

Správanie finančného trhu vzhľadom na riziko

Jaroslav ZAJAC*

Financial Market Applications and Risk

Abstract

The aim of my article was a research of behaviour of subjects at financial market via modern information technologies. The software application based on multi-agent simulations was developed for modelling of certain features of the project. Previously mentioned technology is new at the present time and in the area of financial and economical applications is still being developed.

Financial market is a complicated system. Operations of the system can be described by, and enables to examine all subjects joining the financial market. Such multi-agent system enables to model different groups of agents, which interact with each other like in real life. The created software application is oriented on agents – or investors interaction at financial market. It enables to simulate preset conditions of financial market and results using graph and charts.

Keywords: multi-agent financial markets, probability of risk operations

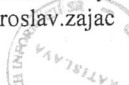
JEL Classification: C70, G10

Úvod

Príspevok sa zaoberá analýzou problematiky modelovania v oblasti experimentálnej ekonómie. Na základe výsledkov analýz sme vytvorili aplikáciu, ktorá modeluje správanie jednotlivých subjektov na finančných trhoch. Takýto systém umožňuje modelovať rôzne skupiny agentov, ktorí sa, podobne ako v reálnom svete, navzájom ovplyvňujú.

Vytvorená aplikácia sa zameriava na interakciu investorov na finančnom trhu, umožňuje simulovať podmienky finančného trhu a následne výsledky zobrazovať pomocou grafov.

* Jaroslav ZAJAC, Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra ekonómie a manažmentu, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava 1; e-mail: jaroslav.zajac@stuba.sk



1. Finančný trh a technická analýza

Moderný finančný svet je ako spoločnosť agentov riadená ich preferenciami. Multiagentový systém dokáže vytvoriť pokusné prostredie, v ktorom je možné pozorovať tak globálne dôsledky existujúcich obchodných postupov, ako aj postupy vyplývajúce z rôznych modelov. Účastníci trhu sú vysoko heterogénni, dokážu hýbať cenami, majú silný vplyv na ich kótovanie, zaoberajú sa predajom, požičovaním peňazí, majú vlastné preferencie.

V prvej časti bližšie popíšeme problematiku správania finančného trhu, priblížime rôzne triky obchodníkov na burzách (ako napr. NYSE) a vysvetlíme využitie niektorých metód na znižovanie rizika pri dôležitých rozhodnutiach [1 – 4; 11; 12; 14]. Koeficienty alfa, beta a gama je možné rôzne nastavovať. Ich súčet musí predstavovať 1.

S tým súvisia aj psychologické a sociologické stránky správania agentov a investorov, napríklad kopírovanie určitého správania v podobe stáda, alebo naopak nezávislé rozhodovanie a pod.

Úrovně rezistencie a podpory agentov sa dajú nájsť v rôznych časových rámcoch, či už analyzujeme dlhodobé, strednodobé alebo krátkodobé cenové pohyby. Ak chceme sledovať a analyzovať hlavné trendy na určitom grafe, je potrebné ísť v čase dostatočne ďaleko a sledovať dostatočne dlhé obdobie. Až potom budeme schopní odhaliť dôležité cenové hladiny, ktoré boli bodmi obratu a budú dôležité aj pre súčasné cenové pohyby [1 – 4; 11; 12; 14].

1.1. Technické indikátory

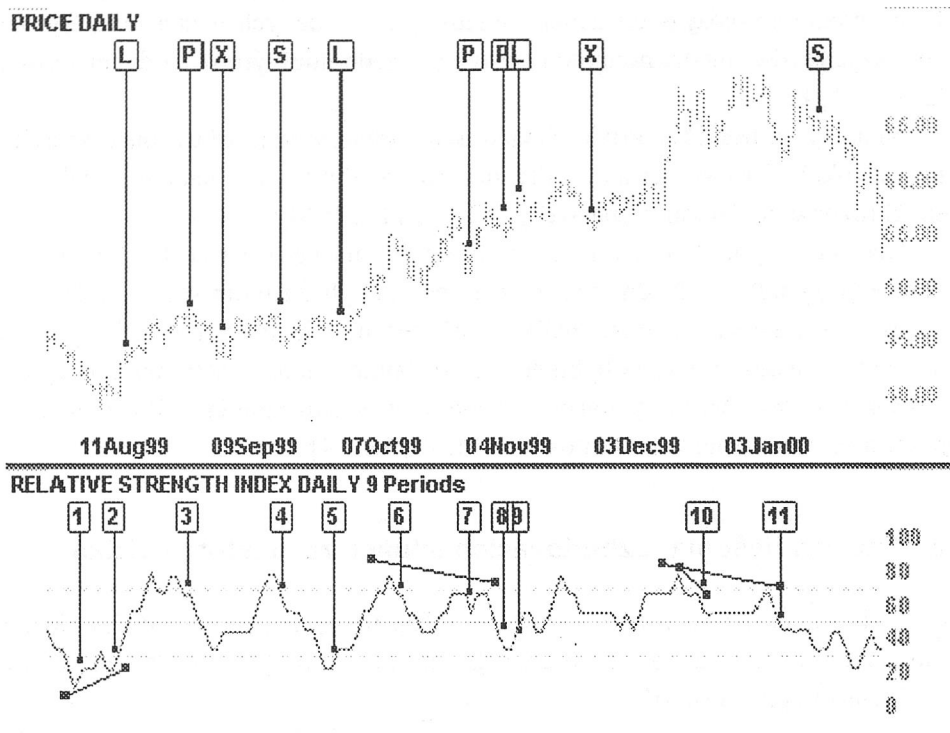
Technické indikátory môžeme rozdeliť do dvoch skupín. Prvá skupina obsahuje údaje napríklad o indexe relatívnej sily (RSI), stochastiku alebo objem, a do druhej budú patriť zakreslenia priamo do grafov (*overlay*), napríklad peňažný tok, kumulatívny objem.

