Anna Sroczyńska-Baron

Zastosowanie teorii gier w modelu rozłożenia w czasie procesu kupna akcji na GPW

Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania 10, 650-662

2008

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MUZEUM HISTORII POLSKI

STUDIA I PRACE WYDZIAŁU NAUK EKONOMICZNYCH I ZARZĄDZANIA NR 10

ANNA SROCZYŃSKA-BARON

ZASTOSOWANIE TEORII GIER W MODELU ROZŁOŻENIA W CZASIE PROCESU KUPNA AKCJI NA GPW

Wstęp

W celu przeprowadzania właściwych inwestycji inwestor giełdowy korzysta z wielu metod analizy technicznej i analizy fundamentalnej. Dzięki nim prognozuje wzrost lub spadek cen akcji w przyszłości. Inwestor dąży do tego, aby kupić akcje po najniższej możliwej cenie i sprzedać po najwyższej. Zasadniczym elementem zarządzania akcjami jest określenie właściwego momentu ich kupna i sprzedaży. Nie jest jednak możliwe dokładne określenie punktów zwrotnych cen akcji. Proces podejmowania decyzji inwestycyjnych związany jest więc z problemem optymalnego rozplanowania procesu sprzedaży lub kupna akcji w okresie spodziewanych największych zysków.

W poprzednich pracach[1,2,3] rozważany był przypadek sprzedaży akcji. W analogiczny sposób do procesu sprzedaży akcji sformułowany i rozwiązany został problem kupna akcji[4]. W poniższej pracy teoriogrowy model kupna akcji zostanie zastosowany do rzeczywistych danych pochodzących z Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie.

---

[1] Kałuski J., Sroczyńska A., *Game – theoretical portfolio model*. Vychislitelnaja Prikładnaja Matematika, Kijów 2005.

[2] Sroczyńska A., *Some consideration about management of shares*, Mekon, Ostrawa 2004, s.40.

[3] Sroczyńska – Baron A., *Zastosowanie teorii gier w modelu rozłożenia w czasie procesu sprzedaży akcji na GPW*, wygłoszony na konferencji „Innowacje w finansach i ubezpieczeniach. Metody matematyczne, ekonometryczne i informatyczne, Ustroń 2005 (w druku).

[4] Sroczyńska – Baron A, *Teoriogrowa strategia kupna akcji*, wygłoszony na konferencji „Innowacje w finansach i ubezpieczeniach. Metody matematyczne, ekonometryczne i informatyczne, Ustroń 2007 (w druku).

Optymalna strategia inwestora giełdowego

Uściślając problem w przypadku kupna akcji zakłada się, iż:

- w pewnym skończonym okresie czasu [0, t] jakim może być dowolna jednostka czasowa inwestor prognozuje wystąpienie punktu zwrotnego ceny pewnych akcji utrzymującej trend spadkowy korzystając z dowolnej metody analizy fundamentalnej czy technicznej zajmującej się prognozowaniem cen akcji,
- inwestor zamierza nabyć $\overline{m}$ akcji danej spółki do końca okresu [0, t],
- inwestor nie jest w stanie dokładnie określić momentu wystąpienia punktu zwrotnego dającego mu najmniejszy wydatek za zakup akcji w przypadku zakupu wszystkich $\overline{m}$ akcji w tym momencie.

W pracy tej wykorzystano rozwiązanie postawionego problemu uzyskane w oparciu o teorię gier nieskończonych z wyborem momentu czasu działania, gdzie przeciwnikiem inwestora giełdowego jest natura. Problem optymalnego wyboru momentu działania szeroko omawiany był w pracach m. in. Karlina[5] czy Shiffmana[6]. Optymalna strategia inwestora giełdowego będąca oczekiwaną ilością akcji sprzedanych do momentu t jest następującej postaci[7]:

$$W(t)=\begin{cases} 0, & 0 \le t \le \frac{1}{4} \\ 2\overline{m}-\frac{\overline{m}}{\sqrt{t}} & \frac{1}{4} \le t \le 1, \end{cases} \tag{1}$$

gdzie

$\overline{m}$ to liczba akcji, jakie zamierza kupić inwestor giełdowy,

okres [0, 1] – znormalizowany odcinek czasu [0, t], w którym inwestor zamierza kupić akcje.

