

Paweł Sewastjanow, Krzysztof Kaczmarek

Zastosowanie ofert kupna i sprzedaży w zoptymalizowanej strategii handlu papierami wartościowymi

Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania 9, 120-132

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.

PAWEŁ SEWASTJANOW
KRZYSZTOF KACZMAREK

ZASTOSOWANIE OFERT KUPNA I SPRZEDAŻY W ZOPTYMALIZOWANEJ STRATEGII HANDLU PAPIERAMI WARTOŚCIOWYMI

Wstęp

W wyniku gwałtownego rozwoju technologii z sektora IT współczesny trader wyposażony jest w szereg systemów wspomagających jego pracę. Jednak większość z nich oparta jest na analizie już zaistniałych zdarzeń (np. zamknięć, transakcji), które stanowią odzwierciedlenie nastrojów panujących na rynku w danym czasie. W niniejszym artykule przedstawiono założenia systemu informatycznego, którego funkcjonowanie oparte jest na analizie zmian w strukturach rynków ofert kupna i ofert sprzedaży. Wyodrębniono elementy mające największy wpływ na kształtowanie się kursu danego papieru wartościowego. W pracy przedstawiono system traderski oparty na powyższych założeniach, opracowany z użyciem metod logiki rozmytej, metod optymalizacji wielokryterialnej i teorii świadectw Dempstera-Shafera.

Podstawowe założenia metody

Przedstawiony informatyczny system traderski generuje decyzje transakcyjne w oparciu o analizę informacji związanych z zachodzącymi zmianami w strukturach rynków najlepszych ofert kupna i najlepszych ofert sprzedaży. Podstawowymi składnikami systemu są wskaźniki, zaprojektowane w celu uzyskania zbioru parametrów odzwierciedlających sytuację panującą na parkiecie w danym okresie. Ze względu na trudności występujące w analizie wartości osiągniętych przez poszczególne wskaźniki postanowiono w oparciu o nie sformuło-

wać kryteria lokalne za pomocą funkcji przynależności, na podstawie których został skonstruowany zbiór reguł. Kolejnym etapem jest ujęcie tych reguł za pomocą świadectw Demstera-Shafera. W ten sposób skonstruowany system został poddany procesowi optymalizacji i weryfikacji.

Prezentacja wskaźników

W oparciu o szczegółową analizę rynku najlepszych ofert kupna i sprzedaży skonstruowano grupę wskaźników, które odzwierciedlają charakter rynku w danym momencie czasu.

Wskaźnik rynku ofert (WRO)

Wskaźnik rynku ofert WRO jest wykładnikiem sytuacji panujących na rynku ofert kupna i sprzedaży. Jego wartość określana jest na podstawie iloczynu dwóch wskaźników strukturalnych: wskaźnika kupna (WK) oraz wskaźnika sprzedaży (WS) [3]. W ten sposób dwa sygnały określające sytuację na rynku zastąpiono jednym. Zastosowanie multiplikatywnego połączenia wskaźników WK i WS zdecydowanie ułatwiło dalszą analizę rynku oraz usprawniło pracę systemu (m.in. uzyskano mniejszą liczbę reguł w systemie decyzyjnym). Opisane wskaźniki obliczamy na podstawie wzorów:

$$WRO_j = WK_j * WS_j$$

gdzie:

$$WK_j = \left(\frac{SCOK_j}{\frac{\sum_{i=1}^{glebokosc} (SCOK_{j-i} * WSO_i)}{glebokosc}} \right)^2, \quad SCOK_j = \frac{\sum_{i=1}^{ilosc} (WolK_{j,i} * CenaK_{j,i})}{\sum_{i=1}^{ilosc} (WolK_{j,i})}$$

$$WS_j = \left(\frac{SCOS_j}{\frac{\sum_{i=1}^{glebokosc} (SCOS_{j-i} * WSO_i)}{glebokosc}} \right)^2, \quad SCOS_j = \frac{\sum_{i=1}^{ilosc} (WolS_{j,i} * CenaS_{j,i})}{\sum_{i=1}^{ilosc} (WolS_{j,i})}$$

WK_j – wskaźnik kupna w j -tej chwili, WS_j – wskaźnik sprzedaży w j -tej chwili, $WolK_{j,i}$ – wolumen i -tej oferty kupna w j -tej chwili, $CenaK_{j,i}$ – cena i -tej oferty kupna w j -tej chwili, $WolS_{j,i}$ – wolumen i -tej oferty sprzedaży w j -tej chwili, $CenaS_{j,i}$ – cena i -tej oferty sprzedaży w j -tej chwili, $SCOK_j$ – średnia cena najlepszych ofert kupna w j -tej chwili, $SCOS_j$ – średnia cena najlepszych ofert

sprzedaży w j -tej chwili, $ilosc$ – ilość najlepszych ofert (kupna/sprzedaży), $glebokosc$ – ilość poprzedzających transakcji,