Údaje aj zakreslenia v grafoch pomáhajú ukazovať divergenciu od ceny. Tieto odchýlky predpovedajú zmeny vo vývoji cien. Na to, aby určitý výskum, napríklad RSI (pozri obr. 1), predpovedal možnú zmenu trendu, je potrebné sledovať, či jej hodnota nedosiahla úroveň vypredané (na obr. 1 pod úrovňou RSI 30), alebo vykúpené (na obr. 1 nad úrovňou RSI 70). Vypredaný trh sa obvykle prestane pohybovať dole, a naopak, vykúpený trh sa zase prestane hýbať smerom hore. Obchodníci pri stave vypredané zatvárajú krátke (*short*) pozície, ale skôr, než začnú vstupovať do dlhých pozícií (nakupovať), počkajú na ďalšie potvrdzujúce signály od ďalších technických indikátorov.

Kľúčom k porozumeniu divergencie je nájsť, kde sa ukazovatele a ceny pohybujú v opačnom smere [2 – 4; 11; 12; 14].

Obrázok 1

Indikátor RSI



Index relatívnej sily – RSI (*Relative Strength Indicator*) meria rýchlosť pohybu cien. Najväčšiu úspešnosť má v trhoch, ktoré sa vyvíjajú podľa určitých trendov. Pomáha obchodníkom určiť, kedy má pohyb ceny veľkú volatilitu a je príliš vzdialený [2 – 4; 11; 12; 14].

Násobné vrcholy a dná na grafe sú dôležitý indikátor. Dvojitý, trojitý, či dokonca štvornásobný vrchol (alebo dno) tvoria dôležitú formáciu. Tá vraví o možnom opačnom smerovaní trendu. Na potvrdenie zmeny je potrebné sledovať aj ostatné indikátory [2 – 4; 11; 12; 14].

Počet otvorených pozícií (*Open Interest*) patrí k najčastejšie využívaným prostriedkom profesionálneho obchodníka. Tento indikátor, jednoducho povedané, hovorí o počte otvorených samostatných opčných kontraktov danej komodity. Pre *futures* kontrakty platí: ak jeden obchodník kupuje kontrakt, iný obchodník musí kontrakt predávať. V tejto hre s nulovým výsledkom každý víťaz má ako náprotivok porazeného, alebo zjednodušene, ak niekto zarobí, niekto iný prerobí. Pri týchto obchodoch je riziko omnoho nižšie, nie je potrebné poznať budúci vývoj trhu, stačí si všimnúť vzájomný vzťah a súvislosti daných položiek.

V nasledujúcej časti obrátime pozornosť na ďalšie indikátory vývoja trhu. K nim patria *spready*. Ich mnohoraké využitie závisí od ich typu: základné *spready*, kalendárne *spready*, výrobné *spready*. Kalendárny *spread* je napríklad súčasný nákup a predaj opcií danej komodity, ale v rôznych mesiacoch. Výrobný *spread* je rozdiel medzi hodnotou suroviny a hodnotou výrobku z danej suroviny [2 – 4; 11; 12; 14].

Niekedy sa trendová krivka (vyjadrujúca trend vývoja trhu) musí opraviť aj niekoľkokrát. Trh sa neriadi podľa názorov analytika, ale naopak, analytik sa snaží rozpoznať, čo mu trh naznačuje [2 – 4; 11; 12; 14].