[5] Karlin S., *Mathematical methods and theory in games, programming, and economics*, Pergamon Press London – Paris 1959.

[6] Shiffman M., *Games of timing*, Contributions to the theory of games, II, Ann. Of Math. Studies 28, Princeton 1953, s. 97 – 123 (Nieskończone gry antagonistyczne pod red. N. Worobiewa, Fizyczno – Matematyczna Literatura, seria: Teoria Gier, Moskwa 1963, s. 218).

[7] Sroczyńska – Baron A., *Teoriogrowa strategia kupna akcji*, …,op.cit.

Zastosowanie modelu dla wybranych akcji Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie

W celu zastosowania wyprowadzonej na bazie teorii gier optymalnej strategii inwestowania na giełdzie opartej na rozłożeniu procesu zakupu akcji w czasie w sytuacji realnej wykorzystane zostaną dane pochodzące z okresu od 1999 do 2004 roku dla 50 spółek notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie wybranych losowo. Jako podstawę prognozowania wybrano jeden ze wskaźników analizy technicznej – oscylator stochastyczny. Za pomocą sygnałów przez niego generowanych szukano prognoz dotyczących zmiany trendu. Analiza dotyczyła poszukiwania punktów, w których ceny akcji malały, ale oscylator stochastyczny przestawał podążać w kierunku cen zmieniając swój zwrot na przeciwny wskazując na osłabienie trendu spadkowego i stanowiąc sygnał informujący o zmianie tego trendu w niedalekiej przyszłości. Dodatkowo większość sygnałów kupna była generowana poniżej linii wysprzedania, co również wzmacniało odpowiednie sygnały (dokładne okresy, w których oscylator wygenerował sygnał kupna dla analizowanych danych zawiera tabela 2). Ze względu na to, iż badany oscylator był tygodniowy, można spodziewać się było jego zwrotu na około tydzień przed powstawaniem niżów cenowych na rynku. Jako okres, w którym wystąpi niż cenowy przyjęto okres 10 dni notowań od momentu zauważenia zmiany kierunku oscylatora. Poszczególne przypadki błędnego generowania sygnału przez oscylator w przypadku trendu spadkowego generującego zbyt wczesne sygnały kupna przyjęto przyjmując, iż niż cenowy wystąpił w ostatnim dniu badanego okresu. W celu znalezienia postaci optymalnej strategii kupna akcji założono dodatkowo, że inwestor giełdowy planował w badanym okresie zakup 50 akcji danej spółki. Zadaniem jego było optymalne rozplanowanie ich kupna w momencie spodziewanych największych korzyści.

Stosując przedstawioną wcześniej teoriogrową strategię optymalną proces kupna akcji powinien przebiegać zgodnie z funkcją:

$$W(t)=\begin{cases} 0, & 0 \le t \le 2{,}5 \\ 100-\dfrac{50}{\sqrt{t}} & 2{,}5 \le t \le 10. \end{cases} \tag{2}$$

Oznacza to, iż zgodnie z przyjętą strategią zakup akcji należałoby rozpocząć po upływie 2 dni i kupować w kolejnych dniach ilości wg zestawienia w tabeli 1.

W celu pokazania skuteczności przyjętej strategii proces zakupu akcji przeprowadzono zgodnie z dwoma innymi strategiami polecanymi w literaturze przez m. in. Eldera[8] czy Kocha[9]. Pierwsza z nich to natychmiastowy zakup wszystkich akcji w pierwszym dniu notowań. Funkcja kupna akcji jest więc postaci $W^*(t) = \overline{m}$ dla $0 \le t \le 1$. Po przyjęciu przedstawionych założeń, iż inwestor planuje zakup 50 akcji danej spółki funkcja przybiera postać $W^*(t) = 50$ dla $0 \le t \le 10$.