Jeżeli wartość wskaźnika WRO oscyluje wokół 1 to świadczy to, że na rynku panuje równowaga między rynkiem byków a rynkiem niedźwiedzi ($WK, WS \approx 1$) bądź też może być wynikiem zdecydowanie różnych informacji płynących z rynku ofert ($WK > 1, WS < 1$ lub $WK < 1, WS > 1$). W tej sytuacji ($WRO \approx 1$) zalecana jest powściągliwość w podejmowaniu decyzji. Decyzję kupna najlepiej należy podejmować w momencie, gdy wartość wskaźnika WRO zdecydowanie przekracza wartość 1 ($WRO \gg 1$). Taki stan powstaje, gdy rynek byków przewyższa rynek niedźwiedzi ($WK > 1, WS > 1$). Sytuacja przeciwna (gdy rynek niedźwiedzi przewyższa rynek byków) przejawia się wartością wskaźnika WRO zdecydowanie poniżej wartości 1 ($WRO \ll 1$). Pojawienie się tego stanu stanowi mocną przesłankę informującą o zaistniałych warunkach do sprzedaży danego papieru wartościowego.

Wskaźnik ΔV

Wskaźnik ΔV obliczany jest na podstawie zmian wartości wolumenu. Założono, że wolumen obrotów powinien potwierdzać trend główny. W trakcie występowania trendu wzrostowego powinien osiągać wysokie wartości podczas wzrostu kursu do nowych maksimów, a przy trendzie spadkowym powinien rosnąć, gdy kurs osiąga kolejne minima (wskaźnik $\Delta V > 0$). W sytuacji, gdy wolumen nie potwierdza trendu należy liczyć się z możliwością zmiany tendencji na rynku (wskaźnik $\Delta V < 0$).

Wartość zmiany wolumenu oblicza się jako: $\Delta V_j = \left(V_j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{j-i} \right)$, gdzie

V_j – wartości obrotów w j -tej chwili, n – głębokość uśrednienia (wybrana ilość ostatnich notowań).

Wskaźnik ΔEMA

Wskaźnik ΔEMA powstaje na podstawie średnich ruchomych wartości danego papieru wartościowego.

$$\Delta EMA_j = EMA_j - EMA_{j-1}$$

gdzie: $EMA_j = KURS_j * K + SR_{j-1} * (1 - K)$, $K = 2/(n+1)$ – mnożnik, n – ilość notowań uwzględniana w obliczeniach, $KURS_j$ – cena danego papieru war-

tościowego uzyskana w j -tej transakcji, $SR(j)$ – średnia ruchoma wartości danego papieru wartościowego w j -tej, $SR_j = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n KURS_{j-t}$.

W oparciu o analizę wartości przyjmowanych przez wskaźnik ΔEMA można prognozować wydarzenia na danym rynku. Zmiana znaku wartości ΔEMA ($\Delta EMA_j < 0$, $\Delta EMA_j > 0$) stanowi sygnał informujący o możliwości zmiany trendu panującego na rynku.

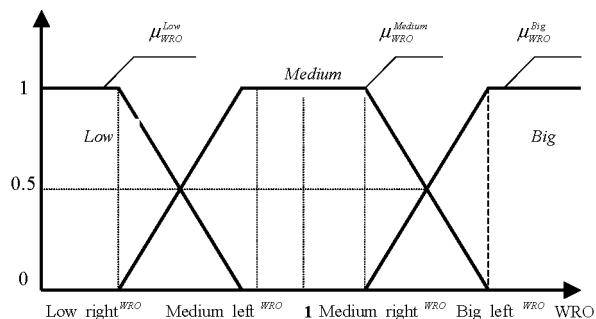
Formalizacja kryteriów lokalnych za pomocą funkcji przynależności