Keď sa trh pohybuje jedným smerom a nič mu nestojí v ceste, žiadne intervencie (*support*), ani žiadna rezistencia, jeho pohyb v danom smere bude pokračovať, postupne sa začne spomaľovať, až zastane. Nakupovanie alebo predávanie, ktoré dávalo tomuto pohybu silu, sa zastavilo. Medzi ďalšie indikátory patrí *momentum* (MOM), ktorý je pre obchodníkov veľmi užitočný. Používa sa ako prostriedok na nájdenie príležitosti [1 – 4; 11; 12; 14].

2. Analýza riešenia rozhodovacích situácií za neistoty a rizika

Podstatou procesu rozhodovania je voľba rôznych agentov medzi rôznymi možnosťami (alternatívami) riešenia daného problému pri zohľadnení stanovených cieľov, resp. kritérií.

Princípom rozhodovania je voľba. Prirodzená (náhodná) voľba je základom podvedomého a intuitívneho rozhodovania, vedomá (racionálna) voľba je základom racionálneho rozhodovania. Správne rozhodnutie závisí od výberu takého riešenia, o ktorom sa v čase prijímania rozhodnutia nazdávame, že prinesie najlepšie výsledky.

Predpoklady rozhodovania môžu byť *stochastické*, keď ide o pravdepodobnostné chápanie vývoja zložitých systémov ako formy objektívnej reality. Ďalším predpokladom je *mechanický determinizmus*, ktorý určuje vzťah medzi prvkami a javmi. V zložitých systémoch sa redukuje na vzťahy príčinné – kauzálne, poskytuje znalosť úplnej príčiny a z nej vyvodzuje jednoznačné dôsledky. K základným podmienkam rozhodovania patria základné logické, tzv. životné podmienky ako existencia aspoň dvoch možností riešenia daného problému, znalosť cieľov a kritérií, ktoré umožňujú formuláciu možností riešenie daného problému, a hodnotenie navrhovaných variantov, čo umožňuje výber a znalosť obmedzujúcich podmienok, ktoré ovplyvňujú priestor na rozhodovanie. Podmienky zabezpečujúce racionalitu rozhodovania sú: dostatočné množstvo pravdivých informácií v potrebnej štruktúre, čase, mieste, znalosť a aktívne ovládanie praxou overených metód, techník a algoritmov rozhodovania, kvalita odborných a rozhodovacích znalostí.

Existuje niekoľko typov rozhodovacích situácií. Rozhodovacie situácie za istoty (určitosti), kde sa predpokladá existencia dokonalého informačného systému a schopnosť investora čo najpresnejšie alebo s istotou určiť, ktorý budúci stav nastane, rozhodovacie situácie za rizika všeobecne, kde sú známe pravdepodobnosti, že budúci stav nastane. Investor sa rozhoduje v nedokonalom informačnom systéme. Rozhodovacie situácie za rizika v užšom zmysle, keď pravdepodobnosti, že budúci stav nastane, nie sú známe. Ide o nedokonalý informačný systém.

2.1. Rozhodovacie situácie využívajúce teóriu hier

Istota je prípad, keď očakávaný výnos investície je presne vyjadrený jediným výsledkom a neexistujú miery pravdepodobnosti dosiahnutia rôznych možných výsledkov. Naopak, neistota je voľba, pri ktorej je známy celý rad možných výsledkov, ale nie pravdepodobnosť, že sa skutočne aj dosiahnu. Riziko je faktor a jav nielen ekonomický, ale i psychologický, sociologický a právnolegislatívny. Určuje stupeň neistoty spojený s danou investíciou, ktorej výsledok je známy s určitou pravdepodobnosťou a jej kvantitatívny rozsah podlieha istému rozdeľeniu pravdepodobnosti. Riziko v investovaní je stav v poznaní investora, že pravdepodobnosť každého možného výsledku je známa a možno ju odhadnúť.

Subjektívne riziko je pravdepodobnosť, že určitý výsledok sa dosiahne a odhaduje sa na základe subjektívnych faktorov (skúsenosť, intuícia). Riziko je všeobecne rozdiel medzi skutočným a očakávaným výnosom z danej investície, základné investičné kritérium investovania je vzájomný vzťah rizika a výnosu.

Najdôležitejšie rozhodovacie pravidlo v teórii užitočnosti je *Bernoulliho princíp* (teória užitočnosti rizika). Princíp spočíva na axiómách racionálneho správania. Najjednoduchšia axióma znie: Prednosť má tá alternatíva, ktorá pri rovnakom riziku dáva vyšší zisk ako iné alternatívy. Princíp ordinálneho usporiadania v prípade racionálneho rozhodnutia je možný, ak vzhľadom na cieľ dôjde k porovnateľným výsledkom rozhodnutia.

