

Modelovanie kognitívneho zlyhania multiagentovým systémom so stigmergickou komunikáciou.

Andrej Lúčny

Ústav informatiky FMFI UK Bratislava a MicroStep-MIS
e-mail: andy@microstep-mis.sk

Abstrakt. Na modelovanie (časti) mysle navrhujeme použiť konkrétnu multiagentovú architektúru, ktorej najvýraznejšími rysmi sú tzv. rýdza reaktivita agentov a tzv. stigmergická komunikácia. Modelovanie ukazujeme na konkrétnom psychologickom experimente, pri ktorom ako vodiťko pri hľadaní správneho modelu používame kognitívne zlyhanie, ktoré skúmané osoby pri danom experimente vykazujú. Snažíme sa ukázať biologickú relevantnosť uvádzanej architektúry a naznačiť, že štruktúry vo vnútri našej mysle sa podobajú skôr na sto krát zaplátané nohavice, než na najnovší model od Diora.

1. Úvod

Tento príspevok je voľným pokračovaním môjho minuločného príspevku [6], v ktorom som modeloval správanie kutavky rodu *cerceris* pri zakladaní potomstva k čomu ma podnietil E. Gál svojou provokujúcou otázkou v [3]. Toto správanie je zaujímavé tým, že sa dá jednoduchou manipuláciou priviesť k zlyhaniu. V tejto súvislosti som sa pýtal, či aj my ľudia môžeme mať podobné citlivé miesta, na ktoré keď sa šikovne udrie, nereagujeme adekvátne. Spomenul som si vtedy na jeden vtíp, po prečítaní ktorého som sa vôbec nezasmial. „Toto má byť vtíp?“, pomyslel som si. Až hodne neskôr sa mi rozsvietilo, že to je skutočne skvelý vtíp. Keďže nerád zaostávam, skúsil som, či sú aj ostatní rovnako nechápaví (prítom som v spolupráci s diplomantom A. Kružicom upravil podľa rád I. Ruisela tento vtíp na psychologický experiment). A žasol som. Konkrétne išlo o nasledovné: Uvažujme nasledujúce dve po sebe položené otázky (prosím čitateľa aby na každú otázku do desiatich sekúnd odpovedal jedným číslom):

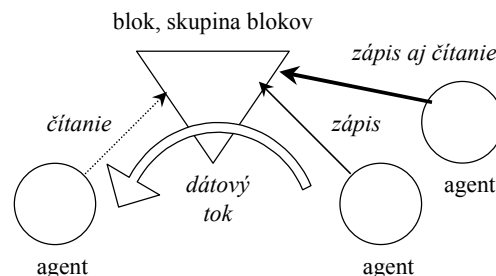
Kolko je do tucta korunáčok ? A kolko päťdesiathaliernikov ?

Už som pravda prezradil, že tu ide o figeľ, takže som dal čitateľovi veľkú šancu preuknúť ho. Pokiaľ tieto otázky položíte nič netušiacemu jednotlivému človeku tvárou v tvár (a nesmejte sa pritom), na prvý krát takmer určite neodpovie dvanásť / dvanásť (túto odpoveď som zatiaľ dostal iba pri masovejších testoch). Hoci po dôkladnom zvážení takmer každý uzná, že je to jediná správna odpoveď. Prvý raz však väčšina ľudí odpovie dvanásť / dvadsaťštyri a okrem toho sa vyskytuje ešte jedna bizarná nesprávna odpoveď (o nej sa zmienime neskôr). Čo stojí za týmto zlyhaním? Môže toto zlyhanie prezradiť niečo o štruktúrach v našej mysli, ktoré sa podieľajú na tvorbe odpovede týkajúcej sa počtu? Nastane porucha pri vnímaní otázky (ako zvykne tvrdiť väčšina skúmaných osôb), alebo ide o vnútornú vlastnosť mysle?

2. Prostriedky

Pokiaľ chceme túto situáciu nejako skúmať, musíme ju namodelovať. Na to

potrebujeme adekvátne prostriedky. (Programátorsky menej zdatný čitateľ môže v tomto mieste preskočiť na kapitolu 3.) Jedným z možných prostriedkov je **multiagentový systém** pozostávajúci z reaktívnych agentov interagujúcich prostredníctvom stigmergickej komunikácie [5]. Ide o architektúru, ktorú som odvodil z fúzie prác M. Minského [8] a R. Brooksa [1], inšpirovaný pojmoslovím distribuovanej umelej inteligencie [2] a multiagentových systémov [11], pričom výsledok v mohom korešponduje aj s jazykom pre paralelné výpočty LINDA a s jeho obrodenu podobou Java Space [12]. Podľa tejto architektúry sa systém skladá z prostredia a reaktívnych agentov. **Prostredie** obsahuje pomenované miesta - tzv. bloky, do ktorých možno zapisovať hodnoty a z ktorých možno hodnoty čítať. (V počítači zodpovedajú zdieľanej pamäti alebo vstupno-výstupným zariadeniam.) **Reaktívne agenty** sú procesy, ktoré donekonečna vykonávajú *sense-select-act-sleep* cyklus, pričom vo fáze *sense* čítajú hodnoty z určitých blokov v prostredí, vo fáze *select* na ne reagujú voľbou, do ktorých blokov a aké hodnoty treba zapísať vo fáze *act* a chvíľu nečinne čakajú vo fáze *sleep*. Nečinnosť vo fáze *sleep*, môže byť rôzne dlhá pre rôznych agentov a môže sa potenciálne dynamicky meniť (uvažujeme ju hlavne preto, že nepoužívame paralelný počítač). Popísať agenta môžeme kódom (budeme na to používať jazyk C), ktorý vykonáva pri jednom prechode svojim cyklom. Pritom je dôležité či agent používa také premenné, ktorých hodnotu potrebuje preniesť medzi dvomi prechodmi cyklu. Agent, ktorý takéto globálne premenné nepožíva, budeme nazývať reaktívnym agentom bez vnútorného stavu, či **rýdzo reaktívnym agentom**. Agenty môžu spolu komunikovať len nepriamo (zapisovaním a čítaním blokov v prostredí), so všetkými rizikami a nepresnosťami (ale aj výhodami), ktoré z toho plynú (napríklad odkaz agenta A agentovi B môže byť čítaný aj modifikovaný agentom C). Takáto výmena hodnôt sa zvykne nazývať **stigmergickou komunikáciou** (od slova stigma - značka).