Tabela 1. Kupno akcji według strategii $W(t)$

dzień	czas znormalizowany	$W(t)$	Ilość akcji kupowanych w danym dniu
1,2	0,2	0	0
3	0,3	8,712907	9
4	0,4	20,94306	12
5	0,5	29,28932	8
6	0,6	35,45028	6
7	0,7	40,23857	5
8	0,8	44,0983	4
9	0,9	47,29537	3
10	1	50	3

Źródło: Opracowanie własne.

Druga rozważana strategia w celu porównania to strategia podziału portfela na trzy możliwie równe części i zakup jednej części na początku okresu spodziewanych największych zysków, drugiej części w środku rozważanego okresu, a trzeciej na końcu. Funkcja kupna akcji jest więc postaci:

$$W(t)^{**} = \begin{cases} \frac{1}{3}\overline{m}, & 0 \le t < 0{,}5 \\ \frac{2}{3}\overline{m}, & 0{,}5 \le t < 1 \\ \overline{m}, & t = 1 \end{cases} \tag{3}$$

Po przyjęciu założeń funkcja ta przyjmuje postać:

[8] Elder A., *Zawód inwestor giełdowy – psychologia rynków, taktyka inwestycyjna, zarządzanie portfelem*, ABC Kraków 2001
[9] Koch R., *Sztuka wyboru akcji*, Liber Poznań 2002

$$W(t)^{**} = \begin{cases} 17, & 0 \le t < 5 \\ 33, & 5 \le t < 10 \\ 50, & t = 10 \end{cases} \tag{4}$$

Wyniki obliczeń przedstawione są w postaci kwoty pieniędzy, jaką inwestor musiałby przeznaczyć na zakup wszystkich akcji wchodzących w skład planowanego portfela zgodnie z poszczególnymi strategiami:

$\bar{u}_1 = 9c_3 + 12c_4 + 8c_5 + 6c_6 + 5c_7 + 4c_8 + 3c_9 + 3c_{10}$ dla funkcji $W(t)$,

$\bar{u}_2 = 50c_1$ dla funkcji $W^*(t)$,

$\bar{u}_3 = 17c_1 + 16c_5 + 17c_{10}$ dla funkcji $W^{**}(t)$,

gdzie c_i to cena akcji w i – tym dniu badanego okresu. Zestawienie uzyskanych wyników zawiera tabela 2.

Strategia oparta na modelu przedstawionym w pracy okazała się najkorzystniejsza, pozwoliła osiągnąć najlepsze rezultaty. Zastosowanie podanej w pracy strategii optymalnej $W(t)$ dotyczącej rozłożenia procesu zakupu w czasie pozwoliło inwestorowi na osiągnięcie zysku poprzez ograniczenie wydatków na zbudowanie portfela.

Strategia oparta na modelu przedstawionym w pracy okazała się najkorzystniejsza, pozwoliła osiągnąć najlepsze rezultaty. Zastosowanie podanej w pracy strategii optymalnej $W(t)$ dotyczącej rozłożenia procesu zakupu w czasie pozwoliło inwestorowi na osiągnięcie zysku poprzez ograniczenie wydatków na zbudowanie portfela.

Należy jednak podkreślić, iż jest to strategia mieszana, więc sens użycia jej w rzeczywistości polega na wielokrotnym jej stosowaniu. W pojedynczej próbie wyniki mogą być różne. Zostaną one prześledzone na przykładzie wybranych spółek (zob. tabela 3).

W pewnych przypadkach strategia $W(t)$ przynosiła wyraźny zysk, na przykład w przypadku akcji spółki Computerland SA z okresu od 17 września 2001 do 28 września 2001. Na kupno 50 akcji tej spółki zgodnie z nią inwestor musiałby przeznaczyć 3478,9. Przy stosowaniu strategii natychmiastowego kupna wszystkich akcji, czyli zgodnie z funkcją $W^*(t)$, koszty zakupu wyniosłyby 3700. Również często polecana strategia podziału zakupu akcji na trzy równe części spowodowałaby w tym wypadku większy koszt, gdyż inwestor, postępując zgodnie z funkcją $W^{**}(t)$, wydałby 3534.