Ďalším pravidlom je *princíp nezávislosti* (substitučná axióma), alternatíva A, ktorá ordinálne predchádza alternatíve B za istoty vtedy, a len vtedy, ak $A > B$, potom

$$pA + (1 - p)C > pB + (1 - p)C$$

Správanie agentov však zásadne ovplyvňuje *princíp dominancie*: z dvoch alternatív s rovnakým rizikom zvolia alternatívu s vyšším výnosom a z dvoch alternatív s rovnakým výnosom zvolia alternatívu s nižším rizikom.

Predpoklad o zameniteľnosti vecných cieľov pri rôznom riziku vychádza z *princípu continuity*, pri ktorom pre každé rozdelenie z dvoch alternatívnych budúcich stavov existuje istý ekvivalent.

Ak je agent indiferentný medzi istým príjmom S a pravdepodobným očakávaným príjmom Ej , potom S nazývame istý ekvivalent. Pri princípe ohraničenia funkcie užitočnosti rizika musí mať každý agent stanovené osobné existenčné minimálne a konečné maximálne užitočnosti.

Pomocou simulačného modelu, v ktorom sa využíva umelé myslenie, vytvárame umelú realitu. Tento model tvorí jeden kognitívny celok, ktorý je schopný nielen sa učiť, ale aj prispôsobovať sa. Môžu v ňom vzniknúť nové, niekedy nepredpokladané, fenomény. Simulačný model sa vykonáva vo výpočtovom prostredí programu počítača. Toto prostredie umožňuje zahŕňať aj faktory neurčitosti a tak modelovať aj iracionality subjektov.

Aplikácii sme zadali štartovacie parametre a spustili simuláciu. V príklade, kde na trh pristupuje 2 000 investorov a rovnaký počet agentov, sme sledovali vývoj cien na základe ponuky a dopytu. Výsledné grafické znázornenie je na obrázku 2. Obrázok zachytáva časť celkovej simulácie, resp. znázorňuje, ako sa menila cena akcií počas obchodovania.

Trh má rastúci trend a drží sa v trendovom prostredí. Na začiatku obchodovania cena akcií klesala v dôsledku nezájmu investorov o obchody. Simulácia bola ešte len na začiatku. Postupne objem obchodov narastá a prevažuje záujem o nákup, takže ceny pomaly rastú.