Pokiaľ je nejaký blok zapisovaný viacerými agentami, nedá sa zaručiť, že slovo jedného z nich prevládne nad ostatnými (tu ide o zmenu oproti subsumpčnej architektúre R. Brooksa, kde moduly zodpovedajú našim reaktívnym agentom, komunikačné vedenia našim blokom, ale kde panujú priority dané poradím supresorov a inhibítorov na vedení). V našej architektúre neexistuje prioritnejší agent, môžeme mať iba agenta intenzívnejšie zapisujúceho do bloku svoju hodnotu. Bloky v prostredí nie je potrebné vytvárať špecifickou operáciou (čo je zase rozdiel oproti jazyku LINDA), pri čítaní bloku, ktorý nikdy nebol zapísaný dostaneme nedefinovanú hodnotu (označujeme znakom '?'). Bloky majú svoj čas zápisu (resp. je možné nejako rozlíšiť dve rovnaké hodnoty zapísané v rôznom čase) a môžu mať ohraničenú platnosť (po určitom čase sa zapísaná hodnota sama zmení na nedefinovanú). Túto architektúru možno inak použiť na bežné účely, sám ju používam oveľa častejšie na tvorbu monitorovacích systémov, než na tvorbu modelov mysle. Ale obsahuje v tomto ohľade čosi zaujímavé a pokúsim sa to v ďalšom texte predviesť.

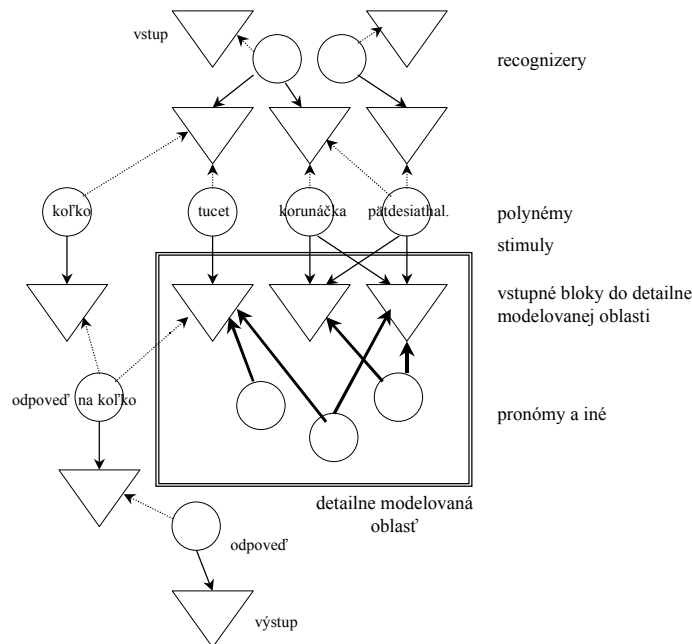
3. Modelovanie

Modelovať budeme tú časť mysle, ktorá sa podieľa na tvorbe odpovede v modelovom príklade a niekoľkých ďalších, v ktorých vystupujú rovnaké objekty, ale k žiadnym kognitívnym zlyháním k nim nedochádza. Konkrétne pôjde o nasledujúce dvojice otázok (v hranatých zátvorkách sú vždy uvedené požadované odpovede):

- (a) *Koľko je do tucta korunáčok? A koľko päťdesiathaliernikov?* [12, väčšinou 24]
- (b) *Koľko je do tucta korunáčok korunáčok? A koľko päťdesiathaliernikov?* [12,24]
- (c) *Koľko je do tucta korunáčok? A koľko je do tucta päťdesiathaliernikov?* [12,12]
- (d) *Koľko je do tucta korunáčok päťdesiathaliernikov? A koľko korunáčok?* [24,12]

Tých otázok možno postulovať samozrejme viac, vyberáme tu tie, ktoré sú potrebné pre ďalšie úvahy, zvyšné možno použiť na verifikáciu navrhnutých modelov.