Ze względu na potrzebę określenia rzeczywistej wartości informacyjnej poszczególnych wskaźników zastosowano funkcje kryterialne, oparte na wskaźnikach WRO , ΔEMA i ΔV . Kryteria te skonstruowano w oparciu o metodę teorii zbiorów rozmytych [4]. Stanowią odwzorowanie wartości poszczególnych wskaźników na wartości z przedziału $[0,1]$. Ponieważ w praktyce wartość wskaźników oceniana jest przez tradera w formie lingwistycznej, postanowiono przedstawić je w formie trzech takich ocen lingwistycznych *Low*, *Medium* i *Big*. W rezultacie skonstruowano funkcje kryterialne μ_{WRO}^{Big} , μ_{WRO}^{Medium} , μ_{WRO}^{Low} , μ_{EMA}^{Big} , μ_{EMA}^{Medium} , μ_{EMA}^{Low} , μ_V^{Big} , μ_V^{Medium} , μ_V^{Low} . Indeks dolny WRO oznacza, że funkcja charakteryzuje moc sygnału związanego z rynkiem najlepszych ofert kupna i sprzedaży. Indeksy EMA i V odnoszą się do funkcji charakteryzujących moc dodatkowych sygnałów kupna lub sprzedaży opartych na zmianach wskaźników ΔEMA i ΔV . Indeksy górne *Big*, *Medium*, *Low*, charakteryzują zakresy, w których w konkretnej sytuacji znajdują się wartości o odpowiednich wskaźnikach. Na rys. 1 przedstawiono funkcje μ_{WRO}^{Big} , μ_{WRO}^{Medium} , μ_{WRO}^{Low} , charakteryzujące aktualną sytuację na rynku ofert.

Każdy $s \in \{Big, Medium, Low\}$ danego parametru w j -tej chwili określony jest poprzez odpowiadającą jemu wartość funkcji przynależności. Parametr znajduje się w danym stanie gdy wartość funkcji przynależności jest większa od 0.5 np. $\mu_{WRO}^{Big} > 0.5$ – stan *Big*, $\mu_{WRO}^{Medium} > 0.5$ – stan *Medium*, $\mu_{WRO}^{Low} > 0.5$ – stan *Low*. Zakłada się, że suma tych wartości wynosi 1 tzn. $\mu_{WRO}^{Big} + \mu_{WRO}^{Medium} + \mu_{WRO}^{Low} = 1$.

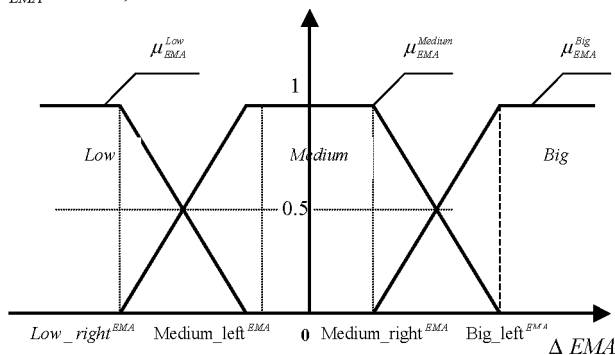
Prezentowana funkcja charakteryzuje moc rynku byków oraz niedźwiedzi np. jeśli $\mu_{WRO}^{Big} > 0.5$ oznacza to przewagę rynku byków nad rynkiem niedźwiedzi co zarazem świadczy o dużym prawdopodobieństwie wystąpienia uptrendu. W

sytuacji przeciwnej ($\mu_{WRO}^{Low} > 0.5$) występuje duże prawdopodobieństwo pojawienia się downtrendu.



Rys. 1. Funkcje przynależności μ_{WRO}^{Big} , μ_{WRO}^{Medium} , μ_{WRO}^{Low} zbudowane w oparciu o wskaźnik WRO

Analogicznie do funkcji prezentującej wartość wskaźnika WRO zbudowano funkcje opisujące wskaźnik ΔEMA (rys. 2): μ_{EMA}^{Big} , μ_{EMA}^{Medium} , μ_{EMA}^{Low} . Zazwyczaj w trakcie występowania trendu bocznego ΔEMA przyjmuje wartości około 0 (wówczas $\mu_{EMA}^{Medium} > 0.5$).



Rys. 2. Funkcje przynależności μ_{EMA}^{Big} , μ_{EMA}^{Medium} , μ_{EMA}^{Low} zbudowane w oparciu o wskaźnik ΔEMA

Siła sygnału *Buy* jest wprost proporcjonalna do wartości ΔEMA ($\mu_{EMA}^{Big} > 0.5$ a $\mu_{EMA}^{Low} = 0$ – taki stan jest przejawem występowania na rynku hossy). Moc sygnału *Sell* jest odwrotnie proporcjonalna do wartości ΔEMA ($\mu_{EMA}^{Low} > 0.5$ a $\mu_{EMA}^{Big} = 0$ – taki stan jest przejawem występowania na rynku bessy).

