

Piata de capital privata ca sistem multiagent

Conf.dr. Virginia MARACINE, prof.dr. Emil SCARLAT

Catedra de Cibernetica Economica, A.S.E. Bucuresti

Comparing to other markets one of the mainly characteristics of the capital markets is the huge complexity of their behavior. The financial booms and crash, as consequences of this particular complexity, has generates the replacement of the traditional theory of portfolio's management with new methods used for analyzing these processes. Analyzing the processes that occurs on these markets using the multi-agent based systems, suggests that the complexity is an intrinsic characteristic of the capital markets.

Keywords: capital markets, multi-agent based systems, multi-period portfolio selection, non-adaptive investors, virtual capital market, general theory of cooperative games.

Analiza pietei de capital ca sistem multiagent

Sistemele multiagent sunt specifice atât societăților umane cât și ecosistemelor de tip biologic. Prin definiție, un sistem multiagent este alcătuit dintr-un grup de agenți (de exemplu societăți de investiții, fonduri de pensii, fonduri mutuale etc.) care cooperează (respectiv schimbă informații) și iau decizii pe baza unui set limitat de informații în vederea maximizării utilității proprii (respectiv a venitului portofoliului de active deținut), acest fapt conducând la maximizarea performanței financiare a grupului cărui îi aparțin. În această situație, pe piața de capital se întâlnesc un număr mare de agenți care luptă pentru a obține acces la informații cât mai complete într-un mediu incert cu scopul efectuării unui plasament superior altor agenți cu care se află în competiție. În vederea atingerii obiectivului propriu, agenții pot adopta strategiile de plasament ale altor agenți (ce au obținut în trecut un venit superior din portofoliul individual), ceea ce implică faptul că sistemele multiagent sunt sisteme adaptive cu autoînvățare.

În aceste circumstanțe, comportamentul global complex al pietei de capital este determinat, printre alți factori, de interacțiunile dintre agenți. Datorită faptului că acționează în grup, aceștia sunt confrunțați adesea cu așa numita *problema a dilemelor sociale*, problema generată de situația în care agenții preferă maximizarea avutiei lor în detrimentul cooperării. Acest fapt reprezintă și motivul

principal pentru care deciziile adoptate de către agenți în prezent au la bază anticipările lor referitoare la modul în care cred că ele vor afecta restul investitorilor de pe piață. Prin urmare, este importantă determinarea de noi modalități de încurajare a comportamentului cooperativ al agenților astfel încât interesul colectiv (de grup) să predomină interesului individual, știut fiind faptul că o cooperare a agenților determină o performanță mai bună a pietei în comparație cu situația în care aceștia sunt de tip necooperativ (*invadatori agresivi*).

În practica financiară, investitorii de pe piețele de capital sunt realmente supuși unui flux intens de informații precum: raportările marilor corporații, variația indicatorilor macroeconomici, declarațiile liderilor politici ș.a. Toate aceste informații sunt utilizate în scopul actualizării anticipărilor pe care membrii unui sistem multiagent le au privitor la efectuarea de plasamente atractive. Printr-un mecanism feedback de tip anticipativ (prospectiv), aceste așteptări influențează în prezent cursurile activelor tranzacționate.

Selectia portofoliului multiperioada

Vom analiza în cele ce urmează un model de tip multiagent pentru *problema de selecție a portofoliului multiperioada*, care reprezintă modalitatea de alegere a unei anumite combinații de valori mobiliare ce maximizează utilitatea unui investitor în raport cu riscul sau propriu și cu venitul așteptat de-a lungul intervalelor de timp ce alcătuiesc perioada

globala de investitii. Acest model se bazeaza pe strategii de selectie a portofoliilor eficiente (în sens Markowitz) elaborate de catre Parkes (University of Pennsylvania, Philadelphia) si Huberman (Internet Ecologies Group, Xerox Palo Alto Research Center, Palo Alto). Pe baza modelului se poate determina strategia individuala de selectie a portofoliului de catre investitori (membrii ai grupului), performanta acestuia fiind suficient de robusta la setul de ipoteze simplificatoare facute.