Pri modelovaní je samozrejme veľký problém pracovať s adekvátnou časťou mysle, preto sa budeme riadiť pravidlom, že budeme modelovať čo najmenšiu časť schopnú vygenerovať požadované odpovede. V skutočnosti môže byť aj táto časť prepojená s inými časťami mysle voľnou väzbou, tieto vplyvy tu zanedbávame (hoci sa môžu prejaviť i pri experimentoch s ľuďmi). V hrubých rysoch môžeme systém načrtnúť nasledovne:



Vstupnú časť systému tvoria agenti spracúvajúce obrazovú, či zvukovú informáciu. Tá v konečnom dôsledku vedie k aktivácii agentov tucet, korunáčka, päťdesiathaliernik a agenta koľko, opierajúceho sa okrem prozodie otázky aj o výskyt predložky ‘do’ indikujúcej, že požadovanou odpoveďou je číslo bez udania jednotky či miery. Tie zapisujú rôzne hodnoty do rôznych blokov, predstavujúcich vstupnú bránu do vnútorného spracovania, a to podľa ich špecifického charakteru (v zmysle [8] ide o tzv. polynémy, aktivované inými agentami, tzv. recognizermi). Nad týmito a prípadne ďalšími vnútornými blokmi pracujú agenti tvoriace nami modelovanú časť mysle (väčšinou tzv. pronómy, podľa [8]). Tieto svojou činnosťou pripravujú v určitom bloku odpoveď. Tú potom v istý okamih prevezme agent odpoveď na koľko (špecializovaný

na zdetekovaný typ odpovede) potom, čo ponechal vnútorným agentom určitý čas na prácu.

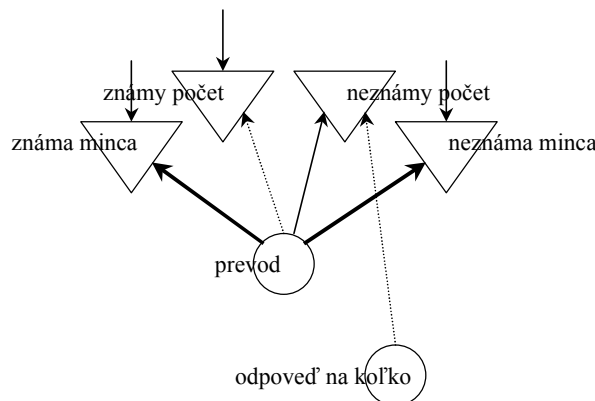
Je nutné poznamenať, že táto hrubá štruktúra vyplýva hlavne zo zvoleného prostriedku na modelovanie mysle. Multiagentový systém rovnakého typu plniaci úlohu monitorovacieho či riadiaceho systému, nemajúci nič spoločné s modelovaním mysle, má veľmi podobnú štruktúru. Je teda daná predpokladom, že myseľ možno takýmto prostriedkom modelovať. Bloky predstavujúce vstupné brány do modelovanej časti systému sa budú pri jednotlivých modeloch meniť. Polynémy **tucet**, **korunáčka** a ďalšie sú dané potenciálnymi možnosťami spracovania zvukových či obrazových informácií multiagentovým systémom a ich správanie je v jednotlivých modeloch rôzne. V ďalšom sa nimi nebudeme zaoberať a budeme priamo definovať povahu vstupných blokov predpokladajúc, že sa dá nakódovať také správanie týchto agentov, že túto povahu zabezpečí. V zmysle tejto hrubej štruktúry môžeme premeniť vstupné otázky na nasledovné (polynemické) podnety (v poradí podľa času aktivácie):

- (a) *Koľko je do tučta korunáčok? A koľko päťdesiathaliernikov?*
tucet - korunáčka - koľko - päťdesiathaliernik - koľko
- (b) *Koľko je do tučta korunáčok korunáčok? A koľko päťdesiathaliernikov?*
tucet - korunáčka - korunáčka - koľko - päťdesiathaliernik - koľko
- (c) *Koľko je do tučta korunáčok? A koľko je do tučta päťdesiathaliernikov?*
tucet - korunáčka - koľko - tucet - päťdesiathaliernik - koľko
- (d) *Koľko je do tučta korunáčok päťdesiathaliernikov? A koľko korunáčok?*
tucet - korunáčka - päťdesiathaliernik - koľko - korunáčka - koľko

Hoci časové odstupy medzi týmito impulzami hrajú v multiagentovom systéme nezanedbateľnú rolu, nateraz predpokladajme, že sú dostatočne veľké, aby sa každý modelovaný agent mohol dostatočne realizovať.

4. Bezosporný model

Podme teraz nejako navrhnuť nejakú konkrétnu štruktúru modelovanej časti (vyznačenej na vyššie uvedenom obrázku). Skúsme sa na začiatok oprieť o klasické vysvetlenie, ktoré väčšinou poskytujú skúmané osoby. Tie svoje zlyhanie poväčšine odôvodňujú zlým pochopením otázky. Takýto typ vysvetlenia by mohol vychádzať z nasledovnej štruktúry: Budeme mať tri vstupné bloky: **známy počet**, **známa minca**, **neznáma minca** a jeden výstupný blok: **neznámy počet**.



Nad nimi bude operovať jediný agent prevod mincí, ktorý zabezpečuje prevod „známych“ blokov na „neznáme“. V každom kroku odčíta hodnoty zo všetkých štyroch blokov a doplní tie hodnoty ktoré môže, predpokladajúc, že:

- pokiaľ je nejaká mincovná jednotka neznáma, tak ide o ten istý počet
 - ak ide o neznámy počet, ide o tú istú mincu
 - ak sú obe jednotky známe, neznámy počet sa doplní podľa ich vzájomného pomeru.
- V každom cykle bude teda agent prevod mincí vykonávať nasledovný kód (pripomíname, že „zmenený“ sa chápe ako zapísaný v inom čase - nie ako majúci inú hodnotu, že reakcia agenta môže pozostávať z viacerých prechodov jeho cyklom a že výsledok operácie nad nedefinovanou hodnotou je nedefinovaná hodnota):

```
if (zmeneny(znAMY_pocet)) znama_minca = ?;
else if (znama_minca == ?) neznAMY_pocet = znAMY_pocet;
else if (neznama_minca == ?) neznama_minca = znama_minca;
else neznAMY_pocet = znAMY_pocet * znama_minca / neznama_minca;
```