Moc sygnałów *Buy* i *Sell* szacujemy na podstawie zmiany obrotów na rynku i zazwyczaj są wprost proporcjonalne do ΔV (np. $\mu_V^{Big} > 0.5$ oznacza

podtrzymanie aktualnego trendu wzrostowego). Wartość $\mu_V^{Low} > 0.5$ stanowi przesłankę do wystąpienia zmiany.

Zastosowanie trójkątnych funkcji przynależności wiąże się z potrzebą ustalenia wartości granicznych *Low_Right*, *Medium_Left*, *Medium Right*, *Big_Left*. W celu uzyskania większej elastyczności metody, granice stanów *Low*, *Medium*, *Big* w *j*-tej chwili (patrz rys. 1) wyznaczane są dynamicznie na podstawie następujących zależności:

$$Low_right_j^w = 1 - \delta_j^w * \beta_1^w, \quad Medium_left_j^w = 1 - \delta_j^w * \beta_2^w,$$

$$Medium_right_j^w = 1 + \delta_j^w * \beta_3^w, \quad Big_left_j^w = 1 + \delta_j^w * \beta_4^w,$$

gdzie: $\beta_1^w, \beta_2^w, \beta_3^w, \beta_4^w$ – parametry kształtujące funkcje przynależności, $w \in \{WRO, EMA, V\}$ np. dla μ_{WRO}^{stan} gdzie $stan \in \{Big, Medium, Low\}$

$$\delta_j^{WRO} = \max\{WRO_{j-zakres}, \dots, WRO_{j-1}\} - \min\{WRO_{j-zakres}, \dots, WRO_{j-1}\},$$

$$Low_right_j^{WRO} = 1 - \delta_j^{WRO} * \beta_1^{WRO}, \quad Medium_left_j^{WRO} = 1 - \delta_j^{WRO} * \beta_2^{WRO},$$

$$Medium_right_j^{WRO} = 1 + \delta_j^{WRO} * \beta_3^{WRO}, \quad Big_left_j^{WRO} = 1 + \delta_j^{WRO} * \beta_4^{WRO}.$$

W podobny sposób zbudowano funkcje $\mu_V^{Big}, \mu_V^{Medium}, \mu_V^{Low}$ opisujące wskaźnik ΔV . Kolejnym krokiem po skonstruowaniu funkcji przynależności jest określenie reguł (zasad) na podstawie, których system (trader) będzie podejmował decyzje transakcyjne: *Buy* (kupuj), *Sell* (sprzedawaj) i *Hold* (czekaj). Ponieważ nie wszystkie zaistniałe sytuacje na rynku są oczywiste, postanowiono rozszerzyć układ decyzyjny o dodatkowe opcje *Buy lub Hold* (*Buy/Hold*) i *Sell lub Hold* (*Sell/Hold*).

Zbiór reguł wnioskowania rozmytego został zdefiniowany następująco:

- R_1 : jeśli WRO jest Big_{WRO} i ΔEMA jest Big_{EMA} i ΔV jest Big_V lub $Medium_V$ to *Buy*
- R_2 : jeśli WRO jest Big_{WRO} i ΔEMA jest Big_{EMA} i ΔV jest Low_V to *Buy/Hold*
- R_3 : jeśli WRO jest Big_{WRO} i ΔEMA jest $Medium_{EMA}$ i ΔV jest Big_V to *Buy*
- R_4 : jeśli WRO jest Big_{WRO} i ΔEMA jest $Medium_{EMA}$ i ΔV jest $Medium_V$ lub Low_V to *BUY/Hold*
- R_5 : jeśli WRO jest Big_{WRO} i ΔEMA jest Low_{EMA} i ΔV jest Big_V to *Buy/Hold*

