

PIOTR FILIPKOWSKI

Kolegium Analiz Ekonomicznych  
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

## Synteza algorytmu agenta pośredniczącego w e-platformach transakcyjnych

### 1. Wstęp

Złożoność procesów komunikacji we współczesnej praktyce często doprowadza do rozmyć i chaosu informacyjnego, przez co funkcjonowanie człowieka w relacjach społecznych znacznie się skomplikowało. Współczesne elektroniczne platformy transakcyjne tworzą miejsce wymiany informacji o oferowanych dobrach i usługach, a jednymi z ich mechanizmów wsparcia w podejmowaniu decyzji transakcyjnych są narzędzia tzw. *Business Intelligence*. Faktem jest, że stosunkowo proste kiedyś relacje społeczne stają się znacznie bardziej złożone z uwagi na nowe, elektroniczne formy kontaktów. Zrozumienie analiz, a zwłaszcza syntez stosowanych procedur i ich algorytmów wymagało badań rozpoznawczych w realnych organizacjach, a w konsekwencji opracowania modeli takich relacji. Przeprowadzone tą drogą przez autora badania wstępne oraz identyfikacja problemu potwierdziły znaną opinię, iż człowiek sam w sobie nie jest w stanie sprostać uwarunkowaniom czasu podejmowania decyzji w tak złożonym środowisku, jakie występuje w relacjach gospodarczych światowej gospodarki cyfrowej. Coraz większa liczba użytkowników i ich rosnące oczekiwania zmuszają do przyspieszenia procesów decyzyjnych w relacjach partnerskich i konkurencyjnych e-gospodarki, a co za tym idzie również w pośrednictwie zawierania tzw. transakcji intelektualnych.

Autor prezentuje oryginalną metodykę syntezy algorytmu agenta pośredniczącego w wybranych obszarach zastosowań. Zadaniem tego pośrednika jest takie wspomaganie procesu podejmowania decyzji o wyborze działań w warunkach niepewności i/lub stresu, które zwiększa efektywność biznesową zarówno inteligentnego agenta oferującego, jak i inteligentnego agenta zamawiającego. Coraz większa liczba uczestników platform elektronicznych niekorzystnie wpływa na jakość procesu zaspokajania potrzeb społecznych. Obecne możliwości

przetwarzania informacji i wiedzy są na takim poziomie rozwoju, że systemy transakcyjne pełniące funkcje e-platform mogą mieć wbudowane silniejsze mechanizmy zarządzania relacjami inteligentny agent do inteligentnego agenta.

## 2. Uogólniony model agenta pośredniczącego w e-platformach transakcyjnych

W kontekście technologii komunikacji mobilnej społeczeństwo nie jest zwykłym zbiorem jednostek, lecz przede wszystkim zbiorem relacji i interakcji między nimi. W każdym środowisku stosunki społeczne, konstytuujące społeczeństwo, są tworzone i przetwarzane za pośrednictwem rozmaitych technologii, obiektów, tekstów i idei<sup>1</sup>. Możliwość kontaktowania się w każdym miejscu i czasie wzmacnia więzi międzyludzkie i sprzyja powstawaniu wspólnot wirtualnych, łączących ludzi o podobnych zainteresowaniach, potrzebach, niezależnie od położenia geograficznego. Realność i ważność kulturowa wspólnot wirtualnych są retorycznie konstruowane z dialektyki anonimowości i mobilności<sup>2</sup>. Coraz bardziej zaawansowane interfejsy pozwalają na taktylność doznań, pracę w rzeczywistości rozszerzonej, a nawet wkraczają w domenę typowo ludzką – decyzje.

Atrakcyjną metodą radzenia sobie z niepewnością jest tworzenie i rozwijanie związków w kulturze wzajemnego zaufania<sup>3</sup>. Wyraźne przesunięcie w stosunkach partnerskich z zachowań oportunistycznych na zachowania oparte na zaufaniu pozwala na nową interpretację motywacji tworzenia przez podmiot hierarchii. Kluczowym imperatywem jest potrzeba znalezienia struktury zarządzania wymianą informacji, która zabezpieczy i utrzyma obopólne korzyści osiągane dzięki zaufaniu<sup>4</sup>. Akcent zostaje przesunięty z ekonomizacji kosztów transakcyjnych na maksymalizację tworzonej wspólnie wartości użyteczności. Zasady przyjęte w relacji można zatem rozpatrywać jako ważny mechanizm regulujący

---

<sup>1</sup> A.Z. Wassilew, *Technologie komunikacji mobilnej – implikacje społeczno-kulturowe*, w: *Komunikacja mobilna – nowe oblicza gospodarki, społeczeństwa i biznesu*, red. M. Goliński, K. Polańska, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa, 2010, s. 116–117.

<sup>2</sup> Ibidem, s. 123.

<sup>3</sup> R. Jurca, B. Faltings, *An incentive compatible reputation mechanism*, Proceedings of IEEE International Conference on E-Commerce, CEC 2003 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).

<sup>4</sup> G. Li-xiao, Z. Zhen-xiang, Z. Xue-min, *Research on PKI-Based E-Commerce Security Mechanism*, International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCom 2007 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).

długookresową wymianę i redukujący oportunizm. Im stabilniejsze są zasady oraz większe jest zaufanie, tym większa staje się skłonność uczestników relacji do działania<sup>5</sup>.

