovali na konferencii Computability in Europe 2014 a náš článok je publikovaný v zborníku.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Prehľad simulácie pre akceptačný mód

- Simulácia registrového stroja
- Obsah registra x sa reprezentuje početnosťou objektu x .
- Objekt pre každú inštrukciu
- SUB inštrukcia sa simuluje pomocou inhibítora
- $a \rightarrow SUB(a, j, h)$
- $a \rightarrow j$
- $h \rightarrow h \in I$

Pre akceptačný mód 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.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Prehľad simulácie pre akceptačný mód

- Registrový stroj $M = (n, P, i, h, Lab)$
- P systém (E, n, n, R)
- $E = Lab \cup A \cup S \cup C \cup a$
- $n = \{1, 2, \dots, n\}$ je prázdná hodnota registra j
- $1 \leq j \leq n$
- $a \rightarrow a_1a_2$, $f \in E$
- $a \rightarrow j$
- $h \rightarrow h \in I$
- $a \rightarrow SUB(a, j, h)$
- $a \rightarrow j$
- $h \rightarrow h \in I$
- $a \rightarrow j$

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

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_j podľa počiatočného stavu registrov.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Prehľad simulácie pre akceptačný mód

- Registrový stroj $M = (n, P, i, h, Lab)$
- P systém (E, n, n, R)
- $E = Lab \cup A \cup S \cup C \cup a$
- $n = \{1, 2, \dots, n\}$ je prázdná hodnota registra j
- $1 \leq j \leq n$
- $a \rightarrow a_1a_2$, $f \in E$
- $a \rightarrow j$
- $h \rightarrow h \in I$
- $a \rightarrow SUB(a, j, h)$
- $a \rightarrow j$
- $h \rightarrow h \in I$
- $a \rightarrow j$

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

Uvažujeme 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 inhibítormi a aplikovať sa môže len, ak sa v regione nenachádza symbol a_j .

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Prehľad simulácie pre akceptačný mód

- Registrový stroj $M = (n, P, i, h, Lab)$
- P systém (E, n, n, R)
- $E = Lab \cup A \cup S \cup C \cup a$
- $n = \{1, 2, \dots, n\}$ je prázdná hodnota registra j
- $1 \leq j \leq n$
- $a \rightarrow a_1a_2$, $f \in E$
- $a \rightarrow j$
- $h \rightarrow h \in I$
- $a \rightarrow SUB(a, j, h)$
- $a \rightarrow j$
- $h \rightarrow h \in I$
- $a \rightarrow j$

Ked uvažujeme registrové stroje, kde musia byť všetky registre prázdne, aby sa výpočet korektné ukončil, máme pravidlá, ktoré pri dosiahnutí koncovej inštrukcie h , ak je niektorý register neprázdny, vytvorí sa špeciálny symbol, ktorý tam už ostane navždy, a vďaka poslednému pravidlu sa dosiahne, že výpočet nezastaví.

Dokázali sme, že pre každý registrový stroj vieme zostrojiť sekvenčný P systém s inhibítormi, ktorý v akceptačnom móde zastaví na rovnakých vstupoch ako registrový stroj.

2018-01-11

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 P_1 pomocou sekvenčného P systému s inhibítormi P_2
- Každý maximálne paralelný krok P_1 simulujeme pomocou sekvenčného kroku P_2
- Maximálne paralelný krok realizujeme na 4 fázy
 - ADD
 - INSTRUKCIA
 - SEKVENČNÝ
 - PRESTOP

V generatívnom móde sme sa rozhodli pre simuláciu maximálne paralelného P systému P_1 pomocou sekvenčného P systému s inhibítormi P_2 .

NEXT SLIDE

Každý maximálne paralelný krok P_1 simulujeme pomocou niekoľkých sekvenčných krokov P_2 .