- R_6 : jeśli WRO jest Big_{WRO} i ΔEMA jest Low_{EMA} i ΔV jest $Medium_V$ lub Low_V to *Hold*
- R_7 : jeśli WRO jest $Medium_{WRO}$ i ΔEMA jest Big_{EMA} i ΔV jest Big_V to *Buy*
- R_8 : jeśli WRO jest $Medium_{WRO}$ i ΔEMA jest Big_{EMA} i ΔV jest $Medium_V$ to *Buy/Hold*
- R_9 : jeśli WRO jest $Medium_{WRO}$ i ΔEMA jest Big_{EMA} lub Low_{EMA} i ΔV jest Low_V to *Hold*
- R_{10} : jeśli WRO jest $Medium_{WRO}$ i ΔEMA jest $Medium_{EMA}$ i ΔV jest Big_V to *Buy/Hold*
- R_{11} : jeśli WRO jest $Medium_{WRO}$ i ΔEMA jest $Medium_{EMA}$ i ΔV jest $Medium_V$ lub Low_V to *Hold*
- R_{12} : jeśli WRO jest $Medium_{WRO}$ i ΔEMA jest Low_{EMA} i ΔV jest Big_V to *Sell*
- R_{13} : jeśli WRO jest $Medium_{WRO}$ i ΔEMA jest Low_{EMA} i ΔV jest $Medium_V$ to *Sell/Hold*
- R_{14} : jeśli WRO jest Low_{WRO} i ΔEMA jest Big_{EMA} i ΔV jest Big_V to *Sell/Hold*
- R_{15} : jeśli WRO jest Low_{WRO} i ΔEMA jest Big_{EMA} i ΔV jest $Medium_V$ lub Low_V to *Sell/Hold*
- R_{16} : jeśli WRO jest Low_{WRO} i ΔEMA jest $Medium_{EMA}$ lub Low_{EMA} i ΔV jest Big_V to *Sell*
- R_{17} : jeśli WRO jest Low_{WRO} i ΔEMA jest $Medium_{EMA}$ i ΔV jest $Medium_V$ lub Low_V to *Sell/Hold*
- R_{18} : jeśli WRO jest Low_{WRO} i ΔEMA jest Low_{EMA} i ΔV jest $Medium_V$ to *Sell*
- R_{19} : jeśli WRO jest Low_{WRO} i ΔEMA jest Low_{EMA} i ΔV jest Low_V to *Sell/Hold*.

Ujęcie reguł wnioskowania rozmytego za pomocą świadectw Dempstera-Shafera

Teoria Dempstera-Shafera (DST) najpierw została zaprezentowana w pracach A.P. Dempstera [1,2] a następnie została udoskonalona przez G. Shafera. Metoda oparta jest na przedziałowym traktowaniu prawdopodobieństwa.

Poprzednicy (fragmenty „jeżeli”) reguł ($R_1 - R_{19}$) traktuje się jako moc świadectw ma korzyść decyzji transakcyjnych *Buy*, *Sell* lub *Hold*, lub jako prawdopodobieństwa słuszności tych decyzji. W ten sposób są one traktowane w ramach teorii świadectw Dempstera-Shafera jako elementy bazowego rozkładu prawdopodobieństwa (bpa). W przeciwieństwie do klasycznego podejścia, w DST składniki bpa mogą być przypisane zarówno grupom zdarzeń (*Buy/Hold*, *Sell/Hold*) jak i pojedynczym zdarzeniom (*Buy*, *Sell*, *Hold*). W ramach DST prawdopodobieństwo grupy może być mniejsze niż prawdopodobieństwo jednego zdarzenia.

Opiszemy pokrótce podstawowe pojęcia teorii Dempstera-Shafera.

Przestrzeń rozważań Θ (*frame of discernment*) jest zbiorem wszystkich hipotez $\Theta = \{h_1, h_2, \dots\}$.

Podstawowe przyporządkowanie prawdopodobieństwa (*bpa - basic probability assignment*) dla Θ jest funkcją $m: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$ taką, że $m(\emptyset)=0$, $\sum_{x \in 2^\Theta} m(x)=1$.

Funkcja pewności (*belief function*) jest miarą wiarygodności poszlak przemawiających na rzecz K . Dla każdego $K \subseteq \Theta$ (Θ - przestrzeń rozwiązań):

$$Bel(K) = \sum_{i=1}^n m(M_i), M_i \subseteq K, i=1, \dots, n, Bel(\emptyset)=0, Bel(\Theta)=1$$

Funkcja możliwości (*plausibility function*) jest miarą poszlak przemawiających przeciw K . Dla każdego $K \subseteq \Theta$:

$$Pl(K) = \sum_{i=1}^n m(M_i), M_i \cap K \neq \emptyset, i=1, \dots, n, Pl(\emptyset), Pl(\Theta)=1$$

Z definicji wynika, że $0 \leq Bel \leq Pl \leq 1$.

Przedział pewności (*belief interval*) $[Bel(M), Pl(M)]$. Przedział ten odpowiada zakresu (pewności) wiedzy o stopniu prawdziwości danego zadania. W sytuacji, gdy nie ma informacji na temat danego zdarzenia M , to przedział jest

równy [0,1]. Wraz ze wzrostem ilości informacji na jego (M) temat przedział ulega zwięźeniu.