Metodologia de tip multiagent prezentata în continuare opereaza cu o serie de ipoteze specifice si anume:

- pe piata se întâlnesc investitori rationali care cumpara, vând si detin active, cooperând în vederea atingerii obiectivului propriu; în acest sens, ei pun la dispozitia grupului resursele financiare de care dispune fiecare, gestioneaza separat o parte din suma globala (în concordanta cu aportul fiecaruia), iar în final pun la dispozitia grupului câstigul obtinut;
- grupul de investitori urmareste o strategie de selectie a portofoliilor de tip *miopic* în conformitate cu care fiecare își schimba structura portofoliului detinut de-a lungul perioadelor de investitii, strategie care se bazeaza pe preturile curente de piata ale activelor ce intra în structura portofoliului si care sunt tranzactionate pe piata, precum si pe structura portofoliului curent;
- investitorii dispun de resurse financiare limitate;
- oricare membru al grupului poate apela la strategia de selectie a structurii portofoliului unui alt membru care s-a dovedit a fi mai buna în trecut în comparatie cu propria sa strategie (acest lucru fiind denumit mecanism de sugestie);
- pe piata se tranzactioneaza un numar N de active de tip actiuni, suficient de mare astfel încât sa fie eliminat riscul specific de-a lungul întregii perioade de gestiune T (care este divizata în subperioade $t, t = 1, \dots, T$).

Un portofoliu P de active gestionat pe o perioada de investitie este reprezentat printr-un vector $a = (a_1, \dots, a_N)$, unde $a_i \geq 0$ si

$$\sum_{i=1}^N a_i = 1.$$

Investitorii alocă o pondere a_i din avutia lor activului i la începutul perioadei de investitie. Variatia totala a avutiei fiecarui investitor de-a lungul perioadei de gestiune este data de variatia cursurilor activelor ce intra în structura portofoliului P . Modelul ia în calcul un vector de preturi relative de forma $p = (p_1, \dots, p_N)$, unde p_i constituie un raport între pretul de închidere si pretul de deschidere de-a lungul perioadei de investitie pe ntru activul i ; în situatia în care pretul de închidere este superior celui de deschidere, pe piata se va înregistra o crestere a cererii din activul i , iar daca investitorul (dintr-un motiv sau altul) doreste sa renunte la acest activ, el va trebui sa astepte pâna când pretul de închidere este inferior pretului de deschidere aferent perioadei de investitie. În aceste conditii, avutia unui investitor ce detine portofoliul P variaza cu un factor $a \cdot p = \sum_{i=1}^N a_i \cdot p_i$,

adica exact cu venitul adus de portofoliul P :

$$r_p = a \cdot p = \sum_{i=1}^N a_i \cdot p_i \quad (1)$$

În aceste conditii, problema de selectie a portofoliului multiperioda consta în alegerea unei secvente de portofolii $\{a^T\} = \{a^1, \dots, a^T\}$ care conduce la maximizarea nivelului utilitatii scontate a investitorului, cunoscând vectorul de preturi relative p . Venitul portofoliului rezultat în urma aplicarii strategiei S de selectie la finalul întregii perioade de investitii este de forma $r_s = \prod_{t=1}^T a_s^t \cdot p^t$, unde a_s^t re-

prezinta structura portofoliului investitorului la momentul $t, (t=1, \dots, T)$. Pentru urmatoarea perioada de investitie $t+1$, strategia de selectie a portofoliului de valori mobiliare al unui investitor individual constituie o adevarata harta (istorie) a evolutiei cursurilor activelor din structura portofoliului investitorului individual la momentul t . Fiind data o functie de utilitate globala $U(r)$ aferenta întregii perioade de investitii T , modelul urmareste determinarea acelei strategii care genereaza o secventa $\{a^T\}$ de portofolii

conform problemei:

$$\begin{cases} (\max)_{(a^T)} E_{(p^T)} [U(r)] \\ U(r) = \prod_{t=1}^T a^t \cdot p^t \\ p = (p_1, \dots, p_N) \end{cases} \quad (2)$$

Strategia optimala S^* de determinare a structurii portofoliului multiperioda rezultata din sistemul (2) va depinde de atitudinea fata de risc a investitorului. În practica, investitorii au aversiune la risc (fiind caracterizati de o functie de utilitate de tip concav). O strategie buna de investitie determina un echilibru între avutia scontata a investitorului la finalul perioadei de investitie T si variatia avutiei sale finale în scopul maximizarii utilitatii.

În scopul simplificarii problemei de selectie a portofoliului, teoria moderna a portofoliului face apel la criteriul venit asteptat – risc (medie – dispersie). În conformitate cu acest concept, riscul unui portofoliu este cuantificat pe baza abaterii standard a veniturii portofoliului de la o perioada t la alta $t + 1$, iar problema de selectie a portofoliului se reduce la a determina structura acelui portofoliu eficient care minimizeaza riscul pentru un nivel fix al veniturii portofoliului pe o singura perioada.