Tabela 2. Koszt zakupu akcji wg strategii $W(t)$, $W^*(t)$, $W^{**}(t)$

	BPH[1] 6-20. 8.01	BREBANK 16–27. 7.01	BPH[2] 22. 7-2.8.02	MOST.Z 22.7-2.8.02	BUDIMEX 25.3-9.4.02	COMARCH[1] 19-30.3.01
$\overline{u}_1$	7527	4197,2	9936	48,63	1443,1	2151,8
$\overline{u}_2$	8550	4160	10000	54,5	1415	2155
$\overline{u}_3$	7857	4303,6	10089,5	50,68	1440	2175,1
	ROLIMPEX [1]6-17.10.03	ECHO 3-18.4.01	MPECW. 9-23.4.02	JUPITER 8-19.7.02	ROLIMPEX[2] 22.4-7.5.02	ŻYWIEC[1] 29.7-9.8.02
$\overline{u}_1$	570,05	4525,1	297,05	196,33	145,09	15407
$\overline{u}_2$	530	4500	295	197,5	144	15150
$\overline{u}_3$	565,1	4612,5	300,8	197,06	146,37	15301
	ELDORADO 19.11-2.12.02	ELEKTROM.[2] 5-16.3.01	KRUK 1-12.12.03	ŻYWIEC[2] 6-20.8.01	JELFA[1] 2-13.10.00	SOKOŁÓW 3-14.3.03
$\overline{u}_1$	662,5	78,24	611,95	8677,5	1509,9	112,24
$\overline{u}_2$	650	82,5	635	8425	1575	113,5
$\overline{u}_3$	666,2	79,15	625,95	8626,5	1506,1	113,07
	FARMACOL 27.7-9.8.01	ŻYWIEC[3] 12-23.3.01	KGHM 26.8-6.9.02	POLI GRAFIA	PEPEES 10-21.9.01	COMARCH[2] 7-21.8.00
$\overline{u}_1$	903,15	8896	540,55	807,75	562,85	3488
$\overline{u}_2$	900	8900	547,5	847,5	577,5	3537,5
$\overline{u}_3$	905	9019	542,35	798,35	565,9	3434,25
	PKN 5-16.3.01	TALEX 22.4-8.5.02	KOMPAP[2] 16-27.10.00	KROSNO 6-17.3.00	MIESZKO 22.7-2.8.02	ROPCZYCE 8-22.5.02
$\overline{u}_1$	896,1	488,25	283,15	1629,9	450,9	434,6
$\overline{u}_2$	905	460	280	1600	455	445
$\overline{u}_3$	897,8	493,5	284,9	1675,5	452,55	440,1
	COMPUTER LAND 17-28.9.01	MACRO SOFT 24.11-5.12.03	IMPEX METAL 5-16.3.01	STOMIL OLSZTYN 11-22.9.00	ELEKTRO BUDOWA 29.9-10.10.03	IMPEX METAL 16-27.10.00
$\overline{u}_1$	3478,9	501,75	948,55	1400,9	698,8	1362,1
$\overline{u}_2$	3700	515	1040	1310	720	1360
$\overline{u}_3$	3534	505,65	974,65	1382,6	717	1379,8

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 2 (cd). Koszt zakupu akcji wg strategii $W(t)$, $W^*(t)$, $W^{**}(t)$

	ELEKTROM. [(1)]4-17.1.01	MILLENNIUM[(2)] 24.11-5.12.03	ENERGOM. 4-17.1.02	PONAR 16-29.1.01	JELFA[(2)] 1-12.12.03
$\overline{u}_1$	117,13	123,3	687,35	696,7	2259,4
$\overline{u}_2$	127	124,5	702,5	680	2215
$\overline{u}_3$	119,32	124,02	707,75	708	2269,7
	MOST.S. 21.10-4.11.02	MOST.W. 1-12.10.01	JUTRZEN. 10-23.5.00	IRENA 12-25.11.02	POLIGRAFIA[(2)] 30.1-16.2.01
$\overline{u}_1$	232,93	255,25	1044,4	567,7	673,5
$\overline{u}_2$	240	260	1045	562,5	677,5
$\overline{u}_3$	237,91	259,3	1048,5	570,1	682,7
	POLIGRAFIA[(1)] 2-16.7.02	KOMPAP[(1)] 6-17.3.00	PKN 16-27.7.01	MILLENNIUM[(1)] 1-12.10.01	
$\overline{u}_1$	855,9	531,4	828,65	125,4	
$\overline{u}_2$	865	560	840	134	
$\overline{u}_3$	875,1	543,5	835,3	133,64	

Źródło: Opracowanie własne.