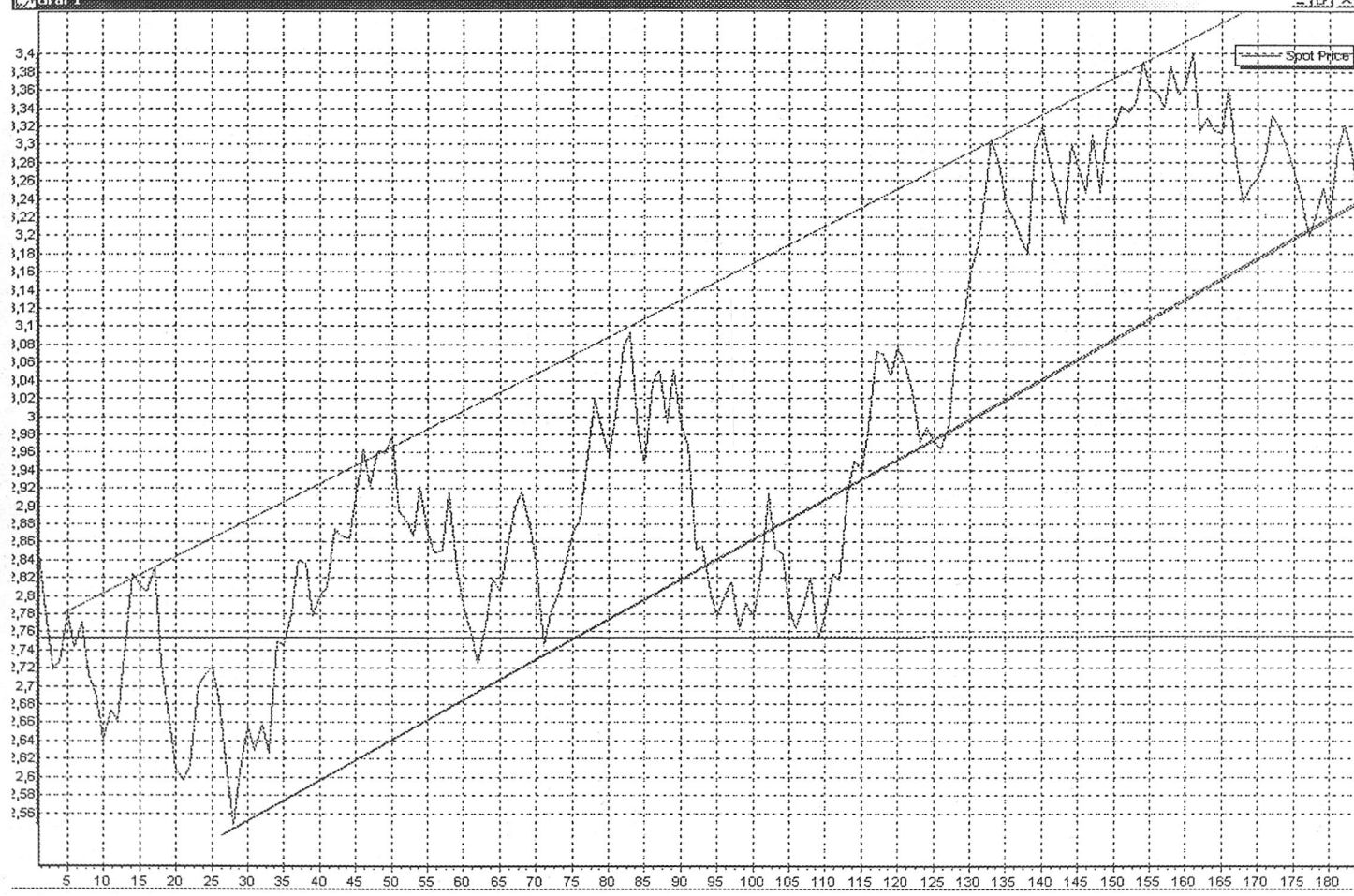
Ako vidno z grafu, okrem jediného razu trh neopustil trendový kanál, niekoľkokrát sa dotkol spodnej línie kanálu, ale vždy následne stúpал v rámci kanálu. Po dosiahnutí hornej línie zväčša nasledovala zmena (*retracement*) alebo korekcia. Trh bol v danej chvíli vykúpený a záujem investorov o ďalší nákup klesal, preto sa cena skorigovala k hladine (*support*) 2,7580. Táto hladina je pre trh významná.

V prvej časti grafu, keď sa obchodovanie len rozbiehало, slúžila ako *rezistencia*, neskôr sa zmenila na silnú podporu (*support*), čo predstavuje bod od ktorého sa trh odrazil aj po prelomení spodnej línie kanála po 70 cykloch obchodovania, potom po 98 a 108 cykloch.

Nasleduje ďalšie stúpanie v trendovom kanáli, na konci v pravej časti grafu trh opäť dosiahol spodnú líniu kanála a opäť sa od nej odrazil. Tým sa táto línia stala ešte silnejšou a významnejšou.

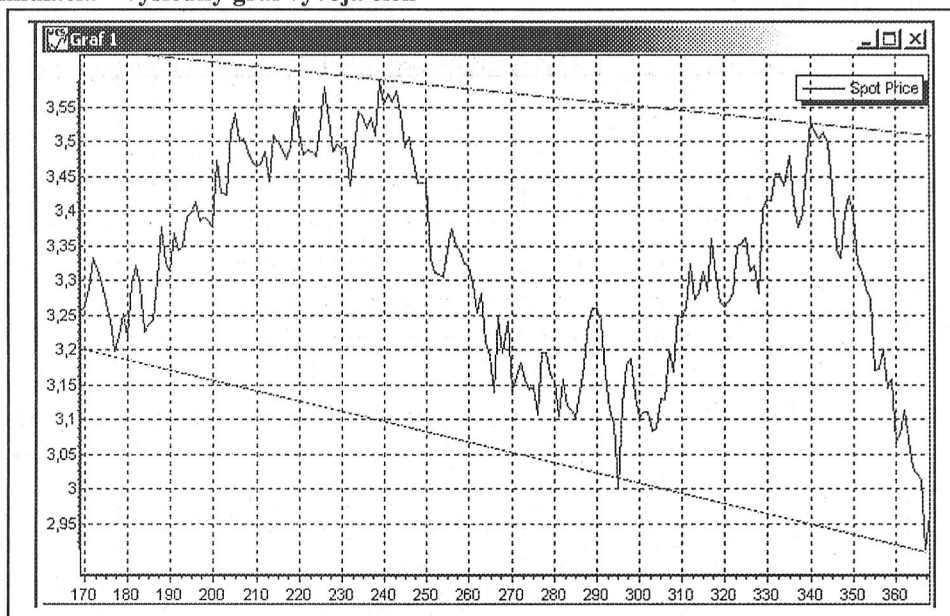
Na grafe môžeme vidieť ďalší vývoj cien. Nasledoval ďalší vzostup až po 240. cyklus simulácie, keď sa trh obrátil a začal sa korigovať späť z 3,5700 k úrovni 3, kde sa na chvíľu obrátil. Už pri 208. cykle sa rast spomalil a keď následne dosiahol dvojité vrchol okolo hladiny 3,5500, tretíkrát pri 240. cykle sa tam už nevyšplhal, a tak nasledovalo vyberanie ziskov a zatváranie dlhých pozícií. Pokiaľ niektorý investor otvoril pozíciu v 27. cykle pri 2,5600, čo bola najnižšia cena za celú históriu, a zatvoril pri 3,5500, čakal ho slušný zárobok.