W prezentowanej metodzie przestrzeń rozważań składa się z pięciu hipotez (możliwych decyzji): *Buy, Sell, Hold, Buy/Hold, Sell/Hold*.

Na podstawie metodologii i podstawowych pojęć DST reguły $R_1 - R_{19}$ zostały przedstawione w formie podstawowego przyporządkowania prawdopodobieństwa:

$$\begin{aligned}
 m_{1Buy} &= \min\{\mu_{Big}^{WRO}, \mu_{Big}^{EMA}, \max\{\mu_{Big}^V, \mu_{Medium}^V\}\}, & m_{2Buy/Hold} &= \min\{\mu_{Big}^{WRO}, \mu_{Big}^{EMA}, \mu_{Low}^V\}, \\
 m_{3Buy} &= \min\{\mu_{Big}^{WRO}, \mu_{Medium}^{EMA}, \mu_{Big}^V\}, & m_{4Buy/Hold} &= \min\{\mu_{Big}^{WRO}, \mu_{Medium}^{EMA}, \max\{\mu_{Medium}^V, \\
 & & & \mu_{Low}^V\}\}, & m_{5Buy/Hold} &= \min\{\mu_{Big}^{WRO}, \mu_{Low}^{EMA}, \mu_{Big}^V\}, & m_{6Hold} &= \min\{\mu_{Big}^{WRO}, \mu_{Low}^{EMA}, \\
 & & & & & & & \max\{\mu_{Medium}^V, \mu_{Low}^V\}\}, & m_{7Buy} &= \min\{\mu_{Medium}^{WRO}, \mu_{Big}^{EMA}, \mu_{Big}^V\}, & m_{8Buy/Hold} &= \min\{\mu_{Medium}^{WRO}, \\
 & & & & & & & & & \mu_{Big}^{EMA}, \mu_{Medium}^V\}, & m_{9Hold} &= \min\{\mu_{Medium}^{WRO}, \max\{\mu_{Big}^{EMA}, \mu_{Low}^{EMA}\}, \mu_{Low}^V\}, & m_{10Buy/Hold} &= \\
 & & & & & & & & & \min\{\mu_{Medium}^{WRO}, \mu_{Medium}^{EMA}, \mu_{Big}^V\}, & m_{11Hold} &= \min\{\mu_{Medium}^{WRO}, \mu_{Medium}^{EMA}, \max\{\mu_{Medium}^V, \mu_{Low}^V\}\}, \\
 & & & & & & & & & m_{12Sell} &= \min\{\mu_{Medium}^{WRO}, \mu_{Low}^{EMA}, \mu_{Big}^V\}, & m_{13Sell/Hold} &= \min\{\mu_{Medium}^{WRO}, \mu_{Low}^{EMA}, \mu_{Medium}^V\}, \\
 & & & & & & & & & m_{14Sell/Hold} &= \min\{\mu_{Low}^{WRO}, \mu_{Big}^{EMA}, \mu_{Big}^V\}, & m_{15Sell/Hold} &= \min\{\mu_{Low}^{WRO}, \mu_{Big}^{EMA}, \max\{\mu_{Medium}^V, \\
 & & & & & & & & & \mu_{Low}^V\}\}, & m_{16Sell} &= \min\{\mu_{Low}^{WRO}, \max\{\mu_{Medium}^{EMA}, \mu_{Low}^{EMA}\}, \mu_{Big}^V\}, & m_{17Sell/Hold} &= \min\{\mu_{Low}^{WRO}, \\
 & & & & & & & & & \mu_{Medium}^{EMA}, \max\{\mu_{Medium}^V, \mu_{Low}^V\}\}, & m_{18Sell} &= \min\{\mu_{Low}^{WRO}, \mu_{Low}^{EMA}, \mu_{Medium}^V\}, & m_{19Sell/Hold} &= \\
 & & & & & & & & & & & & & & \min\{\mu_{Low}^{WRO}, \mu_{Low}^{EMA}, \mu_{Low}^V\},
 \end{aligned}$$

Wartości mocy poszczególnych świadectw decyzji *Buy, Sell, Hold, Buy/Hold, Sell/Hold* oblicza się następująco:

$$m(Buy) = m_{1Buy} + m_{3Buy} + m_{7Buy}, \quad m(Sell) = m_{12Sell} + m_{16Sell} + m_{18Sell},$$

$$m(Hold) = m_{6Hold} + m_{9Hold} + m_{11Hold},$$

$$m(Buy/Hold) = m_{2Buy/Hold} + m_{4Buy/Hold} + m_{5Buy/Hold} + m_{8Buy/Hold} + m_{10Buy/Hold}$$

$$m(Sell/Hold) = m_{13Sell/Hold} + m_{14Sell/Hold} + m_{15Sell/Hold} + m_{17Sell/Hold} + m_{19Sell/Hold}$$