Zaobserwowano również odwrotną sytuację, w której podana strategia w pracy przynosiła gorsze rezultaty niż pozostałe metody w przypadku jednokrotnego stosowania. Przykładem mogą być akcje spółki Rolimpex SA z okresu od 3 października 2003 do 17 października 2003.

Tabela 3. Ceny akcji wybranych spółek

Computerland									
data	cena	data	cena	data	cena	data	cena	data	cena
17/09/2001	74	18/09/2001	72,1	1/709/2001	72,9	20/09/2001	71,4	21/09/2001	70
24/09/2001	68	25/09/2001	66,4	26/09/2001	66	27/09/2001	66	28/09/2001	68
Rolimpex									
06/10/2003	10,6	07/10/2003	10,7	08/10/2003	10,95	09/10/2003	11	10/10/2003	11,2
13/10/2003	11,45	14/10/2003	12	15/10/2003	12,15	16/10/2003	12,1	17/10/2003	12,1
Jelfa									
02/10/2000	31,5	03/10/2000	31,5	04/10/2000	31,4	05/10/2000	31,3	06/10/2000	30,7
09/10/2000	29,5	10/10/2000	29	11/10/2000	28,5	12/10/2000	28,5	13/10/2000	28,2

Źródło: Opracowanie własne

Na kupno wszystkich 50 akcji, zgodnie z funkcją $W(t)$, inwestor przeznaczyłby 570,05. Przy stosowaniu strategii natychmiastowego kupna akcji, czyli zgodnie z funkcją $W^*(t)$, inwestor przeznaczyłby mniej, bo 530. Również polecana strategia podziału planowanej liczby akcji na trzy równe części przyniosłaby w tym wypadku mniejszy koszt, gdyż inwestor, postępując zgodnie z funkcją $W^{**}(t)$, wydałby 565,1.

Zdarzały się również przypadki, w których metoda rozłożenia procesu kupna akcji przyniosła lepsze rezultaty niż metoda natychmiastowego kupna, a gorsze niż metoda podziału portfela na trzy równe części. Przykładem mogą być akcje spółki Jelfa SA z okresu od 2 października 2000 do 13 października 2000. Po zakupie wszystkich 50 akcji, zgodnie z funkcją $W(t)$, inwestor wydałby 1509,9. Przy stosowaniu strategii natychmiastowego kupna akcji, czyli, zgodnie z funkcją $W^*(t)$, inwestor wydałby więcej, bo 1575. Natomiast strategia podziału akcji na trzy równe części byłaby w tym wypadku najkorzystniejsza, gdyż inwestor, postępując zgodnie z funkcją $W^{**}(t)$, wydałby 1506,1.

Powyższe przykłady pokazały, iż grając jeden raz na giełdzie każda z podanych metod może okazać się najskuteczniejsza. Jednak grając wielokrotnie i stojąc często przed problemem o podobnym charakterze najbardziej opłacalne jest stałe stosowanie strategii rozłożenia procesu zakupu akcji w czasie w oparciu o funkcję $W(t)$.

Jednak trudno jest porównywać zyski jakie daje omawiana metoda dla różnych spółek jeżeli nie uwzględni się różnicy cen akcji. Przykład bowiem zakłada jedynie stałą liczbę planowanych do zakupu akcji czyli 50. Aby uodpornić model na różnicę cen poszczególnych akcji wprowadzono przyrosty kosztu zakupu $\overline{u}_1$ względem poszczególnych kosztów $\overline{u}_i$ (i = 2,3). Rezultaty przedstawia tabela 4.