Činnosť tohto agenta, napríklad na vete (d), môžeme znázorniť sekvenčným diagramom zobrazujúcim zmeny obsahu blokov na základe vstupných podnetov alebo reakcie agenta (odpoveď znázorňujeme výraznejším fontom):

(d) *Koľko je do tucta korunáčok päťdesiathaliernikov? A koľko korunáčok?* [24,12]

Podnet/reakcia	<u>známy počet</u>	<u>známa minca</u>	<u>neznámy počet</u>	<u>neznáma minca</u>
tucet	12	?	?	?
reakcia	12	?	12	?
korunáčka	12	1Sk	12	?
reakcia	12	1Sk	12	1Sk
päťdesiathaliernik	12	1Sk	12	50hal
reakcia + koľko	12	1Sk	24	50hal
korunáčka	12	1Sk	24	1Sk
reakcia + koľko	12	1Sk	12	1Sk

Dostávame očakávanú odpoveď 24, 12. Nie je na tom nič úchvatné a použitie multiagentového systému tu celý proces iba zbytočne komplikuje, lebo to oveľa jednoduchšie namodelujeme nejakým klasickým prostriedkom: produkčným systémom napríklad. Výsledná odpoveď totiž pri tomto riešení vôbec nezávisí od poradia vstupných impulzov v čase. Pozrime sa však na to, či toto riešenie stačí. Pre úplnosť uvedme ešte sekvenčné diagramy pre (c) a (b):

(c) *Koľko je do tucta korunáčok? A koľko je do tucta päťdesiathaliernikov?* [12,12]

Podnet/reakcia	<u>známy počet</u>	<u>známa minca</u>	<u>neznámy počet</u>	<u>neznáma minca</u>
tucet	12	?	?	?
reakcia	12	?	12	?
korunáčka	12	?	12	1Sk
reakcia + koľko	12	?	12	1Sk
tucet	12	?	12	1Sk
reakcia	12	?	12	1Sk
päťdesiathaliernik	12	?	12	50hal
reakcia + koľko	12	?	12	50hal

(b) *Koľko je do tucta korunáčok korunáčok? A koľko päťdesiathaliernikov?* [12,24]

Podnet/reakcia	<u>známy počet</u>	<u>známa minca</u>	<u>neznámy počet</u>	<u>neznáma minca</u>
<u>tucet</u>	12	?	?	?
reakcia	12	?	12	?
<u>korunáčka</u>	12	1Sk	12	?
reakcia	12	1Sk	12	1Sk
<u>korunáčka</u>	12	1Sk	12	1Sk
reakcia + <u>koľko</u>	12	1Sk	12	1Sk
<u>päťdesiathaliernik</u>	12	1Sk	12	50hal
reakcia + <u>koľko</u>	12	1Sk	24	50hal

Lahko vidno, že dostaneme očakávané odpovede, pokiaľ príslušné polynémy správne rozpoznejú čo vo vete predstavuje známu a čo neznámu mincovnú jednotku. Uvedený model by sme mohli verifikovať ďalšími otázkami, ako napríklad:

Koľko je do tucta korunáčok? A do kopy ? [12,60] prípadne:

Koľko je do tucta korunáčok? A do kopy päťdesiathaliernikov? [12,60]

Koľko je do tucta korunáčok? A päťdesiathaliernikov do kopy? [12,60]

Dostaneme správnu odpoveď, samozrejme musíme si pridať polynemického agenta kopa zapisujúceho 60 do bloku známy počet. Poďme sa však pozrieť na onú háklivú otázku (a). Tu je príslušný sekvenčný diagram:

(a) *Koľko je do tucta korunáčok? A koľko päťdesiathaliernikov?*

Podnet/reakcia	<u>známy počet</u>	<u>známa minca</u>	<u>neznámy počet</u>	<u>neznáma minca</u>
<u>tucet</u>	12	?	?	?
reakcia	12	?	12	?
<u>korunáčka</u>	12	?	12	1Sk
reakcia + <u>koľko</u>	12	?	12	1Sk
<u>päťdesiathaliernik</u>	12	?	12	50hal
reakcia + <u>koľko</u>	12	?	12	50hal

Vidíme, že máme problém. Výsledná odpoveď je 12, čo je síce logicky správne, ale je to v rozpore s pozorovaním. Do súladu s pozorovaním možno tento model uviesť iba na základe vyššie uvedeného vysvetlenia favorizovaného skúmanými osobami, a to síce tým, že polynemický agent korunáčka zapíše omylom hodnotu 1Sk do bloku známa minca, miesto do bloku neznáma minca (prípadne do oboch):

(a) *Koľko je do tucta korunáčok? A koľko päťdesiathaliernikov?*

Podnet/reakcia	<u>známy počet</u>	<u>známa minca</u>	<u>neznámy počet</u>	<u>neznáma minca</u>
<u>tucet</u>	12	?	?	?
reakcia	12	?	12	?
<u>korunáčka</u>	12	1Sk	12	?
reakcia + <u>koľko</u>	12	1Sk	12	1Sk
<u>päťdesiathaliernik</u>	12	1Sk	12	50hal
reakcia + <u>koľko</u>	12	1Sk	24	50hal

Mohlo by to tak byť, ale prečo sa agent korunáčka nepomýli napríklad v prípade (d) ? (V prípade b a c mu tento omyl neuškodí.) Aby sa nemýlil rovnako a nedával odpovede [12,12] či dokonca [6,6], musela by sa veta parsovať sprava, čo pre slovenský jazyk rozhodne nie je typické. Ešte závažnejším nedostatkom je prípad

Koľko je do tucta korunáčok päťdesiathaliernikov? A koľko korunáčok? [24,12]

ktorý dáva odpoveď [24,24], ak agent korunáčka v druhej vete urobí omyl, ktorým sme vysvetlili zlyhanie pri (a). Takejto odpovede však človek nie je schopný.