Obrázok 2
Zmena cien akcií



Obrázok 3

Simulácia – výsledný graf vývoja cien



Do grafu na obrázku 3 sme doplnili trendové čiary a hladinu podpory (support) a rezistencie, ktoré nám pomohli pri ďalšej analýze vývoja cien na trhu.

3. Príklad stabilizácie finančného trhu

Dôležitým výsledkom simulácie je dosiahnuť rovnováhu na trhu a tak sa priblížiť realite. V nastavení parametrov simulátora sme zvolili tieto hodnoty:

Agenti – počet agentov: 20

Generátor: pravdepodobnostné rozdelenie

Pravdepodobnosť 0,8888

Agenti – počet investorov: 800; čím väčší je počet agentov, tým väčšie zobrazenie vyžaduje fungovanie takého zložitého finančného trhu

Investori: pravdepodobnostné rozdelenie

Pravdepodobnosť 0,65

Peňažný trh – úroková miera: 5 %; tá výrazne ovplyvňuje rozhodovanie agentov

Stock Market – minimálna cena: 34,001

Stock Market – maximálna cena: 44,001

Počet akcií: 900

Simulátor – celkový čas simulácie: 1500

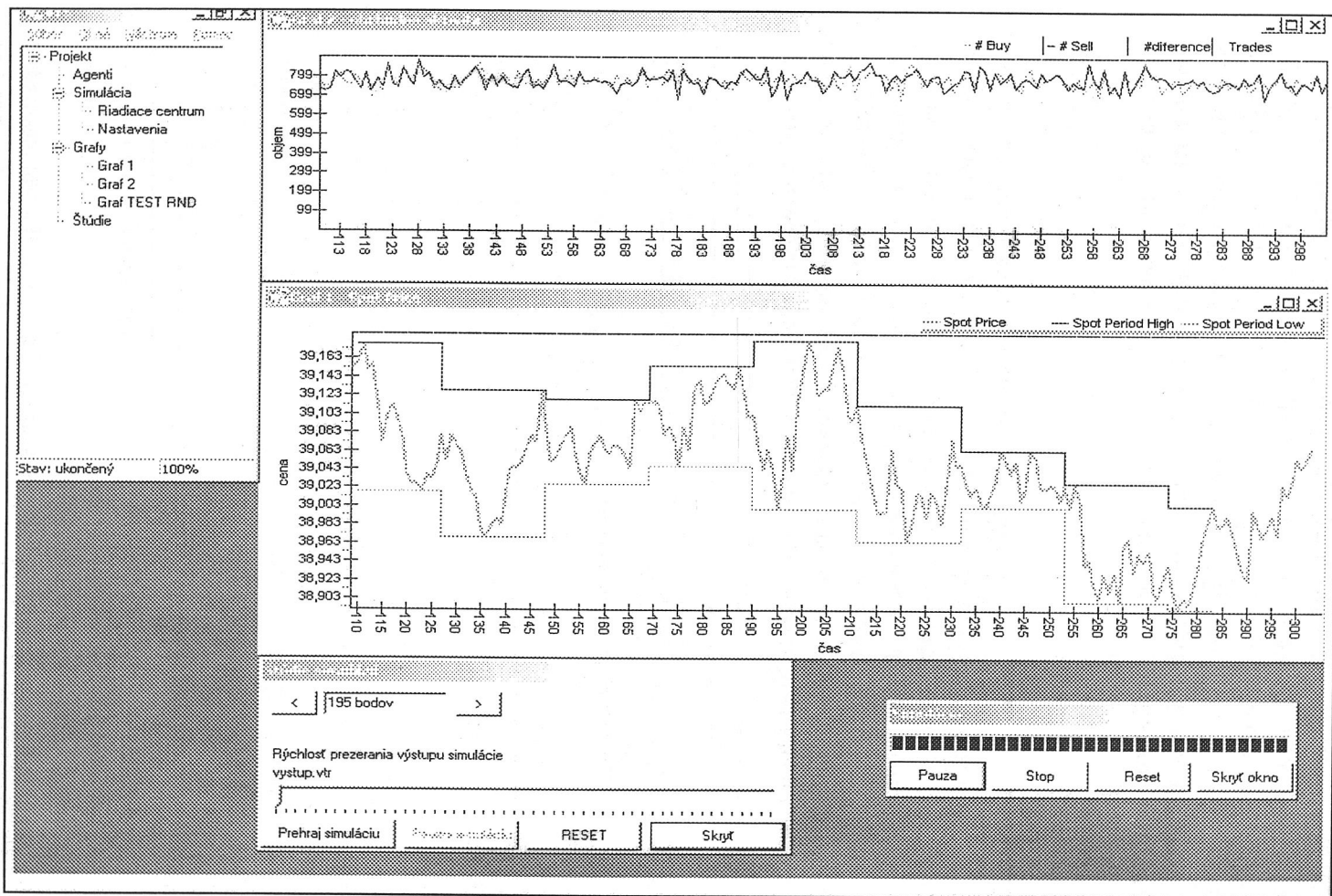
Simulátor – veľkosť časového rámca: 20