Siła relacji jako zmienna została wprowadzona do analizy stosunków pomiędzy przedsiębiorstwem a konsumentem, zarówno w modelu B2C, jak i w modelu B2B<sup>6</sup>, w celu uniknięcia nieporozumień związanych z lojalnością. Zastosowanie rozwiązań informatycznych w zarządzaniu relacjami w znaczącym stopniu zmniejsza więc koszty transakcyjne<sup>7</sup>.

Istnienie zaufania ułatwia koordynację i kooperację pomiędzy partnerami, zwiększa szansę podtrzymywania istniejących związków i zobowiązań w celu rozwinięcia relacji pomiędzy nimi. Zaufanie zapewnia także bezpieczeństwo we wzajemnych relacjach i promuje otwartą, rzeczywistą wymianę informacji. P. Hart i C. Suanders twierdzą, że zaufanie zwiększa prawdopodobieństwo gotowości partnerów do współdzielenia coraz większej liczby informacji i analizowania możliwości nowych, wzajemnie korzystnych działań. L. L. Cummings i P. Bromiley wyrażają natomiast opinię, że zaufanie redukuje koszty transakcji. W systemach informatycznych wprowadza się więc obiekty zapewniające bezpieczeństwo, zwane „zaufanymi agentami”<sup>8</sup>. Działania te mają na celu zwiększenie zaufania użytkownika do platformy, a zaletą takiego podejścia do problemu pośrednictwa intelektualnego jest możliwość jego implementacji w standardach programowania obiektowego<sup>9</sup>. Przykładem polskiej propozycji systemu transakcyjnego uwzględniającego większość procesów handlowych, które zachodzą

---

<sup>5</sup> J. Światowiec, *Partnerstwo strategiczne a teoria kosztów transakcyjnych*, „Marketing i Rynek” 2006, nr 2, s. 12.

<sup>6</sup> A. Sutcliffe, N. Lammont, *The planet method for designing relationships in B2B E-commerce*, Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on, System Sciences, HICSS 2002 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).

<sup>7</sup> K. Li, L. Li, *The comparative efficiency and pricing model of on-line brokerage*, The Fourth International Conference on September Computer and Information Technology, CIT '04 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore); A.M. Hamad, M. Kouta, Y.M. Afify, *Evaluation of Probabilistic Payment Systems*, The 8th IEEE International Conference on Enterprise Computing, E-Commerce, and E-Services, The 3rd IEEE International Conference on E-Commerce Technology (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore); M. Schwind, *Design of combinatorial auctions for allocation and procurement processes*, Seventh IEEE International Conference on E-Commerce Technology, CEC 2005 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).

<sup>8</sup> A.R.C. Hussin, L. Macaulay, K. Keeling, P. McGoldrick, *A trust agent for e-commerce: looking for clues*, Proceedings of The 2005 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service (EEE '05) (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).

<sup>9</sup> S.W. Foo, W. Jie, *A reliable and flexible architecture based on CORBA and mobile agents for e-commerce*, International Conferences on Info-tech and Info-net. Proceedings, ICII 2001 – Beijing, vol. 5 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).

w procesie zawierania transakcji, jest model elektronicznego regionalnego/globalnego rynku, zaproponowany przez A. Janickiego<sup>10</sup>. Według autora koncepcji systemu transakcyjnego Polski e-Rynek „podsystem zarządzający relacjami kupujący–sprzedający nie musi być przejęty przez platformę lub jego przejęcie może być odłożone na czas późniejszy bez szkody dla powstającej platformy”<sup>11</sup>, dlatego też autonomiczny rozwój tego elementu jest konstrukcyjnie uzasadniony. Janicki podkreśla w swej pracy istotną kwestię **zarządzania relacjami** pomiędzy stronami transakcji, często pomijaną w praktycznych realizacjach np. ze względu na niepewność takich relacji.

Opierając się na możliwościach komunikacyjnych oraz obliczeniowych, należy stwierdzić, że trafne jest określenie platformy transakcyjnej Polski e-Rynek jako miejsca, „w którym przygotowanie, prowadzenie i kontrola **transakcji** gospodarczych lub **intelektualnych** przeprowadzana jest przez odpowiednio zorganizowane systemy telematyczne, wykorzystujące rozwinięte technologie społeczeństwa informacyjnego (TSI) w układzie transakcyjnym typu agent–agent”<sup>12</sup>.

Programowe rozwiązania agentów w głównej mierze mają ułatwić dostęp do zasobów systemu transakcyjnego oraz zmniejszyć koszty finansowe, niepewność oraz czas zawieranych transakcji. Realizacje systemów transakcyjnych stają się więc przyjazne, szybkie oraz przyczyniają się do powstawania rewolucyjnych zmian w funkcjonowaniu organizacji<sup>13</sup>.

W układzie <inteligentny agent – inteligentny agent> zgodnym z modelem A. Janickiego inteligentny agent musi przeszukać całą bazę danych systemu transakcyjnego w celu odnalezienia odpowiadającego mu inteligentnego agenta. Użytkownicy systemu poszukują odpowiedniej informacji w bazie danych systemu transakcyjnego w celu zaspokojenia swojej potrzeby. Na gruncie obszarów zastosowań, dla których charakterystyczne są **transakcje intelektualne**<sup>14</sup>, pojawia się problem tworzenia relacji typu kupujący–sprzedający (obszar e-rynku) czy też poszkodowany–lekarz (obszar e-zdrowia) w związku z ich wielością i różnorodnością. Uogólnieniem wprowadzonej kategorii relacji dwuelementowej jest

<sup>10</sup> A. Janicki, I. Mońdział, *Polski e-Rynek – szansa dla Polski. Koncepcja, model, zasady funkcjonowania*, „Technologie i Przemysł” 2003, nr 3, s. 58.