2018-01-11

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 P_1 pomocou sekvenčného P systému s inhibítormi P_2
- Každý maximálne paralelný krok P_1 simulujeme pomocou sekvenčného kroku P_2
- Maximálne paralelný krok realizujeme na 4 fázy
 - ADD
 - INSTRUKCIA
 - SEKVENČNÝ
 - PRESTOP

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

2018-01-11

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 P_1 pomocou sekvenčného P systému s inhibítormi P_2
- Každý maximálne paralelný krok P_1 simulujeme pomocou sekvenčného kroku P_2
- Maximálne paralelný krok realizujeme na 4 fázy
 - ADD
 - INSTRUKCIA
 - SEKVENČNÝ
 - PRESTOP

V prvej fáze RUN v P_2 po jednom prepisujeme symboly pomocou pravidiel zodpovedajúcim pravidlám v P_1 , akurát produkty si označujeme, aby neboli znovu použité, kým neskončí simulácia jedného maximálne paralelného kroku. Pomocou inhibítorov zistíme moment, kedy sa už v P_2 nedá aplikovať žiadne ďalšie pravidlo, ktoré by sa mohlo zahrnúť do multimnožiny pravidiel aplikovaných v P_1 . To nám zaručí, že aplikované pravidlá sú maximálnou multimnožinou a môžeme prejsť do simulácie ďalšieho maximálne paralelného kroku.

2018-01-11

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
- Kľúčové maximálne paralelné kroky Γ_1 simulácie sekvenčného kroku Γ_2
- Maximálne paralelné kroky realizované na 4 fáz:
 - FIN
 - SYNCHRONIZE
 - SENDDOWN
 - 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.

2018-01-11

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
- Kľúčové maximálne paralelné kroky Γ_1 simulácie sekvenčného kroku Γ_2
- Maximálne paralelné kroky realizované na 4 fáz:
 - FIN
 - SYNCHRONIZE
 - SENDDOWN
 - 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.

2018-01-11

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
- Problém výskytu pre Petriho sieť
- Regulárne, výpočetné možnosti, pravidlá a priorita
- Výsledok rýchlosti simulácie

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, keďže podobné výsledky s inhibítormi už boli ukázané pre Petriho sieť, 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.


2018-01-11

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. 

2018-01-11

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: $a \rightarrow [a]_c$
- $a \in \Sigma^+ \cup \{c\}$, $c \in \Sigma$
- Bez toho je prázdna podmienka na vytvorenie membrány (Pravidlo 2)
- Existencia nekonečného výpočtu
- Neexistencia nekonečného 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

2018-01-11

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)končného 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.

2018-01-11

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
 - $i \in \Sigma^+ \cup \{c\}$, $c \in \Sigma$
- Pravidlo P systému je $(\Gamma, C_0, R_1, R_2, \dots, R_n)$, kde
 - Γ je množina pravidiel
 - C_0 je množina pravidiel
 - R_i 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.

2018-01-11

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
 - $i \in \Sigma^+ \cup \{c\}$, $c \in \Sigma$
- Pravidlo P systému je $(\Gamma, C_0, R_1, R_2, \dots, R_n)$, kde
 - Γ je množina pravidiel
 - C_0 je množina pravidiel
 - R_i 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.

2018-01-11

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.

2018-01-11

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.

2018-01-11

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.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Existencia nekonečného výpočtu

- Existencia usporiadania \leq
 - $\rightarrow C_1 \leq (T, A, M)$
 - $\rightarrow C_2 \leq (T, A, M)$
 - $\rightarrow C_1 \leq C_2$ a $C_2 \leq C_1$ ekvivalencia $\rightarrow T_1 = T_2$ taký, že $M_1 \cup T_1 = M_2 \cup T_2$
 - $\rightarrow M_1 \cup T_1 \subseteq M_2 \cup T_2$
 - $\rightarrow M_2 \cup T_2 \subseteq M_1 \cup T_1$
- $\rightarrow C_1 \leq C_2 \Rightarrow$ 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 .

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

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

Existencia nekonečného výpočtu

- Dôkazna lema: Pre každú nekonečnú postupnosť a_i nad \mathbb{N} existujú $i < j$ také, že $a_i \leq a_j$.
- Pre každú nekonečnú postupnosť konfigurácií existuje C_1, C_2 taká, že $C_1 \rightarrow^* C_2$ 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 $C_1 \leq C_2$.

2018-01-11

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 sa cesta z počiatočnej konfigurácie existuje C_1 taká, že C_2 pokrýva C_1 , tak nekonečný výpočet existuje. Ak traverzovanie skončilo, tak nekonečný výpočet neexistuje.
- Ak traverzovanie skončilo \Rightarrow NE!