Analizując dane zebrane w tabeli 4 i na rys. 1 i 2 od razu widoczne jest, iż zdecydowanie częściej podana w pracy metoda przynosiła lepsze niż pozostałe metody. Większość otrzymanych przyrostów cechuje się ujemnym znakiem co równoważne jest osiąganiu lepszych rezultatów przy stosowaniu badanej metody.

Aby wykazać przy wykorzystaniu przyrostów, iż podczas wielokrotnego stosowania metody opartej na teorii gier osiąga się lepsze rezultaty niż w przypadku innych metod przeprowadzania transakcji zakupu akcji przeprowadzono test weryfikujący następujące hipotezy:

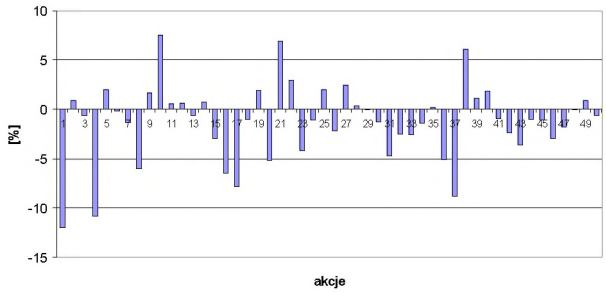
H_0: strategia oparta na teorii gier nie jest lepsza od strategii natychmiastowego kupna*[m = 0]*,

H_1: strategia oparta na teorii gier jest lepsza od strategii natychmiastowego kupna: [m < 0]

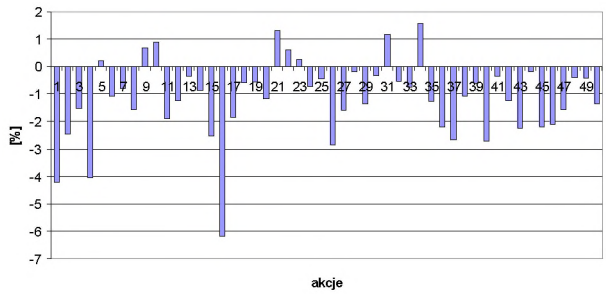
oraz

H_0: strategia oparta na teorii gier nie jest lepsza od strategii podziału portfela na trzy równe części *[m = 0]*,

H_1: strategia oparta na teorii gier jest lepsza od strategii podziału portfela na trzy równe części [m < 0].



*Rys.1 Przyrosty kosztu zakupu akcji wg strategii W względem strategii W**



*Rys.2 Przyrosty kosztu zakupu akcji wg strategii W względem strategii W***

W przypadku analizy przyrostów związanych ze stosowaniem metody rozłożenia procesu sprzedaży akcji w czasie oraz strategii natychmiastowej sprzedaży na podstawie zebranych danych obliczono średnią oraz odchylenie standardowe przyrostów równe odpowiednio -1,26 oraz 3,84. Statystyka u wyniosła -2,32. Dla przyjętego poziomu istotności α = 0,05 wartość u_α = -1,64. Ze względu na nierówność $u < u_\alpha$ hipotezę H_0 należy odrzucić. Oznacza to, iż średnia przyrostów jest istotnie mniejsza od zera z czego wynika, iż funkcja $W(t)$ istotnie przyniosła lepsze rezultaty niż funkcja $W^*(t)$.

W przypadku analizy przyrostów związanych ze stosowaniem metody rozłożenia procesu sprzedaży akcji w czasie oraz strategii podziału portfela na trzy równe części na podstawie zebranych danych obliczono średnią oraz odchylenie standardowe przyrostów równe odpowiednio -1,18 oraz 1,42. Statystyka u wyniosła -5,88. Dla przyjętego poziomu istotności $\alpha = 0{,}05$ wartość $u_\alpha = -1{,}64$. Ze względu na nierówność $u < u_\alpha$ hipotezę H_0 należy odrzucić. Oznacza to, iż średnia przyrostów jest istotnie mniejsza od zera z czego wynika, iż funkcja $W(t)$ istotnie przyniosła lepsze rezultaty niż funkcja $W^{**}(t)$.