<sup>11</sup> A. Janicki, *Na drodze do społeczeństwa wiedzy*, „Technologie i Przemysł” 2004, nr 4, s. 59.

<sup>12</sup> A. Janicki, I. Mońdział, op.cit., s. 59.

<sup>13</sup> C.M. Olszak, *Systemy Business Intelligence*, w: *Strategie i modele gospodarki elektronicznej*, red. C.M. Olszak, E. Ziemia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007, s. 221–241.

<sup>14</sup> Przez pojęcie transakcji intelektualnej autor rozumie zbiór operacji na bazie wiedzy pomiędzy inteligentnymi agentami, które stanowią bezwzględną całość.

relacja dwuelementowa **inteligentnego agenta oferującego do inteligentnego agenta zamawiającego**.

Stale rosnąca złożoność otaczającego nas świata wymusza potrzebę projektowania coraz lepszych i doskonalszych baz wiedzy tak, aby wiedza, którą aktualnie mamy, była w prosty i zrozumiały – a przy tym najlepszy – sposób przekazywana dalej i umożliwiała racjonalne wnioskowanie.

W dobie gospodarki wolnorynkowej racjonalność jest fundamentalnym pojęciem i wiele teorii ekonomicznych opiera się na założeniu pełnej racjonalności decyzji człowieka. H. Simon zasugerował, że jesteśmy racjonalni, ale tylko w pewnym stopniu<sup>15</sup>. A. Rubinstein zaproponował więc modelowanie ograniczonej racjonalności przez modelowanie procedur decyzyjnych systemów opartych na wiedzy (ang. *Knowledge Base System – KBS*)<sup>16</sup>. Jeśli chodzi o obliczenia, procedury te mogą być zakodowane w heurystykach i algorytmach komputerowych. Zgodnie z teorią CIDER (ang. *Computational Intelligence Determines Effective Rationality*) efektywna racjonalność systemu inteligentnego jest określona przez jego moc obliczeniową<sup>17</sup>. W związku z tym w obliczeniowym kontekście ograniczonej racjonalności można stopniować efektywność decyzji agenta przez zmianę możliwości obliczeniowych.

W przypadku określenia pełnej racjonalności jako optymalnych decyzji dla każdego wypadku uzasadnione jest stwierdzenie, że możliwe jest stopniowanie optymalności tak, że pewne optimum lokalne definiuje racjonalność efektywną. W związku z tym opracowanie lepszych algorytmów i heurystyk pomaga rozszerzyć granice ograniczonej racjonalności.

Wiele teorii ekonomicznych jest zbudowanych na przypuszczeniu, że agenci są w pełni racjonalni, np. hipoteza rynku efektywnego. Niestety, w rzeczywistości informacje, na podstawie których podejmowane są decyzje, w większości przypadków są niepełne i niepewne. Bycie w pełni racjonalnym umożliwia więc maksymalizowanie użyteczności decyzji na podstawie wszystkich informacji. W kontekście obliczeń procedury decyzji mogą być zakodowane w algorytmach i heurystykach. Agencja pośrednicząca podejmuje decyzje i wspiera decyzje inteligentnych agentów, zarządzając relacjami inteligentny agent do inteligentnego agenta dzięki opracowanym algorytmom. W wypadku, gdy optymalne rozwiązanie nie są możliwe do osiągnięcia, moc obliczeniowa decyduje o tym, na ile

---

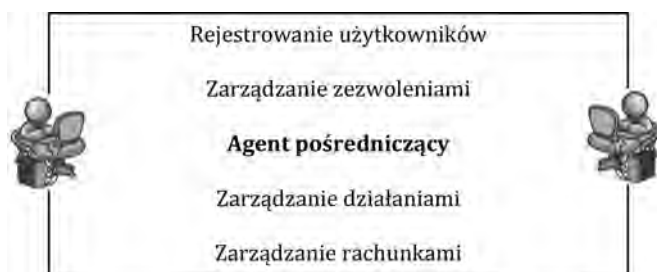
<sup>15</sup> E.P.K. Tsang, *Computational Intelligence Determines Effective Rationality*, „International Journal on Automation and Control” 2008, vol. 5, no.1, January, s. 64.

<sup>16</sup> Ibidem.

<sup>17</sup> Ibidem.

efektywne rozwiązanie może osiągnąć. W rzeczywistości inteligentni agenci (np. kupujący) nie zawsze próbują znaleźć optymalną decyzję. Inteligentny agent jest zmuszony do podjęcia decyzji na podstawie skończonego zbioru potencjalnych decyzji, spełniających ograniczenia np. czasowe. Przy występującej istotnej złożoności czasowej rozwiązania optimum lokalnego mogą się okazać jedynym racjonalnym rozwiązaniem umożliwiającym jak najszybsze zaspokojenie oczekiwań inteligentnych agentów (np. kupujących i sprzedających bądź lekarzy i poszkodowanych).