Zobrazenie – grafy – počet záznamov na časovej osi: 195

Simulácia trvala približne 2 minúty.

Na nasledujúcich obrázkoch (obr. 4 a 5) popíšeme výstupy simulátora.

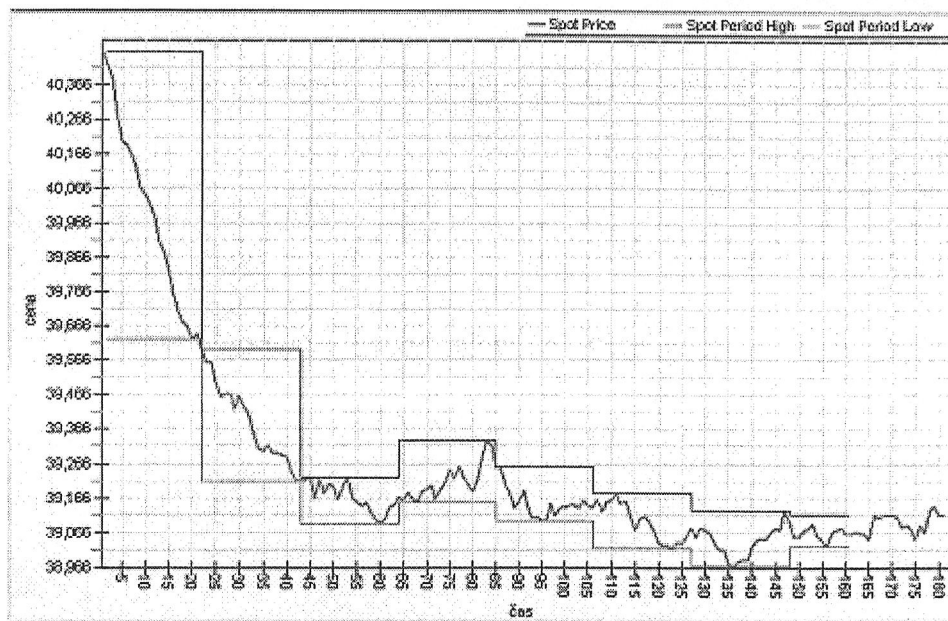
Obrázok 4
Grafický výstup simulácie



Na obrázku 4 je simulácia vývoja cien v čase vykresľovania výstupov simulátora v grafoch. Vrchný graf zobrazuje meniace sa objemy obchodovaných akcií. Na spodnom grafe je výstup meniacej sa ceny.

Obrázok 5

Graf vývoja cien voľného trhu



Obrázok 5 ukazuje postupnú zmenu ceny z pôvodných 40,466 na úroveň okolo 39,066. V úvode systém vygeneroval príliš vysokú cenu. Trh si ju však na základe ponuky a dopytu investorov a agentov postupne ustálil. Ďalšia simulácia sa stabilizovala okolo ceny 38,966. Keďže do systému nevstupujú žiadne šoky, trh sa z tejto úrovne nevzdialil. Kvalita a riziko sú nastavené na malé hodnoty a tak trh, a nakoniec i cenu ovplyvňujú len výkyvmi v rámci krátkeho časového úseku. Z dlhodobého hľadiska je situácia na trhu ustálená.