Okrem toho možno ľahko agenta korunáčka nakódovať tak, že je neomylný (hoci pritom musí parsovať aj zprava). Stačí ak sa pri výskyte niektorého tvaru slova „korunáčka“ pozrie čo nasleduje po počte a či sa súčasne vo vete pred počtom alebo za týmto výskytom nenachádza druhý výskyt tohto slova alebo výskyt inej mince. Vtedy pôjde o známu mincu. V opačnom prípade pôjde o mincu neznámu.

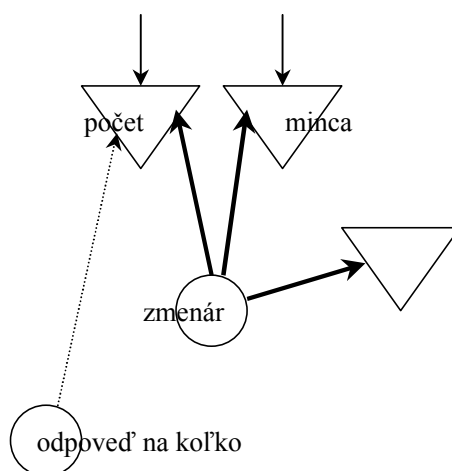
Navyše pokiaľ by šlo o nejaké vybočenie z normálnych koľají, nemohlo by sa vyskytovať s pravdepodobnosťou blížiacou sa istote.

Takže hoci nedokážeme vylúčiť, že uvedený model je dobrý, máme niekoľko dobrých indícií naznačujúcich, že nie je. Vieme nájsť lepší? Vieme nájsť taký, že modelované zlyhanie bude dané vnútornou štruktúrou systému? A využijeme pri tom nejakú vlastnosť multigentovej architektúry, ktorú klasické prostriedky nedokážu poskytnúť?

5. Správny model

O toto sa snažiac, každý rýchlo nahliadne, že nesmieme mať v modeli vstupné bloky známa minca a neznáma minca, ale spoločný blok minca. Pokiaľ máme mince rôzneho významu nepomíšané, môžeme už len veľmi umelo spôsobiť asymetriu, ktorá sa prejaví pri zlyhaní (napríklad pridaním agenta, ktorý zdetekuje presne danú situáciu a práve vtedy zaškodí). My ale chceme prirodzené riešenie, z ktorého sa zlyhanie nebude dať zredukovať na logicky správne fungujúci systém. Uvažujme preto nasledujúci model: Majme dva bloky – počet a minca, nad ktorými operuje agent zmenár. Tento si vždy vnútorne zapamätá posledný stimul z bloku minca. Aby to mohol byť rýdzo reaktívny agent bez vnútorného stavu, má na to blok predošlá minca. (Výhodu tohto riešenia oproti reaktívnemu agentovi s vnútorným stavom uvidíme neskôr.)

Tento „svoj“ blok si vymaže, ak zdetekuje zmenu bloku počet (pričom musí ísť o zmenu, ktorú nespôsobil sám). Ak zase zdetekuje zmenu bloku minca, zmení počet adekvátne pomeru medzi predošlou a novou mincou a novú mincu si uloží na miesto predošlej.



Jeden prechod jeho cyklu je teda možné nakódovať nasledovne (opäť pripomíname, že výsledkom operácie nad nedefinovanou hodnotou je nedefinovaná

hodnota):

```

if (zmeneny(pocet)) predosla_minca = ?;
else if (zmenena(minca)) {
    pocet = pocet * predosla_minca / minca;
    predosla_minca = minca;
}

```

Hoci nenadchýňa predstava, že môžeme na logicky postavenú otázku odpovedať iba s ohľadom na poradie typov mincí, neuvažujúc ich význam, poďme sa pozrieť čo na tento model hovoria sekvečné diagramy pre jednotlivé prípady:

(d) *Kolko je do tucta korunáčok päťdesiathaliernikov? A kolko korunáčok?* [24,12]

Podnet/reakcia	počet	minca	predošlá minca
<u>tucet</u>	12	?	?
reakcia	12	?	?
<u>korunáčka</u>	12	1Sk	?
reakcia	12	1Sk	1Sk
<u>päťdesiathaliernik</u>	12	50hal	1Sk
reakcia + <u>kolko</u>	24	50hal	50hal
<u>korunáčka</u>	24	1Sk	50hal
reakcia + <u>kolko</u>	12	1Sk	1Sk

(c) *Kolko je do tucta korunáčok? A kolko je do tucta päťdesiathaliernikov?* [12,12]

Podnet/reakcia	počet	minca	predošlá minca
<u>tucet</u>	12	?	?
reakcia	12	?	?
<u>korunáčka</u>	12	1Sk	?
reakcia + <u>kolko</u>	12	1Sk	1Sk
<u>tucet</u>	12	1Sk	1Sk
reakcia	12	1Sk	?
<u>päťdesiathaliernik</u>	12	50hal	?
reakcia + <u>kolko</u>	12	50hal	50hal

(b) *Kolko je do tucta korunáčok korunáčok? A kolko päťdesiathaliernikov?* [12,24]