Dzięki zastosowaniu technologii agentowych do zarządzania relacjami inteligentny agent do inteligentnego agenta możliwy jest wzrost poziomu racjonalności oraz przesunięcie rozwiązań bliżej obszaru efektywnych decyzji. Według M.L. Minsky'ego dzięki powiązaniu inteligencji obliczeniowej z technologiami agentowymi możliwe jest zwiększenie jego możliwości obliczeniowych. Tym samym możliwe są do osiągnięcia rozwiązania wychodzące poza pragmatyczną racjonalność i techniczne postrzeganie problemu organizacji wybranego systemu. Racjonalność ekonomiczna jest oparta na teorii decyzji, która łączy logikę i teorię prawdopodobieństwa z teorią użyteczności i umożliwia podejmowanie decyzji w warunkach niepewności<sup>18</sup>. Niestety, racjonalność ekonomiczna charakteryzuje się dużą złożonością obliczeniową, w przypadku której niezbędne jest wykorzystanie systemowych platform modelowania i symulacji do oceny jakości proponowanych rozwiązań.



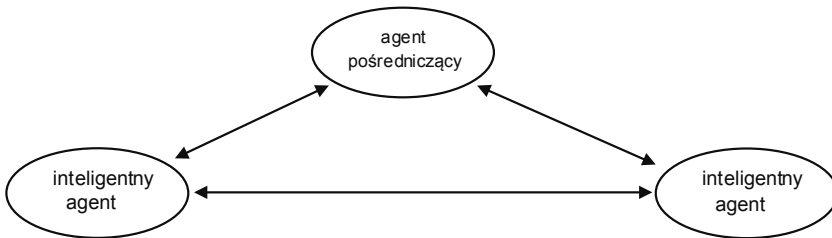
**Rysunek 1. Agent pośredniczący w systemie transakcyjnym**

Źródło: P. Filipkowski, *Zarządzanie relacjami kupujący – sprzedający na rynkach elektronicznych z zastosowaniem technologii agentowych*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Łódzki, 2011, s. 35.

Jak wiadomo, pojęcie agenta pośredniczącego w e-platformach transakcyjnych jest już dobrze opracowane (rysunek 1), a obszary jego zastosowań

<sup>18</sup> M.N. Huhns, *Being and Acting Rational*, „IEEE Internet Computing” 2003, vol. 7, no. 2, March–April, s. 92.

wskazane<sup>19</sup>. W przypadku rozważania architektury systemu informacyjnego z pośrednikiem w klasie Systemów Informacyjnych ze Wspomaganiem Decyzji budowa jego jest oparta na wzorcu architektonicznym<sup>20</sup> uwzględniającym obiekt *Service Broker*, zapewniającym jakość obsługi. Przez analogię, w celu przedstawienia opisu wzorca modelami agentowymi odpowiednio funkcję *Service Requester* oraz *Service Provider* będą pełnił inteligentni agenci, a *Service Broker* – agent pośredniczący, co przedstawiono na rysunku 2.



**Rysunek 2. Agent pośredniczący**

Źródło: opracowanie własne.

Dzięki takiemu podejściu i zgodnie z warstwami usług sprzętowych i programowych w systemach rozproszonych możliwe będzie umiejscowienie aplikacji poszczególnych agencji w najwyższej warstwie prezentowanych usług analogicznie do modelu ISO OSI RM<sup>21</sup>.

### 3. Modele szczegółowe agenta pośredniczącego dla systemów e-rynek i e-zdrowie

Propozycję rozwiązania problemu pośrednictwa na rynkach elektronicznych przedstawiono w pracy K.M. Sima i R. Chana. Autorzy zaproponowali informatyczny protokół pośrednictwa handlowego zestawiający użytkowników w pary. Protokół ten oparto na społeczności agentów współpracujących w celu realizacji zadania łączenia kupujących ze sprzedającymi. Skupiono się tu nad

<sup>19</sup> Zob. P. Filipkowski, *Zarządzanie relacjami kupujący–sprzedający na rynkach elektronicznych z zastosowaniem technologii agentowych*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Łódzki, 2011.

<sup>20</sup> G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, G. Blair, *Distributed Systems: Concepts and Design*, Addison-Wesley, Boston 2012, s. 74.

<sup>21</sup> *Ibidem*, s. 67.

funkcjonowaniem agenta pośredniczącego, który jest kluczowym elementem zarządzającym relacjami kupujący–sprzedający i jest odpowiedzialny za tworzenie kolejki połączeń. Operuje on bowiem funkcją użyteczności ( $U$ ) i tych relacji, która jest sumą ważoną cech relacji kupujący–sprzedający. W skład tej sumy (1) wchodzi różnica cen ofertowych ( $P$ ), różnica w ilości towaru ( $V$ ) oraz największa wartość pożądanego wizerunku użytkownika ( $D$ ) (ang. *Desirability*). Zmienna  $D$  jest tu interpretowana jako poziom zaufania związany z użytkownikiem.

$$U_i = w_1 \cdot P_i + w_2 \cdot V_i + w_3 \cdot D_i. \quad (1)$$

Rozwinięciem prezentowanego podejścia jest wprowadzenie agenta pośredniczącego w otoczeniu inteligentnych agentów i rozwiązującego problem interesu wspólnego. W związku z tym do cząstkowych mierników jakości zestawień użytkowników systemu transakcyjnego zaliczono następujące zmienne decyzyjne agenta pośredniczącego<sup>22</sup>:

- znormalizowany stopień przynależności ceny transakcyjnej do zbioru cen zgodności  $O\mu_{ij}(ct)$ ;
- znormalizowaną miarę niezaspokojonych potrzeb cenowych  $Omnnp_{ij}$ ;
- znormalizowaną różnicę w ilości oferowanego towaru  $O\Delta il_{ij}$ ;
- znormalizowane zaufanie transakcji układu kupujący–sprzedający  $Ozt_{ij}$ .