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.

2018-01-11

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 konečného 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.

2018-01-11

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. ☹️

2018-01-11

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

- Injekcia a biotická system
- Některé rozhodčí je reprezentovat přesný počet objektů
- Nepraktická analýza kvůli velkým stavovému priestoru

Inšpirácia pre tento variant pramenila z formalizmu Reaction systems. Nahradili sme obsah membrány, kde namiesto multimnožín uvažujeme množiny objektov.

NEXT SLIDE

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.

2018-01-11

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

- [T] každý objekt sa ignoruje
 - Existencia pravidla nie je deterministická.
 - Existencia a kvantifikácia objektov.
 - Existencia množiny je rovnaká ako množina.
- [E, non-enabled] computational step (-) sekvenčný [E]
- Existencia a kvantifikácia objektov
- Variants:
 - Pravidlá bez konfliktu (objekt sa môže objaviť ako reakčný alebo so stavovými pravidlami)
 - Ak je objekt prítomný v pravom pravidle ako reaktant, bude spotrebovaný

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 pravidiel 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.

2018-01-11

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

- [T] každý objekt sa ignoruje
 - Existencia pravidla nie je deterministická.
 - Existencia a kvantifikácia objektov.
 - Existencia množiny je rovnaká ako množina.
- [E, non-enabled] computational step (-) sekvenčný [E]
- Existencia a kvantifikácia objektov
- Variants:
 - Pravidlá bez konfliktu (objekt sa môže objaviť ako reakčný alebo so stavovými pravidlami)
 - Ak je objekt prítomný v pravom pravidle ako reaktant, bude spotrebovaný

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. Ak je objekt použitý aspoň v jednom pravidle ako reaktant, bude spotrebovaný.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

Aktívny P systém

Aktívny P systém

- Membránna konfigurácia (T, i, c) , kde
 - T je množina biotických
 - $i \in V(T) \cup \{\emptyset, \neg\}$
 - $c \in V(T) \cup \{\emptyset, \neg\}$
- Množina P systémov je $(E, C, R, R_0, R_1, \dots, R_n)$, kde
 - E je množina
 - C je množina
 - R je množina pravidel

Na tomto mieste by som chcel znovu pripomenúť definíciu aktívneho P systému.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

Iné spôsoby vytvárania membrány

Iné spôsoby vytvárania membrány

- Právnym spôsobom definície
- Vytváranie membrány, ktorá je náhodná
- Právnym spôsobom definície
- Inject or create
- Wrap or create

Pravidlá, ktoré vytvárajú nové membrány, majú isté problémy.

Napríklad, čo sa stane, ak sa dva krát po sebe vytvorí membrána s tým istým označením? Tu máme dve možnosti. Bud vytvorenie druhej membrány v definícii nejakým spôsobom zakážeme, aby sme zachovali invariant, kde existuje iba jedna membrána s daným označením. Alebo povolíme dve susedné membrány s rovnakým označením, ale potom treba riešiť situáciu, keď sa posiela objekt do membrány, či sa pošle do jednej, alebo do oboch.

Podľa pôvodnej definície je pravidlo neaplikovateľné aj v prípade, keď sa posiela objekt do membrány s označením, ktoré sa v aktuálnom regióne nenachádza.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

Iné spôsoby vytvárania membrány

Iné spôsoby vytvárania membrány

- Právnym spôsobom definície
- Vytváranie membrány, ktorá je náhodná
- Právnym spôsobom definície
- Inject or create
- Wrap or create

Preto sme vymysleli alternatívne definície vytvárania membrány.

Inject or create zjednocuje pravidlo pre posielanie a pravidlo pre vytváranie membrány. V prípade, ak membrána s daným označením existuje, tak sa daný objekt do nej pošle. Ak neexistuje, tak sa daný objekt zabalí do novej membrány.