Podnet/reakcia	počet	minca	predošlá minca
<u>tucet</u>	12	?	?
reakcia	12	?	?
<u>korunáčka</u>	12	1Sk	?
reakcia	12	1Sk	1Sk
<u>korunáčka</u>	12	1Sk	1Sk
reakcia + <u>kolko</u>	12	1Sk	1Sk
<u>päťdesiathaliernik</u>	12	50hal	1Sk
reakcia + <u>kolko</u>	24	50hal	50hal

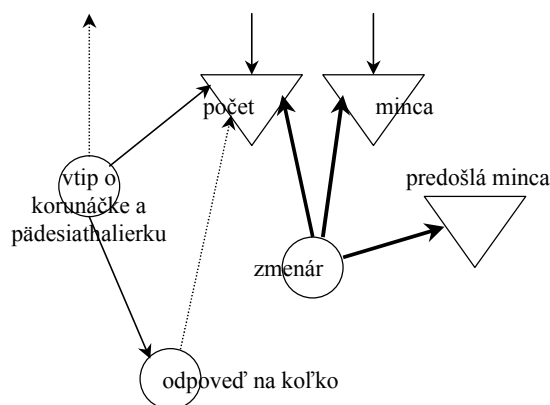
Zatiaľ je všetko v poriadku. Teraz poďme na kritický prípad:

(a) *Kolko je do tucta korunáčok? A kolko päťdesiathaliernikov?*

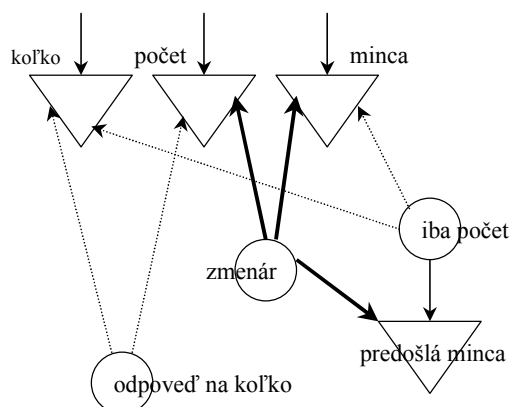
Podnet/reakcia	počet	minca	predošlá minca
<u>tucet</u>	12	?	?
reakcia	12	?	?
<u>korunáčka</u>	12	1Sk	?
reakcia + <u>kolko</u>	12	1Sk	1Sk
<u>päťdesiathaliernik</u>	12	50hal	1Sk

reakcia + <u>koľko</u>	24	50hal	50hal
------------------------	----	-------	-------

Vidíme, že pri tomto modeli nie potrebné žiadne vybočenie zo zabehaných koľají, žiadna porucha vnímania. Pri tomto modeli máme proste systém, ktorý na danú otázku dáva nesprávnu odpoveď. Zrejme tu ide aj o najjednoduchší systém, ktorý poskytuje na uvedené štyri otázky odpovede, ktoré sú v súlade s pozorovaním. Jemný rozdiel spočíva len v tom, že medzi skúmanými osobami sa predsa len nájdu takí, ktorí odpovedia správne. Medzi nimi značnú časť môžu tvoriť tí, ktorí vtíp poznajú a vyvinuli si teda agenta vtíp o korunačke a päťdesiathalierniku, ktorý zariadi, že odpoveď agenta zmenár sa neberie v úvahu, resp. iba s malou pravdepodobnosťou. Stačí ak takýto agent bude intenzívne zapisovať 12 do bloku počet, prípadne môže aj vybudovať agenta odpoveď na koľko, aby odpovedal rýchlejšie než inokedy.

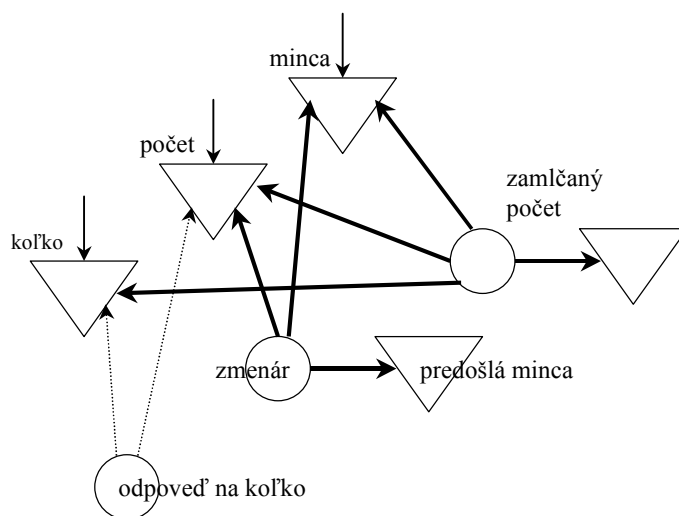


Medzi správne odpovedajúcimi sa ďalej môžu vyskytnúť tí, ktorí majú osobitne zavedenú schopnosť rozpoznať, že sa v prípade (a) jedná o počet bez udania miery. Majú teda agenta iba počet, ktorý knokautuje agenta zmenár, keď zistí, že už bola položená celá otázka, ale iba raz sa pritom zmenil blok minca. Knokaut zrealizuje tak, že do bloku predošlá minca zapíše nedefinovanú hodnotu. Tu je veľmi pekne vidieť, ako je dôležité obmedzovať sa pri tvorbe modelu na rýdzo reaktívne agenty. Keby sme si predošlú mincu v agentovi zmenár pamätali ako vnútorný (enkapsulovaný) stav, nebolo by možné pri ďalšom rozvíjaní modelu ho knokautovať, či inak ovplyniť.