W celu oceny jakości modelowanych rozwiązań posłużono się funkcją użyteczności. Użyteczność pracy pośrednika w zbiorze użytkowników określono jako sumę ważoną ocen mierników jakości procesu łączenia i-tych kupujących i j-tych sprzedających<sup>23</sup>.

$$U_{ij} = w_1 \cdot O\mu_{ij} + w_2 \cdot Omnp_{ij} + w_3 \cdot Ozt_{ij} + w_4 \cdot O\Delta il_{ij}. \quad (2)$$

Użyteczność decyzji agenta pośredniczącego została przyjęta jako główne kryterium podejmowania decyzji oraz ich oceny.

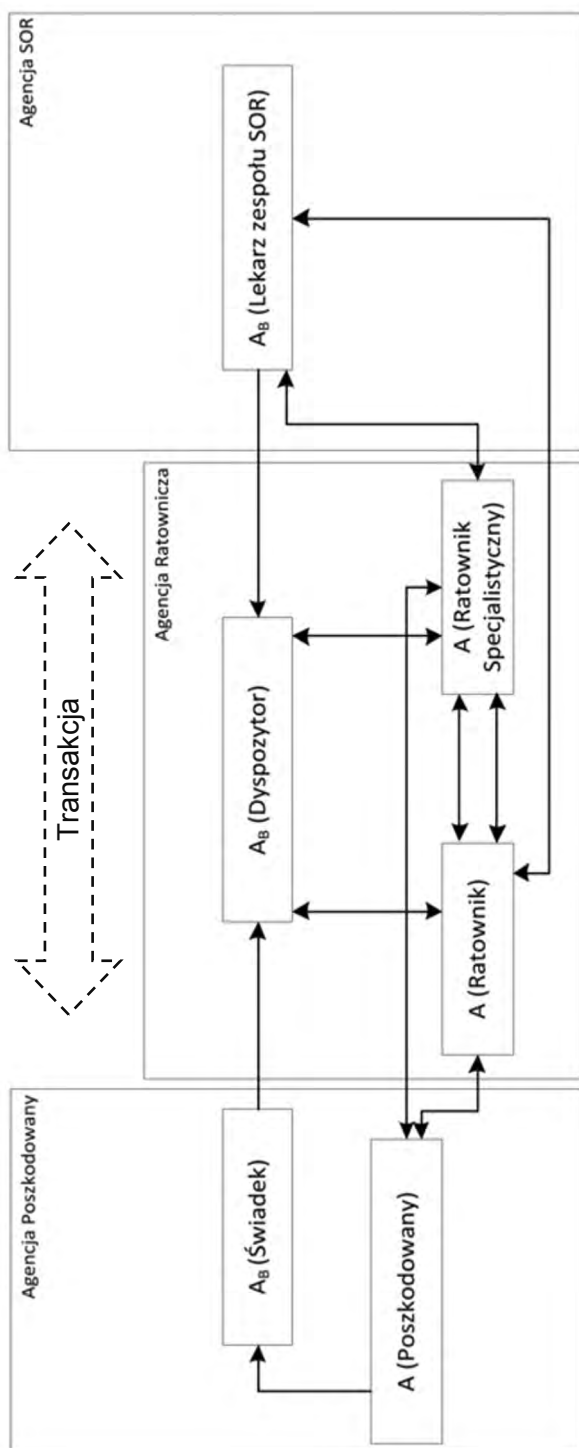
Kolejnym obszarem zastosowań agenta pośredniczącego jest Państwowe Ratownictwo Medyczne (PRM). Przeanalizowany został znamieny przypadek kardiologiczny zarejestrowany w Samodzielnym Publicznym Specjalistycznym Szpitalu Zachodnim im. Jana Pawła II w Grodzisku Mazowieckim<sup>24</sup>.

<sup>22</sup> P. Filipkowski, *Zarządzanie relacjami...*, op.cit., s. 86.

<sup>23</sup> K.M. Sim, R. Chan, *A brokering protocol for agent-based e-commerce*, „IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C” 2000, vol. 30, issue 4, November.

<sup>24</sup> P. Filipkowski, M. Janicki, D. Oleszczuk, *Technologie agentowe w LabTSI (TM) – zastosowanie w ratownictwie medycznym*, „Polski Przegląd Medycyny i Psychologii Lotniczej”, Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej, Warszawa, 2012, s. 41.





**Rysunek 3. Opis przypadku klinicznego w technologii agentowej (relacja Agencji Poszkodowany z Agencją SOR)**

Źródło: opracowanie własne na podstawie: P. Filipkowski, M. Janicki, D. Oleszczuk, *Technologie agentowe w LabTJS™ – zastosowanie w ratownictwie medycznym*, „Polski Przegląd Medycyny i Psychologii Lotniczej”, Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej, Warszawa 2012, s. 41.