Tabela 4. Przyrosty kosztów $\overline{u}_1$ względem kosztów $\overline{u}_i$ (i = 2,3)

	ROLIMPEX(1)	BREBANK	MPEC W.	MOST. Z.	BUDIMEX	COMARCH(1)	ROLIMPEX(2)	COMPUTER LAND	STOMIL OLSZT.
$\Delta\overline{u}_2$	7,55660	0,894231	0,69491	-10,7706	1,98586	-0,14849	0,75694	-5,97568	6,93893
$\Delta\overline{u}_3$	0,87595	-2,47235	-1,2466	-4,04499	0,21527	-1,07122	-0,8745	-1,55914	1,32359
	BPH(1)	ECHO	BPH(2)	JUPITER	PKN	JELFA(1)	JELFA(2)	KGHM	PKN
$\Delta\overline{u}_2$	-11,964	0,557778	-0,64	-0,59241	-1,3512	-4,1333	2,004515	-1,2694	-0,98343
$\Delta\overline{u}_3$	-4,2001	-1,89485	-1,5213	-0,37045	-0,7961	0,25230	-0,4538	-0,3318	-0,18935
	ELDORADO	ELEKTROM.(2)	ŻYWIEC (1)	ŻYWIEC (2)	ŻYWIEC (3)	SOKOŁOW	ELEKTROBUDOWA	ENERGOM.	PONAR
$\Delta\overline{u}_2$	1,92307	-5,16364	1,69637	2,99703	-0,0449	-1,11013	-2,94444	-2,15658	2,455882
$\Delta\overline{u}_3$	-0,5554	-1,14972	0,69276	0,59120	-1,3638	-0,73406	-2,53835	-2,88237	-1,59605
	FARMACOL	ELEKTROM.(1)	IMPEX METAL	POLIGRAFIA	PEPEES	MACROSOFT	COMARCH(2)	IMPEX METAL	KOMPAP(1)
$\Delta\overline{u}_2$	0,35	-7,77165	-8,7933	-4,69027	-2,5368	-2,57282	-1,39929	0,154412	-5,10714
$\Delta\overline{u}_3$	-0,2044	-1,8354	-2,6779	1,17742	-0,5389	-0,77128	1,565116	-1,28279	-2,22631
	MOST. W.	TALEX	KOMPAP(2)	KROSNO	MIESZKO	ROPCZYCE	KRUK	MILLENNIUM(2)	POLIGRAFIA(1)
$\Delta\overline{u}_2$	-1,8269	6,141304	1,125	1,86875	-0,9011	-2,33708	-3,62992	-0,96386	-1,05202
$\Delta\overline{u}_3$	-1,562	-1,06383	-0,6142	-2,72158	-0,3646	-1,24972	-2,2366	-0,58055	-2,19403
	MOST. S.	IRENA	JUTRZEN.	POLIGRAF.(2)	MILLENNIUM(1)				
$\Delta\overline{u}_2$	-2,9458	0,92444	-0,0574	-0,5904	-6,4179				
$\Delta\overline{u}_3$	-2,0932	-0,42098	-0,3910	-1,3475	-6,1658				

Źródło: Opracowanie własne

Przeprowadzenie powyższych testów pozwoliło zweryfikować hipotezy o istotności lepszych rezultatów w przypadku stosowania strategii zbudowanej na bazie teorii gier niż dwóch innych metod proponowanych w literaturze. W badaniach użyto jednego konkretnego narzędzia do prognozowania ruchu cen akcji. Wyniki badań wydają się być jednak raczej nieobciążone w sposób istotny doborem narzędzia gdyż rozkład występowania punktów zwrotnych cen akcji w poszczególnych dniach badanych 10–dniowych okresów nie charakteryzował się żadnymi specyficznymi cechami wpływającymi na uzyskane wyniki (kolejne liczby na wykresie oznaczają kolejne dni 10–dniowych okresów).