No a tretiu skupinu správne odpovedajúcich skúmaných osôb tvoria tí, ktorí objavia správny výsledok na základe toho, že majú agenta zamlčaný počet (v zmysle [8] tu ide o tzv. memorizera). Ten si počas prvej otázky zapamätá o aký počet sa jedná. Keď

potom počas druhej otázky zdetekuje, že ide o otázku na počet, ale blok **počet** sa počas nej vôbec nemenil, preženie systémom rozvinutú verziu druhej otázky. Teda postupne zapíše do blokov **počet** a **otázka** postupnosť stimulov, tak ako prichádzali počas druhej otázky, ale doplnenú o odpamätaný počet. Samozrejme toto chvíľu trvá a teda hrozí, že **odpoveď na koľko** prebetie zlú odpoveď prv, než sa vyráta dobrá. Teda čím viac času skúmanej osobe ponecháme, tým skôr sa môže touto taktikou dobrať správnej odpovede. Pokiaľ sa aj stane, že už **odpoveď na koľko** odpovie zle, situáciu môže zachrániť agent **stala sa chyba**, ktorý i po odpovedaní sleduje, či sa **počet** dodatočne nezmenil. V takom prípade vybudí agenta **odpoveď na koľko** aby odpovedal ešte raz, nasimulovaním stimulu **koľko**.

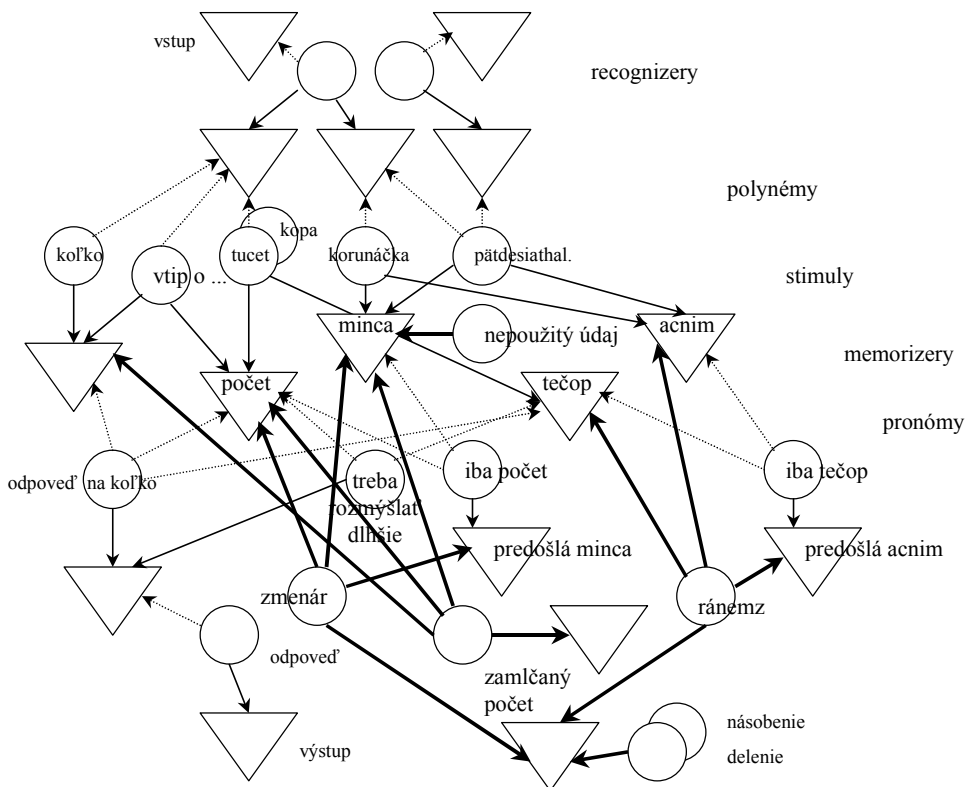


Pokračujúc verifikáciou nášho modelu zistíme, že na otázky s kopou síce odpovedá správne, ale má problém napríklad s otázkou: *Koľko je päťdesiatihaliernikov do tučta korunáčok?* Vyriešil by to agent **nepoužitý údaj**, ktorý by ztedekoval, že sa prvá minca v agentovi **zmenár** stratila bez efektu, a o nejaký čas by nou opäť aktivoval blok **minca**. S touto otázkou by si taktiež poradil agent **ránemz**, ktorý pracuje opačne ako **zmenár**: Ten by pravda musel mať vlastné bloky **tečop** a **acnim**, analogické blokom **počet** a **minca**.

V prípade že by odpovede od agentov **zmenár** a **ránemz** neboli unifikovateľné, mohol by agent **treba rozmýšľať dlhšie** spomaliť reakciu agenta **odpoveď na koľko**. Takáto sústava agentov už prináša schopnosť vidieť veci dvojmo, čo oceníme pri otázke: *Koľko je dvadsaťhaliernikov do tučta korunáčok? A päťdesiatihaliernikov?* Tu už žiadny bezosporný systém nemôže vedieť či má odpovedať [60,24] alebo [60,30]. My sa však spravidla prikloníme k jednej z odpovedí. Neodpovieme, že otázka nie je jednoznačná. Podobne sa môže správať uvažovaný model.