W analogii do przedstawionego na rysunku 2 sposobu postrzegania agenta pośredniczącego została skonstruowana struktura uczestników przypadku przedstawionego na rysunku 3, której składniki są elementami systemu Państwowe Ratownictwo Medyczne. Struktura agencji ratowniczej jest zarazem modelem agencji pośredniczącej, w której agent-dyspozytor pełni funkcję agenta pośredniczącego i jest builderem tej agencji.

W celu podkreślenia związku poszkodowanego (agencja poszkodowany) z lekarzem zespołu SOR (agencja SOR) należy zwrócić szczególną uwagę na charakter relacji między nimi. W kontekście całego systemu, w którego skład wchodzi takie elementy jak poszkodowany i lekarz, kluczową rolę odgrywa ratownik (zastępujący lekarza, gdy istnieje taka konieczność), którego celem jest pomoc uczestnikom zdarzenia. Pełni on rolę swoistego pośrednika zarządzającego relacją między poszkodowanym a lekarzem, w której powodzenie jego działania zależy m.in. od poziomu jego przygotowania, wsparcia systemowego, warunków zewnętrznych i ograniczeń czasowych.

Praktycznie każde działanie ludzkie jest swego rodzaju grą związaną z procesem wymiany określonych wartości na inne wartości, specyficzne dla danej gry. Każda decyzja dotycząca działań ludzkich jest zależna od takich czynników, jak działania przedsiębiorcze oraz działania ochronno-obronne (asekuracyjne). Te dwie motywacje decydenta znalazły swoje odbicie w zaproponowanej przez R. Kulikowskiego dwuczynnikowej funkcji użyteczności. Z uwagi na systemy o podstawowym znaczeniu dla życia publicznego, jak systemy finansowe, wojskowe, policyjne i szeroko rozumiane systemy ochronne i ratownicze, model ten został zmodyfikowany przez A. Janickiego. W wyniku badania jakości rozwiązań danego problemu przy zastosowaniu modelu funkcji R. Kulikowskiego oraz metodologii właściwej dla działu matematyki zwanego matematyką eksperymentalną model funkcji trójczynnikowej A. Janickiego ma postać<sup>25</sup>:

$$U(x) = [X^\beta Y^{1-\beta}]^\alpha V^{1-\alpha}, \quad \alpha \in [0,1], \quad \beta \in [0,1], \quad (3)$$

gdzie  $x$  jest zmienną decyzyjną,  $X$  jest czynnikiem związanym z oczekiwanymi korzyściami (w obrębie dowolnych zasobów) z podjęcia rozważanej decyzji,  $Y$  jest czynnikiem związanym z ryzykiem utraty zasobów zaangażowanych w realizację rozważanego przedsięwzięcia, czynnik  $V$  reprezentuje tzw. współczynnik przetrwania, który ujmuje całościowo procesy decyzyjne w środowisku

<sup>25</sup> A. Janicki, *Trójczynnikowa funkcja użyteczności*, w: *LabTSM™ – platforma modelowania i symulacji*, red. A. Janicki, Wydawnictwo KUL, Lublin 2011, s. 99.

naturalnym. Wraz ze wzrostem współczynnika  $\alpha$  wzrasta waga, jaką decydent przykłada do tej części funkcji użyteczności, która powiązana jest z działaniem, maleje zaś waga powiązana ze współczynnikiem przetrwania. Współczynnik ten określa nastawienie decydenta na aktywność ( $\alpha > 0,5$ ) albo refleksyjność ( $\alpha < 0,5$ ), natomiast  $\beta$  jest współczynnikiem określającym przedsiębiorczość agencji (w rozumieniu jej zdolności do podejmowania twórczych i zrównoważonych rozwiązań sytuacyjnych).

Decydenci, agent-dyspozytor i agent-lekarz SOR (a w sytuacji kryzysowej każdy z agentów), są poddani ciągłemu działaniu stresu. Muszą przetrwać w środowisku zdarzeń losowych i podejmować działania, które zwiększają szanse na sukces danej operacji ratowniczej. Sposób radzenia sobie ze stresem, a więc przetrwania w niesprzyjającym środowisku, został przez Antonovsky'ego uzależniony od poczucia koherencji. Skuteczne przetrwanie zależy od wiedzy o otaczającym środowisku i zdolności dostosowywania się do niego, a więc umiejętności działania w nim w sposób, który stabilnie przynosi korzyści. Jest ono wypadkową trzech określonych oddziaływań (wektorów) takich, jak: zrozumienie otoczenia (Z), ocena wykonalności (W), sensowność działania (S). Sekwencja działań oraz czas ich trwania od momentu wystąpienia zdarzenia losowego do przekazania poszkodowanego SOR są w kontekście oceny funkcjonowania agenta pośredniczącego bardzo ważne.

Do zmiennych trójczynnikowej funkcji użyteczności podstawiono więc znormalizowane czasy zgodnie z funkcją przynależności czasu do zbioru rozmytego czasu przeżycia i odpowiednio określone czynniki przeżycia:

- $X = \mu_x(t)$  – wynikający z czasu reakcji na zgłoszenie świadka łącznie z czasem dotarcia z pomocą,
- $Y = \mu_y(t)$  – wynikający z czasu komunikacji z dyspozytorem,
- $V = \mu_v(t)$  – wynikający z czasu działań ratowniczych ZRM oraz czasu konsultacji z lekarzem SOR.