Ze względu, że w praktyce wartości $m(Buy)$, $m(Sell)$, $m(Hold)$, $m(Buy/Hold)$, $m(Sell/Hold)$ zazwyczaj nie spełniają podstawowego dla bpa warunku $\sum_{x \in 2^{\Theta}} m(x) = 1$ zastosowano dodatkową procedurę skalowania. W rezul-

tacie skalowania otrzymaliśmy nowy rozkład m' spełniający warunek $\sum_{x \in 2^{\Theta}} m'(x) = 1$.

Na podstawie zależności DST powstają miary pewności i możliwości dla decyzji transakcyjnych *Buy* i *Sell*:

$$\text{Bel}(\text{Buy})=m'(\text{Buy}), \quad \text{Pl}(\text{Buy})=m'(\text{Buy})+m'(\text{Buy}/\text{Hold}),$$

$$\text{Bel}(\text{Sell})=m'(\text{Sell}), \quad \text{Pl}(\text{Sell})=m'(\text{Sell})+m'(\text{Sell}/\text{Hold}).$$

Sygnały *Buy* i *Sell* generowane są w postaci przedziałów pewności: $\text{Buy}=[\text{Bel}(\text{Buy}), \text{Pl}(\text{Buy})]$, $\text{Sell}=[\text{Bel}(\text{Sell}), \text{Pl}(\text{Sell})]$. W naszym systemie została przyjęta nieprzedziałowa wartość sygnału *Hold*, tzn $\text{Hold}=m'(\text{Hold})$.

Ostateczną decyzję transakcyjną podejmuje się na podstawie analizy wartości sygnałów *Buy*, *Sell* i *Hold*. Ponieważ wartości *Buy*, *Sell* prezentowane są za pomocą przedziałów to należy dokonać ich porównania między sobą ($[\text{Bel}(\text{Buy}), \text{Pl}(\text{Buy})]$, $[\text{Bel}(\text{Sell}), \text{Pl}(\text{Sell})]$). System (trader) nie podejmuje żadnych decyzji transakcyjnych, gdy $\text{Hold} > \text{Pl}(\text{Buy})$ i $\text{Hold} > \text{Pl}(\text{Sell})$.

Optimalizacja i testowanie systemu

Efektywność systemu informatycznego opartego o prezentowany algorytm jest uzależniona od odpowiednio dobranych parametrów wejściowych (*glebokosc*, *ilosc*, *zakres*) oraz parametrów kształtujących funkcje przynależności ($\beta_1^w, \beta_2^w, \beta_3^w, \beta_4^w$). Wartości *glebokosc*, *ilosc* i *zakres* ($\text{glebokosc} > 1$, $\text{ilosc} \geq 1$, $\text{zakres} > 1$) ustala trader i są one wykładnikiem stopnia ryzyka, jakie jest on skłony podjąć. Wraz ze wzrostem wartości tych parametrów system staje się odporny na chwilowe zawirowania na rynku, co ma odzwierciedlenie w obniżeniu kosztów związanych z transakcjami w wyniku zmniejszenia się ilości generowanych sygnałów. Jednak wiąże się to również z ograniczeniem ewentualnych zysków gdyż system reaguje z opóźnieniem na powstające trendy (sygnały transakcyjne generowane są z pewnymi opóźnieniami). W sytuacji przeciwnej (ustalenia niskich wartości parametrów wejściowych) znacznie wzrasta stopień ryzyka (możliwość uzyskania większych zysków lub poniesienia większych strat).

Do znalezienia optymalizowanych wartości parametrów kształtujących funkcje przynależności ($\beta_1^w, \beta_2^w, \beta_3^w, \beta_4^w$) zastosowano standardowy algorytm iteracyjnej wspinaczki na szczyt (ang. hill climbing).