Ďalších agentov by sme museli pridať zväziac, že agent **zmenár** sa musí obrátiť na pronómy **násobenie** a **delenie**, nakoľko sú to netriviálne operácie. Podobne by sme mohli pridať mnoho ďalších. A to sme sa ešte nedostali k najväčšej pikoške. Tou je tretia z vyskytnuvších sa odpovedí na otázku (a). Verte, neverte, 2x nezávisle na sebe sa stalo, že odpoveď bola [12,60]. V druhom zaznamenanom prípade skúmaná osoba svoju chybu vysvetlovala tým, že myslela, že tučet je 60 (avšak na prvú otázku správne odpovedala 12). Vysvetlenie tejto odpovede pravdepodobne spočíva v anticipácii. Tučet

a kopa sú uložené v našom mozgu v nejakom krátkom zozname špeciálnych čísloviek. Sme do istej miery zvyknutí (niektorí viac, niektorí menej), že po reči o tucte, nasleduje reč o kope. Preto agent zamlčaný počet, môže pridať k opakovanej vete miesto tuctu kopy, na základe úvahy: bola reč o tucte, teraz bude o kope.



Každopádne, náš model sa začína pekne zahusťovať a stáva príkladom všeličoho, len nie dokonalosti. Otáznym sa stáva hlavne naladenie časovania, vďaka ktorému i napriek prítomným mechanizmom nebude pravdepodobnosť zlej odpovede nulová.

6. Záver

Neznamená to však, že sme dospeli k tomu, že náš model nie je plauzibilný. Naopak, tvrdím, že práve takto to v našej mysli vyzerá. S ohľadom na to, že sa naše schopnosti utvárajú postupne, nie je možné dobrať sa k takému dokonalému riešeniu ako to bolo v prípade nami zavrnutého bezosporného modelu. Keď si na začiatok vyčvičíme bloky počet a minca, už ich ťažko precvičíme na známy počet, neznámy počet, známa minca a neznáma minca. Môžeme to riešiť len procedurálne, t.j. zavedením nových agentov na základe postupne sa vyskytujúcich zlyhaní. **Zdokonaľujeme sa teda skôr „plátaním vyskytnuvších sa dier, než stavbou novej strechy“.** Tento princíp aplikovaný na živé systémy je pre evolučných biológov známy ako bastlovanie, tinkering či **bricolage** [7]. Aplikovaný na stroje ho môžeme stretnúť v mobilnej robotike pod názvom **subsumpcia**. Môj sen je presadiť ho ako tvorivý princíp v softwarovom inžinierstve. V tejto oblasti som sa oprel o multiagentové systémy pozostávajúce z rýdzo reaktívnych agentov používajúcich stigmergickú komunikáciu. Na záplaty a brikoláž je to veľmi vhodná architektúra. Preto neudivuje, že môže poskytnúť aj prostriedky na modelovanie správania zvierat, či modelovanie ľudskej mysle. Po brikoláži (tu už používam

slovenský ekvivalent zavedený L. Kováčom) počas ontogenézy by sa malo dať v našej mysli objaviť pomerne veľa stôp. Verím, že sa dá urobiť pomerne veľký počet vtipných experimentov, pri ktorých by bolo možné získať skúsenosti s tvorbou modelov, podobných modelu uvedenom v tomto článku. Pokiaľ ste si teraz pomysleli, že tých zlyhaní nerobíme zas toľko, odpočítajte prosím počet písmen F v nasledujúcom texte:

FINISHED FILES ARE THE RE-
SULT OF YEARS OF SCIENTIF-
IC STUDY COMBINED WITH THE
EXPERIENCE OF YEARS

Vyšlo Vám tri, štyri, päť alebo šesť ? Nebojte sa, nie je to test na mentálnu retardáciu. Chcel som len opäť podoprieť tvrdenie, že naše mysle sú pekne zbastlované a poplátané. A keďže sa to týka aj mojej mysle, láskavý čitateľ iste odpustí, ak v tomto článku objaví nejakú logickú chybu. Len prosím, oznámte mi ju na moju mailovú adresu, aby som si mohol na moju myseľ urobiť ďalšiu záplatu.

Literatúra

- [1] Brooks R.: *Intelligence without representation*. Artificial Intelligence 47, (1991),139-159.
- [2] Doran J.: *Distributed AI and its Applications*. In: *Advanced Topics in Artificial Intelligence* (Mařík V., Štěpánková O., Trapp R., eds.), Springer-Verlag, Berlin, 1992
- [3] Gál E.: *Intuitívna psychológia a kognitívne vedy*. In: *Kognitívne vedy III* (Kvasnička V., Pospíchal J., eds.), CHTF STU Bratislava (2000), 109-114.
- [4] Kelemen J.: *Strojovia a agenty*. Bratislava: Archa 1994.
- [5] Lúčný A.: *Reaktívny model inteligentného systému*. In: *Kognitívne vedy II* (Kvasnička V., Pospíchal J., eds.), CHTF STU Bratislava (1999), 75-84
- [6] Lúčný A.: *Hľadanie kvalitatívneho rozdielu*. In: *Kognice a umělý život* (Kelemen J., Kvasnička V., Pospíchal J., eds.), FPF SU Opava (2001), 167-176.
- [7] Markoš M.: *Tajemství hladiny*. Vesmír, Praha, 2000.
- [8] Minsky M.: *Society of Mind*. New York: Simon & Schuster 1985.
- [9] Minsky M.: *Konstruktívna myseľ*. (Kelemen J., ed.), Archa, Bratislava, 1996.
- [10] Minsky M.: *Emotion machine*. EMCSR, Vienna, 2000
- [11] Valckenaers P., Van Brussel H., Kollingbaum M., Bochman O.: *Multi-agent Coordination and Control Using Stigmergy Applied*. In: *Multi-Agent Systems and Applications* (Luck M., Mařík V., Štěpánková O. Trapp R., eds.), ACAI, Praha, 2001
- [12] Waldo J.: *Mobile Code, Coordination and Changing Networks*. Concoord, Lipari, 2001