Funkcja czasu przeżycia (znormalizowana) zgodnie ze złotą godziną będzie przybliżona ze względów bezpieczeństwa i określona funkcją przynależności czasu do zbioru przeżycie ze względu na:

- działania przedsiębiorcze X:

$$X = \mu_x(t) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ dla } t < 0 \\ -\frac{5}{300} \cdot t + 1 \text{ dla } t \in \langle 0; 60 \rangle \\ 0 \text{ dla } t > 60 \end{array} \right\}, \quad (4)$$

- działania ochronne Y:

$$Y = \mu_Y(t) = \left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ dla } t < 0 \\ \frac{5}{300} \cdot t \text{ dla } t \in \langle 0; 60 \rangle \\ 1 \text{ dla } t > 60 \end{array} \right\}, \quad (5)$$

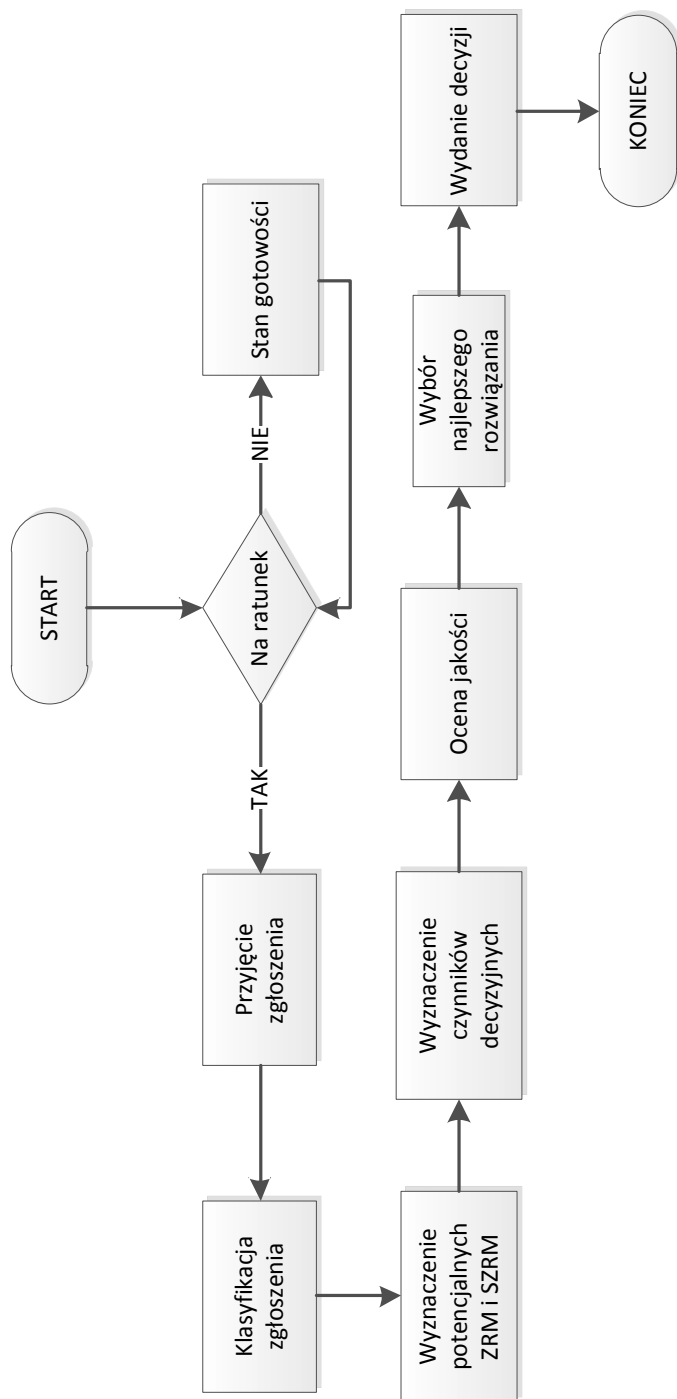
- przetrwanie V:

$$V = \mu_V(t) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ dla } t < 0 \\ -\frac{5}{300} \cdot t + 1 \text{ dla } t \in \langle 0; 60 \rangle \\ 0 \text{ dla } t > 60 \end{array} \right\}. \quad (6)$$

W procesie zarządzania relacjami poszkodowany–lekarz istotną rolę odgrywa problem niepewności wynikający bezpośrednio z czasu przeżycia. Autor-ska fuzyfikacja trójczynnikowej funkcji użyteczności A. Janickiego umożliwiła uwzględnienie czasu przeżycia w procesie podejmowania decyzji. Ponadto taka modyfikacja zapewniła wykorzystanie wiedzy z zakresu oceny funkcjonowania Zespołu Ratownictwa Medycznego (ZRM) w PRM.

Synteza architektury ma znaczący wpływ na makroskopowe wskaźniki jakości implementacji, takie jak jakość podejmowanych decyzji, szybkość działania czy złożoność obliczeniowa. W związku z różnorodnością grup chorobowych określono możliwości zrównoleglenia wykonywania algorytmu agenta pośredniczącego. W celu przyspieszenia wspomagania decyzji w systemie ratownictwa medycznego w przypadku wszystkich grup chorobowych można wykorzystać równoległe działające algorytmy realizujące funkcję agenta-dyspozytora (tu agenta pośredniczącego).