O abordare recenta a teoriei generale a jocurilor referitoare la problema de selectie a portofoliului multiperioda identifica strategii universale care nu necesita ipoteze restrictive referitoare la cursurile activelor tranzactionate ce intra în structura portofoliului investitorului la un moment dat, evitând astfel estimarea parametrilor modelului. O astfel de strategie investitionala de tip *Gradient Exponential* constituie o regula de actualizare a portofoliului investitorului individual de la o perioada t la alta $t + 1$. Prin urmare, un investitor individual își ajusteaza portofoliul pe baza a doi parametri si anume: *performanta sa recenta si variatia cursurilor activelor ce au format structura portofoliului sau în perioada anterioara*. Strategia de tip $?$, o aproximatie de ordinul întâi a strategiei de tip Gradient Exponential, genereaza un portofoliu pentru perioada urmatoare a^{t+1} , data fiind structura portofoliului în perioada curenta a^t

si preturile relative p , în conformitate cu relatia:

$$a^{t+1} = x^t \cdot \left[? \cdot \left(\frac{p^t}{a^t \cdot p^t} - 1 \right) + 1 \right] \quad (3)$$

unde $?$ reprezinta rata de asimilare sau de învatare ($? > 0$). Regula de actualizare a structurii portofoliului enuntata mai sus determina cresterea ponderii avutiei investitorului plasata în active care au condus la o crestere a venitului portofoliului în perioada anterioara $t-1$ si, respectiv, scaderea ponderii avutiei investita în active a caror contributie la venitul adus de portofoliu a fost minima:

$$a^{t+1} > a^t - p^t > a^t \cdot p^t \quad (4)$$

O valoare redusa a ratei de asimilare h va face ca a^{t+1} sa evolueze lent spre portofoliul optimal pe o piata stationara cu o senzitivitate redusa la fluctuatiile dintre perioade, iar o valoare ridicata a lui h va determina ca a^{t+1} sa se schimbe mult mai rapid.

Performanta $Perf_S$ a strategiei S , de selectie a portofoliului la finalul perioadei de investitie T , poate fi de forma:

$$Perf_S = \frac{1}{t} \cdot \sum \log r_S(t)$$

unde $r_S(t)$ reprezinta rentabilitatea strategiei S la momentul t .

Piata de capital virtuala Santa Fe

Piata de capital virtuala Santa Fe reprezinta un sistem artificial de tip multiagent unde agentii dezvoltă în mod continuu modele cu asteptari, achizitioneaza, respectiv vând active pe baza modelelor introduse, validând pe cele mai performante sau renunând la acelea mai putin performante. Piata Santa Fe este un model aplicabil dinamicii neliniare bursiere elaborat de catre cercetatorii W. B. Arthur, J. Holland, B. LeBaron, R. Palmer si P. Taylor (1998) în cadrul Institutului pentru Sisteme Complexe Santa Fe din Statele Unite ale Americii. Prin aceasta se ilustreaza modalitatea în care forte de tip endogen existente pe piata determina complexitatea pietei de capital. Arthur, Holland si LeBaron au demonstrat ca, prin variatia ratei de asimilare a strategiilor investitionale ale agentilor, rezulta doua tipuri de comportament global al pietei. Daca strategiile investitionale evolueaza lent

(agentii sunt caracterizati de o rata de asimilare redusa), starea generala a pietei de capital poate fi descrisa pe baza teoriei traditionale. Pe de alta parte, în situatia în care rata de asimilare a agentilor este ridicata, piata modelata devine instabila, prezentând proprietati statistice similare pietelor din economia reala. Prin urmare, cercetatorii au concluzionat ca principala cauza a comportamentului complex al unei pieti reale este determinat de variatia ratei de asimilare (învatare) a agentilor investitori.

La baza analizei metodologice a pietei virtuale stau o serie de ipoteze generale de forma:

- pe piata virtuala exista trei tipuri de active: *actiuni*, *obligatiuni* si *bonuri de tezaur* perfect (infinite) divizibile;
- pe piata exista un numar de agenti N având anticipatii diferite privind evolutia cursului activelor tranzactionate care iau decizii de a achizitiona, vinde, respectiv detine actiuni si obligatiuni; aceste decizii au la baza asteptarile agentului relativ la evolutia dividendelor actiunilor, asteptari bazate pe un set de reguli de previzionare determinate cu ajutorul unor algoritmi genetici;
- oferta de bonuri de tezaur tinde catre infinit iar rata dobânzii asociate acestora este cunoscuta;
- actiunile aduc dividende variabile în timp, dividende care urmeaza un proces stochastic a carui valoare actuala medie este necunoscuta agentilor;
- cererea agregata pentru o anumita actiune nu poate depasi numarul total de actiuni de acel tip existent pe piata;
- fiecare agent dispune de o anumita avutie initiala (exprimata în unitati arbitrare).