NEXT SLIDE

Wrap or create ponecháva explicitné pravidlo na vytvorenie novej membrány, ale ak membrána s daným označením už existuje, tak ju zabalí do novej membrány s tým istým označením.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

Zhrnutie výsledkov

Zhrnutie výsledkov

	injection	wrap
injection	100%	100%
wrap	100%	100%
injection or create	100%	100%
wrap or create	100%	100%

Pri všetkých variantoch sme ukázali Turingovskú úplnosť pomocou simulácie registrového stroja. Jednotlivé simulácie sme medzi sebou porovnali s ohľadom na dve veličiny. Merali sme maximálny počet membrán v niektorej konfigurácii P systému v závislosti od najvyššej hodnoty registra. A tiež sme merali počet krokov výpočtu P systému potrebných na simuláciu jedného kroku registrového stroja. V prvom riadku tabuľky je jednoduchá simulácia podľa pôvodnej definície, ktorá nie je veľmi efektívna. Na jeden krok registrového stroja je potrebných až $O(n)$ krokov.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Sekvenčné P systémy s množinami namiesto multimnožín

Zhrnutie výsledkov

Zhrnutie výsledkov

	injection	wrap
injection	100%	100%
wrap	100%	100%
injection or create	100%	100%
wrap or create	100%	100%

Pomocou binárneho označenia membrán sa nám podarilo optimalizovať túto simuláciu na logaritmický čas.

NEXT SLIDE

Pomocou sémantika inject or create sa sa podarilo simulovať registrový stroj podobným spôsobom s tou istou zložitou.

NEXT SLIDE

Sémantika wrap or create sa ukázala ako vhodnejšia, čo sa týka časovej zložitosti, ale počet vytvorených membrán v simulácii sa znížiť nepodarilo.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Detekcia prázdnosti membrán

Vyjadrenia k posudkom (doc. Sosík)

Vyjadrenia k posudkom (doc. Sosík)

- In rule 6 at p. 36, label 2 of the membrane should be 1
- $\forall i: i \leq |a| \rightarrow i \in [a]_i$

Má tam byť i namiesto 1.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Detekcia prázdnosti membrán

Vyjadrenia k posudkom (doc. Sosík)

Vyjadrenia k posudkom (doc. Sosík)

- It is not clear where Proof 4.4.1 ends. Example 4.4.1 covers the general part of the proof (translation of rules of a register machine into a P system), hence it should be directed to its conclusion.
- Dôkaz 4.4.1 na druhej strane. Example 4.4.1 je jeden odseok v časti: From this property follows

Dôkaz 4.4.1 má dve strany, Example 4.4.1 ukazuje konfiguráciu P systému pre ukážkovú konfiguráciu registrového stroja. Je to jeden odstavec v strede dôkazu, ktorý potom ešte pokračuje. Správne by mal byť example až po skončení dôkazu.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Detekcia prázdnosti membrán

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

- Dôkaz nepre vyžaduje drobnú úpravu pre prípad $M(a_i) > 1$ pravidlo 6 (na str. 36)
- Áno, dôkaz funguje len pre pravidlá s ľavou stranou rôznou nulasťou 2
- $\forall i \in [a]$ such that $i_1 \leq i_2 \leq \dots \leq i_n$ then $a_{i_1}^{(1)} \rightarrow a_{i_2}^{(2)} \rightarrow \dots \rightarrow a_{i_n}^{(n)}$

we will have the following rules

$$[a]_i \leq [a]_j \leq [a]_k \rightarrow [a]_i^{(1)} \rightarrow [a]_j^{(2)} \rightarrow [a]_k^{(3)}$$

we will have the following rules

$$[a]_i \leq [a]_j \leq [a]_k \rightarrow [a]_i^{(1)} \rightarrow [a]_j^{(2)} \rightarrow [a]_k^{(3)}$$

Dôkaz zrejme vyžaduje drobnú úpravu pre prípad $M(a_i) > 1$

NEXT SLIDE

Áno, máte pravdu. Dôkaz funguje len pre pravidlá s ľavou stranou veľkosti nanajvýš 2.