Opracowany system został zoptymalizowany i przetestowany na danych historycznych papierów wartościowych notowanych na Warszawskiej Gieldzie Papierów Wartościowych. Badaniu zostały poddane notowania kontraktów

terminowych (FW20Z7, FW20M8, FW20H8) w okresie od 12.11.2007 do 10.12.2007. Otrzymane wyniki zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki testów (handel odbywał się z uwzględnieniem mechanizmu reinwestowania)

Walor	Buy/Hold Profit	Ilość transakcji	Z uwzględnieniem kosztów transakcji		Bez uwzględniania kosztów transakcji	
			Profit	Winning	Profit	Winning
FW20Z7	4.77%	312	1.26%	12.82%	11.03%	41.99%
FW20M8	3.93%	214	2.93%	15.42%	7.46%	37.85%
FW20H8	4.01%	168	2.92%	19.05%	9.25%	40.48%

Źródło: opracowanie własne.

Buy/Hold Profit – wynik (zysk lub strata) osiągnięty przy zastosowaniu strategii kup i trzymaj, Profit – wynik osiągnięty w rezultacie zastosowania systemu, Winning – procentowy udział udanych transakcji

Zawartość tabeli 1 świadczy o zbyt wysokich kosztach prowizji (transakcji) na GPW. Taki stan stwarza duże trudności w realizacji strategii opartych na ofertach. Wysokie koszty związane z prowizjami podważają słuszność stosowania powyższego systemu. Jednak kolumna „bez uwzględniania prowizji” stanowi potwierdzenie efektywności prezentowanej metody. W związku z tym, prezentowany system traderski może być skutecznie stosowany na rynkach gdzie występują niskie koszty prowizji np. na rynku rosyjskim koszty dokonywanych transakcji są nieporównywalnie mniejsze (około stukrotnie).

Podsumowanie

Skonstruowany system traderski generuje sygnały transakcyjne w oparciu o informacje płynące bezpośrednio z rynku. W ten sposób zminimalizowano rolę opóźnień, jakie występują w tradycyjnym systemie handlowym. System oparty jest o nowoczesną metodę analizy sytuacji rynkowych, czego rezultatem jest o wiele bardziej efektywniejsza prognoza zachowań rynku. Zastosowanie syntezy logiki rozmytej oraz teorii świadectw wyraźnie podniosło efektywność (trafność podejmowanych decyzji) systemu. Jednak przeprowadzone badania potwierdziły, że głównym problemem prezentowanej metody są zbyt wysokie koszty transakcji na WGPW, które pogarszają jej efektywność.

Literatura

1. Dempster A. P., *Upper and lower probabilities induced by a multi-valued mapping*. Ann. Math. Stat. 38 (1967) 325-339.
2. Dempster A. P., *A generalizator of Bayesian inference* (with discussion). J. Roy. Stat. Soc. 30 (1968) 208-247.
3. Kaczmarek K., *Zoptymalizowane strategie handlu na rynku papierów wartościowych w oparciu o niezrealizowane oferty kupna i sprzedaży*, Gospodarowanie zasobami finansowymi w rozwoju organizacji, WSEiA, Kielce, 2007, 160-167
4. Zadeh L.A., *Fuzzy sets*. Information and Control 8, 1965, 338–358.

STRESZCZENIE

W niniejszej artykule przedstawiono założenia matematyczne systemu informacyjnego symulującego zoptymalizowany proces podjęcia decyzji transakcyjnej na podstawie analizy rynku ofert kupna i sprzedaży.

W systemie zastosowano syntezę następujących metod: zmodyfikowanych wskaźników analizy technicznej, metody logiki rozmytej i teorii świadectw Dempstera-Shafera. Na jej podstawie sformułowano zagadnienie, które następnie zostało poddane procesowi optymalizacji w warunkach niepewności. Efektywność systemu została sprawdzona na danych rzeczywistych pochodzących z WGPW.

Udowodniono, że proponowana metoda może mieć zastosowanie na rynkach gdzie koszty transakcji są stosunkowo niskie.

THE USE OF BUYING AND SELLING OFFERS IN OPTIMIZED STRATEGY FOR STOCK MARKET TRADING

SUMMARY

The mathematical foundations of the information system simulating optimized trading decision making based on the analysis of buying and selling stock market offers are presented.

The system is base on the synthesis of modified technical analysis indices, fuzzy logic and the Dempster-Shafer theory. The system is presented in form of optimization task under uncertainty conditions. The system's efficacy has bee proved with use of real data from Warsaw Stock Exchange.

It is shown that elaborated system can be successfully used on the stock markets characterized by the relatively low transaction costs.

Translated by P. Sewastjanow

Prof. dr hab. inż. Paweł Sewastjanow

Politechnika Częstochowska

sevast@icis.pcz.pl

Mgr inż. Krzysztof Kaczmarek

Politechnika Częstochowska

krzysztof.kaczmarek@icis.pcz.pl