Piata virtuala functioneaza astfel: agentii utilizeaza reguli de previziune având la baza informatiile legate de cursul activelor si a nivelului dividendelor în scopul determinarii aversiunii la risc (diferita pentru fiecare agent) si iau decizia de a investi în perioada imediat urmatoare. Pretul actiunii creste atunci când cererea din respectivul activ depaseste oferta, si coboara în caz contrar. Fiecare agent de pe piata poate lansa sau nu o oferta de achizitionare, respectiv de vânzare de actiuni (ambele al un nivel al pretului p_t).

Agentii își trimit deciziile unui specialist care are rolul de a controla cursul activelor tranzactionate pe piata si a-l mentine între anumite limite. Acest extraagent anunta pentru fiecare activ un pret sau curs initial, colecteaza deciziile (de achizitionare sau de vânzare) exprimate de restul agentilor de pe piata la acest nivel al pretului si, pe baza informatiilor astfel primite, el anunta un nou pret, procesul continuând pâna când cererea egaleaza oferta pentru respectivul activ. Cursul de "curatire a pietei" constituie noul pret initial pentru perioada urmatoare de tranzactionare.

Agentii de pe piata virtuala sunt caracterizati de o valoare a functiei de utilitate CARA de forma:

$$U(c) = -\exp(-\gamma c) \quad (5)$$

unde γ reprezinta un coeficient care masoara aversiunea la risc a investitorilor ($0 = \gamma = 1000$), investitorii considerati fiind cu aversiune constanta la risc. La fiecare moment de timp, orice agent determina cantitatea de actiuni si bonuri de tezaur care îi maximizeaza utilitatea consumului.

Asa cum am mentionat anterior, agentii iau decizii de investitii pe baza unui set de reguli de previzionare a evolutiei pietei; la fiecare moment de timp, fiecare agent ia în considerare un numar constant de astfel de reguli, ce determina valorile parametrilor a si b . Respectivii parametri sunt utilizati apoi în efectuarea unor prognoze a pretului activelor din perioada imediat urmatoare de forma:

$$E(p_{t+1} + d_{t+1}) = a \cdot (p_t + d_t) + b \quad (6)$$

unde d_t reprezinta dividendul în anul t si urmeaza un proces stochastic de forma:

$$d_t = \bar{d} + \gamma \cdot (d_{t+1} - \bar{d}) + e_t \quad (7)$$

iar p_t constituie pretul (p_0 este stabilit arbitrar).

Se stie ca problema maximizarii utilitatii de tip CARA în conditiile unor distributii gaussiene pentru dividendele d_t si preturile p_t conduce la o solutie de forma:

$$s_{t,i} = \frac{E(p_{t+1} + d_{t+1}) - p_t(1+r)}{\gamma \cdot s_{t,i,p+d}^2} \quad (8)$$

unde: $s_{t,i}$ reprezinta partile din activ care vor fi cerute de agentul i la momentul t ; r este rata dobânzii la obligatiunile guvernamentale; γ este coeficientul de aversiune absoluta fata

urmărește minimizarea acestei erori, deci sunt alese acele reguli care au eroarea patritică cea mai mică. Desigur că parametrul b este foarte important, el influențând orizontul de timp necesar evaluării regulilor respective. Dacă b este relativ mic ca valoare atunci agentii consideră că decid într-un mediu care se schimbă rapid. Atunci când b este mare ei consideră că mediul este relativ stabil. În simularile efectuate, b a fost pastrat constant, deși foarte interesantă ar fi o simulare în care parametrul p s-ar modifica.

Partea finală a modelului arată modul în care agentii adoptă noi reguli de comportament pe piață. Acest lucru se efectuează prin operații de încrucisare și mutație în algoritmul genetic. La fiecare iterație, aceste operații afectează un procent din numărul total de reguli (de exemplu, 15%). După o perioadă de timp, toate regulile se modifică, arătând schimbarea de comportament a agenților pe piață.

Acest model este unul dintre cele mai complexe existente astăzi, el stimulând apariția unei întregi clase de modele virtuale nu numai pentru piețele de capital dar și pentru simularea comportamentului altor tipuri de agenți (firme virtuale, consumatori virtuali și chiar economii virtuale).