V simulácii sa vytvárajú objekty označené bodkou, v regione môže byť nanajvýš jeden objekt označený bodkou. Tento sa dá používať pri prepisovacích pravidlách rovnako, ako by to bol objekt bez bodky.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Detekcia prázdnosti membrán

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

- Dôkaz nepre vyžaduje drobnú úpravu pre prípad $M(a_i) > 1$ pravidlo 6 (na str. 36)
- Áno, dôkaz funguje len pre pravidlá s ľavou stranou rôznou nulasťou 2
- $\forall i \in [a]$ such that $i_1 \leq i_2 \leq \dots \leq i_n$ then $a_{i_1}^{(1)} \rightarrow a_{i_2}^{(2)} \rightarrow \dots \rightarrow a_{i_n}^{(n)}$

we will have the following rules

$$[a]_i \leq [a]_j \leq [a]_k \rightarrow [a]_i^{(1)} \rightarrow [a]_j^{(2)} \rightarrow [a]_k^{(3)}$$

we will have the following rules

$$[a]_i \leq [a]_j \leq [a]_k \rightarrow [a]_i^{(1)} \rightarrow [a]_j^{(2)} \rightarrow [a]_k^{(3)}$$

Ale umožňuje zistiť, kedy už pravidlo, ktoré má na ľavej strane 2 rovnaké objekty, nie je aplikovateľné.

Pre pravidlá s ľavou stranou obsahujúcou 3 rovnaké objekty 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.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Detekcia prázdnosti membrán

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

- Prípad na formuláciu v dôkaz 4.2.6. Niekedy sa vyskytne prípad, keď je v konfigurácii a v nej existuje aj pravidlo. Analogicky v dôkaz 4.2.7 treba zmeniť aj pravidlo na nasledujúce
- Áno, na tom by nebolo. Hoci je uvedené znamienko \leq , v tomto je pravidlo "increasing"

V dôkazoch treba rastúci pár zameniť za neklesajúci pár.

Áno, má tam byť neklesajúci. Hoci je uvedené znamienko \leq , v texte je použité "increasing".

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Detekcia prázdnosti membrán

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

- Ak parametrom kedy ako reťazec, $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť aj v skutočnosti, keď parametrom "increasing" nie je
- $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť aj v skutočnosti, keď parametrom "increasing" nie je
- $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť aj v skutočnosti, keď parametrom "increasing" nie je

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 kodovaní nie je alfabetické, ale podľa pozícií. Na to, aby bolo jedno kodovanie 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.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Detekcia prázdnosti membrán

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

- Ak parametrom kedy ako reťazec, $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť aj v skutočnosti, keď parametrom "increasing" nie je
- $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť aj v skutočnosti, keď parametrom "increasing" nie je
- $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť aj v skutočnosti, keď parametrom "increasing" nie je

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 kodovanie pozostáva z dvoch častí. Uvádzam príklady dvoch membránových konfigurácií. Prvá má poradové číslo 1, preto je nenulová iba prvá časť kodovania. Druhá má poradové číslo 2, preto je nenulová len druhá časť kodovania. Kodovanie jednej časti je zretazanie kodovania jednotlivých membrán po prechode preorderom. V prvej konfigurácii máme jeden objekt a a nula objektov b, preto sa kodovanie začína 10. Označenie membrány je 2, preto kodovanie má na príslušnej pozícii 1. Kodovanie druhej konfigurácie začína rovnako, 10, ale keďže má označenie 1, tak pokračuje 10. Vnútná membrána obsahuje jedno a a dve b, preto kodovanie pokračuje 12 a keďže má označenie 1, tak sa kodovanie zakončí 10.

2018-01-11

Biologicky motivované výpočtové modely

Skúmané varianty P systémov

Detekcia prázdnosti membrán

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

Vyjadrenia k posudkom (doc. Pardubská)

- Ak parametrom kedy ako reťazec, $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť aj v skutočnosti, keď parametrom "increasing" nie je
- $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť aj v skutočnosti, keď parametrom "increasing" nie je
- $enc(C_1) < enc(C_2)$ môže byť aj v skutočnosti, keď parametrom "increasing" nie je

Je nutné dávať dávať umelý predpoklad na ohraničenie počtu membrán?

NEXT SLIDE

V dôkaze využívame tento limit pri stanovení počtu navzájom neizomorfných stromov. Bez tohto umelého predpokladu by dôkaz nefungoval. Máme 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 nájdu dva prvky postupnosti s nejakou vlastnosťou, vďaka ktorej budeme môcť tvrdiť, že postupnosť je nekonečná.