Záver

Aplikácia v predloženom príspevku simuluje agentov a investorov na finančnom trhu. Agenti na základe požiadaviek investorov a správania trhu menia svoje rozhodnutia, upravujú ponuky pre investorov a takýmto spôsobom ovplyvňujú samotný trh. Tak dokážeme vytvoriť fungujúci trh, ktorý sa po úvodnom zakmitaní stabilizuje, pričom zodpovedá rovnováhe podľa Nasha. Prevaha aktivity jednej alebo druhej skupiny spôsobuje výkyvy na trhu. Experimentovaním sme

ukázali neistotu a neurčitost' správania finančného trhu. Pomocou tohto nástroja môžeme v princípe sledovať správanie investorov a agentov na trhu. Zavedením koeficientov kvality a rizika sme dosiahli, že do systému vstupujú aj externé entity, ktoré sú vyjadrené v týchto koeficientoch.

Pri vkladaní parametrov simulátora je dôležité správne voliť náhodné rozdelenia a ich parametre, dobu simulácie a počet subjektov, ktoré budú na trhu pôsobiť. Zdokonaľovaním a upravovaním vstupov sa môžeme pomocou tohto simulátora priblížiť k fungovaniu skutočného finančného trhu. Výsledky modelovania dávajú ďalšie možnosti pri rozširovaní tohto modelu, prípadne pri tvorbe nových modelov. Ďalšou oblasťou výskumu môže byť napríklad doplnenie nových subjektov do simulácie, prípadne rozšírenie modelu o nové prvky pri rozhodovaní samotných agentov – investorov aj agentov.

Literatúra

- [1] BLÁHA, Z. – JINDŘICHOVSKÁ, I.: *Opce, Swapy, Futures*. Praha: Management Press 1997.
- [2] D'INVERNO, M. – LUCK, M.: *Understanding Autonomous Interaction*. In: ECAI '96. New York: John Wiley & Sons 1996, s. 529 – 533.
- [3] DVOŘÁK, P.: *Finanční Deriváty*. Praha: Vysoká škola ekonomická 1998.
- [4] GERSHENSON, C.: *Fundación Arturo Rosenblueth*. In: *Artificial Societies of Intelligent Agents*. Mexico City 2001.
- [5] GERSHENSON, C. – GONZALEZ, P. – NEGRETE, J.: *Thinking Adaptive Towards a Behaviours Virtual Laboratory*. In: J.-A. Meyer et al. (eds.): *SAB 2000*. Honolulu: International Society for Adaptive Behavior 2000.
- [6] GERSHENSON, C. – GONZALEZ, P. – NEGRETE, J.: *Action Selection Properties in a Software Simulated Agent*. In: *MICAI 2000. Advances in Artificial Intelligence. Lecture Notes in Artificial Intelligence*, č. 1793. Berlin: Springer-Verlag 2000, s. 634 – 648.
- [7] GONZALEZ, P. – NEGRETE, J. – BARREIRO, A. – GERSHENSON, C.: *A Model for Combination of External and Internal Stimuli in the Action Selection of an Autonomous Agent*. In: *MICAI 2000. Advances in Artificial Intelligence. Lecture Notes in Artificial Intelligence*, č. 1793. Berlin: Springer-Verlag 2000, s. 621 – 633.
- [8] HOGG, L. M. – JENNINGS, N. R.: *Variable Sociability in Agent-Based Decision Making*. <<http://www.atal.org>>
- [9] JELÍNEK, J.: *Terminované opční obchody*. Praha: GRADA Publishing 1995.
- [10] JELÍNKOVÁ, L. a kol.: *Deriváty (Cenné papíry III)*. Praha: ČVUT 1998.
- [11] KANE, A. – ZVI, B. – MARCUS, A. J.: *Essentials of Investments*. 1998 <www.mhhe.com>
- [12] LIŠKA V.: *Finanční teorie bankovníctví II – cenné papíry a deriváty*. Praha: ČVUT 1997.
- [13] MUONGCHANH, Ch.: *Swarm Development Group, Finance Office. University of Washington Columbia Basin Research*. <<http://www.swarm.org/>>
- [14] <http://alife.tuke.sk/projekty/swarm/swarm_index.htm>
- [15] University of Bristol, Institute for Learning and Research Technology. <<http://www.bized.ac.uk>>
- [16] WEISS, M. D.: *Kniha o cenných papírech*. Praha: GRADA Publishing 1995.
- [17] <http://www.ddp2.sk/daunloud/statnice/odbor/02_o_2.doc> [Riešenie rozhodovacích situácií za neistoty a za rizika vo financiách].
- [18] <<http://www.incrediblecharts.com>>