Modelele din această clasă prezintă avantaje dar și dezavantaje. Ele sunt foarte flexibile și nu au nevoie de date în cantități foarte mari. Interacțiunile dintre diferite componente ale modelului (agenți) se formează endogen și evoluează în timp. Cu toate acestea, există încă destule dificultăți în simularea lor pe calculator datorită prezentei algoritmilor genetici.

Bibliografie

1. Clearwater S.H., Huberman B.A., Hogg T., 1992, *Cooperative Problem Solving*, World Scientific
2. Christian D., 1996, *Forecasting Financial Markets-Exchange Rates, Interest Rates & Asset Management*, Chemical Bank, London, UK
3. Cuthbertson K., 1996, *Quantitative Financial Economics. Stocks, Bonds and Foreign Exchange*, John Wiley and Sons, UK
4. Glance, N. S., Huberman B.A., 1994, *Dynamics of Social Dilemmas*, Scientific American

Dynamics of Social Dilemmas, Scientific American

5. Gaunersdorfer A., Hommes H.C., Wagener F.O.O., 2000, *Bifurcation Routes to Volatility Clustering*, Center for Nonlinear Dynamics in Economics and Finance, University of Amsterdam, Netherlands
6. Gaunersdorfer A., 2000, *Adaptive Beliefs and the Volatility of Assets Prices* Department of Business Studies, University of Vienna, Vienna, Austria
7. Huberman B.A., Youssefmir M., Hogg T., 1998, *Bubbles and Market Crashes*, Journal of Computational Economics no.12
8. Huberman B.A., Glance S.N., *Beliefs and Cooperation*, Xerox Palo Alto Research Group, Palo Alto, CA 94304
9. Huberman B.A., Hogg T., 1993, *Better Than the Best: The Power of Cooperation*, Addison-Wesley
10. Huberman B.A., Hogg T., Youssefmir M., *The Instability of Markets*, Xerox Palo Alto Research Center, Palo Alto, CA 94304
11. Huberman B.A., Youssefmir M., *Clustered Volatility in Multi-Agent Systems*, Xerox Palo Alto Research Center, Palo Alto, CA 94304
12. Hogg T., Huberman B.A., 1991, *Controlling Chaos in Distributed Systems*, IEEE Trans. On Systems, Man and Cybernetics, vol.21, nr.6, pages 1325-1332
13. LeBaron B., March 2001, *Volatility Magnification and Persistence in an Agent Based Financial Market*, Brandeis University, Waltham, USA
14. Best, Michael J., and Grauer, Robert R., *Capital Asset Pricing Compatible with Observed Market Value Weights*, Journal of Finance, 40, No.1, (March 1985)
15. Constantinides, G. M., 1980, *Admissible Uncertainty in the Intertemporal Asset Pricing Model* –Journal of Financial Economics, 8, Harper & Row, Publishers, Inc., UK
16. Elton J. E., Gruber J. M., 1995, *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, Kent Publishing Company, Washington
17. Gibbons, M. R., and Ferson, W., *Testing Asset Pricing Models with Changing Expectations and an Unobservable Market Portfolio*, Journal of Financial Economics, XIV,

- No.2, (Iun.1985)
18. <http://korora.econ.yale.edu/et.htm>
19. <http://www.wueconb.wustl.edu>
20. <http://www.elsevier.nl:80/~homepage/sae/econbase/menu.sht>
21. <http://invest-faq.com/articles/analy-int-rate-return.html>
22. <http://library.pace.edu/~viswanat/class/301/notes/capm.html>
23. Lehari, D., and Levy, H., 1977, *The Capital Asset Pricing Model and the Investment Horizon* - Review of Economics and Statistics, The Brookings Institution, Washington
24. Losq, E., Chateau, J. P. D., 1982, *A Generalization of the CAPM Based on a Property of the Covariance Operator* – Journal of Financial and Quantitative Analysis
25. Popa I., 1990, *Bursa*, Editura Economica, Bucuresti
26. Thanos G., *How Falling Interest Rates but Increasing Banking Output Give Higher Banking Profits. A Trade Off*, *Archives of Economic History*, Vol. XI, No 1-2, Jan.-Dec. 2000, Athens, pp. 179-196
27. Taggart, R. A. Jr, *Quantitative Analysis for Investment Management* 1996, Prentice Hall, Inc, USA
28. Stancu I., 1997, *Finante*, Editura Economica, Bucuresti
29. <http://www.fee.uva.nl/cendef>
30. <http://www.santafe.edu>
31. <http://finance2.bwl.univie.ac.at>