Rys.3. Rozkład występowania punktów zwrotnych cen akcji dla sygnałów generowanych przez oscylator stochastyczny

Wnioski

Zbadanie kształtowania się cen akcji wybranych spółek notowanych na GPW w Warszawie w oparciu o oscylator stochastyczny pozwoliło na wygenerowanie sygnałów kupna akcji. Zastosowanie w tym momencie podanej w pracy strategii optymalnej opartej na teorii gier dotyczącej rozłożenia procesu zakupu akcji w czasie pozwoliło inwestorowi na osiągnięcie zysku, podobnie jak w przypadku sprzedaży akcji[10]. Należy podkreślić, iż przedstawiona w pracy strategia jest optymalna w takim sensie, iż jest to strategia mieszana, więc sens jej użycia polega na wielokrotnym stosowaniu. Należy zwrócić także uwagę, iż w przypadku zakupu akcji przy tworzeniu portfela istotną rolę odgrywa jednak dostępność akcji, gdyż „podjęcie decyzji o optymalnym składzie nie oznacza jeszcze, że pojawią się kontrahenci skłonni sprzedać nam potrzebne składniki

[10] Sroczyńska – Baron A., *Zastosowanie teorii gier w modelu rozłożenia w czasie procesu sprzedaży akcji na GPW*, …,op.cit.

portfela. Wykonalność niezbędnych transakcji jest warunkiem koniecznym dla możliwości skonstruowania optymalnego portfela[11]."

Literatura

1. Elder A., *Psychologia rynków, taktyka inwestycyjna, zarządzanie portfelem*. Dom Wydawniczy ABC, Kraków 2001.
2. Karlin S., *Mathematical methods and theory in games, programming, and economics*, Pergamon Press London – Paris 1959.
3. Koch R., *Sztuka wyboru akcji*, Liber Poznań 2002.
4. Piasecki K., *Od arytmetyki handlowej do inżynierii finansowej*, Wyd. AE w Poznaniu, Poznań 2005.
5. Shiffman M., *Games of timing*, Nieskończone gry antagonistyczne pod red. N. Worobiewa, Fiz. – Mat. Literatura, seria: Teoria Gier, Moskwa 1963.
6. Sroczyńska – Baron A., *Zastosowanie teorii gier w modelu rozłożenia w czasie procesu sprzedaży akcji na GPW*, wygłoszony na konferencji „Innowacje w finansach i ubezpieczeniach. Metody matematyczne, ekonometryczne i informatyczne, Ustroń 2005 (w druku).
7. Sroczyńska – Baron A., *Teoriogrowa strategia kupna akcji*, wygłoszony na konferencji „Innowacje w finansach i ubezpieczeniach. Metody matematyczne, ekonometryczne i informatyczne, Ustroń 2007 (w druku).
8. Sroczyńska A., Some *consideration about management of shares*, Mekon, Ostrawa 2004.
9. Kałuski J., Sroczyńska A., *Game – theoretical portfolio model*. Vychislitelnaja Prikładnaja Matematika, Kijów 2005,

STRESZCZENIE

W pracy poruszono problem zastosowania optymalnej strategii zakupu akcji opartej na teorii gier nieskończonych na giełdzie. Do wyszukiwania punktów zwrotnych cen akcji wybranych spółek notowanych na GPW w Warszawie zastosowano oscylator stochastyczny. Następnie przeanalizowano wyniki uzyskane przy zastosowaniu propo-

[11] Piasecki K., Od arytmetyki handlowej do inżynierii finansowej, Wyd. AE w Poznaniu, Poznań 2005, s.199

nowanej strategii i porównano z wynikami uzyskiwanymi innymi popularnymi metodami.

THE APPLICATION OF MODEL OF SHARES PURCHASE BASED ON THE THEORY OF GAMES IN INVESTING ON MARKET

SUMMARY

In the work the problem of the application the optimum strategy of shares purchase based on the theory of infinite games on market, was considered. The function of shares purchase based on one game was presented and used on securities exchange in Warsaw. The prices of some shares were examined and the stochastic oscillator was used to show the turning points. Next, the results of the application of the model were discussed and compared with the results of other popular methods.

Translated by A. Sroczyńska-Baron

Mgr inż. Anna Sroczyńska-Baron
Akademia Ekonomiczna w Katowicach
kozak@caprisoft.com.pl