Operacje wykonywane przez agenta-dyspozytora są źródłem niezbędnych informacji dla zasobu wnioskującego o możliwych do zawarcia transakcjach. W związku z tym niezbędne jest zachowanie hierarchii w procesie syntezy. W celu zapewnienia poprawności realizacji działania agenta pośredniczącego wykorzystano program sterujący, który zrealizowano na podstawie algorytmu agenta-dyspozytora (rysunek 4). Jako punkt wyjściowy syntezy algorytmu agencji ratowniczej wykorzystano algorytm agenta-dyspozytora pełniącego funkcję agenta pośredniczącego.



**Rysunek 4. Graficzna postać algorytmu agenta-dyspozytora**

Źródło: opracowanie własne.

## 4. Symulacyjne wyniki falsyfikacji postawionych tez badawczych

Do sprawdzania symulacyjnego postawionych hipotez badawczych autor wykorzystał sposób zaprzeczający (łac. *modus tollendo tollens*) opisany równaniem:

$$\left[ (p \Rightarrow q) \wedge q \right] \Rightarrow p, \quad (7)$$

gdzie  $p$  jest hipotezą, a  $q$  zdarzeniem obserwacyjnym. W przypadku sprawdzania negatywnego – tu falsyfikacji – hipoteza  $p$  jest fałszywa, gdy hipoteza  $p$  implikuje jednostkowe zdarzenie obserwacyjne  $q$ , a zdarzenie obserwacyjne  $q$  nie zachodzi. W związku z tym autor przyjął dla każdego z obszarów zastosowań agenta pośredniczącego jedną hipotezę, którą następnie falsyfikował, badając jej koroborację.

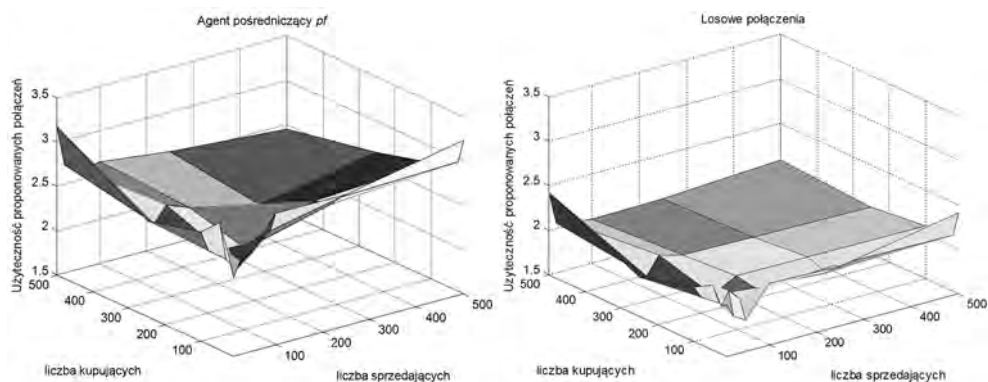
**Hipoteza 1:** Algorytm agenta pośredniczącego w relacjach typu kupujący –sprzedający jest znamienne „gorszy” od algorytmów występujących w istniejących systemach rynku elektronicznego w Polsce.

W celu przeprowadzenia oceny jakości zarządzania relacjami kupujący –sprzedający przez agenta pośredniczącego autor zamodelował konkurencyjne metody łączenia kupujących i sprzedających. W praktyce stosuje się różne algorytmy zapewniające odpowiednią jakość usług przez wykorzystanie różnych funkcji użyteczności determinowanych przez rozwiązywany problem<sup>26</sup>. W kontekście badań nad zarządzaniem relacjami kupujący–sprzedający autor skupił się na: analizie podejścia autorskiego (*pf*), analizie użyteczności połączeń protokołu brokerskiego K.M. Sima i R. Chana (*sch*), pracy systemu transakcyjnego bez agenta pośredniczącego (dobór pseudolosowy – *plos*).

Z przeprowadzonej analizy wynika, że istnieje oś symetrii wykresu pokrywająca się z osią równomiernego podziału rynku. Analizując czas pracy omawianych agentów, można zauważyć wykładniczo narastającą złożoność czasową<sup>27</sup>. Dla funkcjonowania rynków nie jest ona zagrożeniem, choć w perspektywie rosnącej globalizacji i łączenia się rynków nie jest to problem, który można zbagatelizować. W wypadku dużej złożoności problemu najgorzej czasowo wypadły połączenia realizowane w sposób pseudolosowy, a najlepiej agent pośredniczący *pf*.

<sup>26</sup> T. Yu, K.-J. Lin, *Service selection algorithms for Web services with end-to-end QoS constraints*, Proceedings of IEEE International Conference on e-Commerce Technology, CEC 2004 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).

<sup>27</sup> Złożoność czasowa jest tu rozumiana jako czas wykonywania zaimplementowanych algorytmów, wyznaczania z funkcji Matlab'a *tic* i *toc* oraz wyrażana w sekundach.



**Rysunek 5. Wybrane wyniki użyteczności dla rozwiązania autorskiego i doboru pseudolosowego**

Źródło: opracowanie własne.

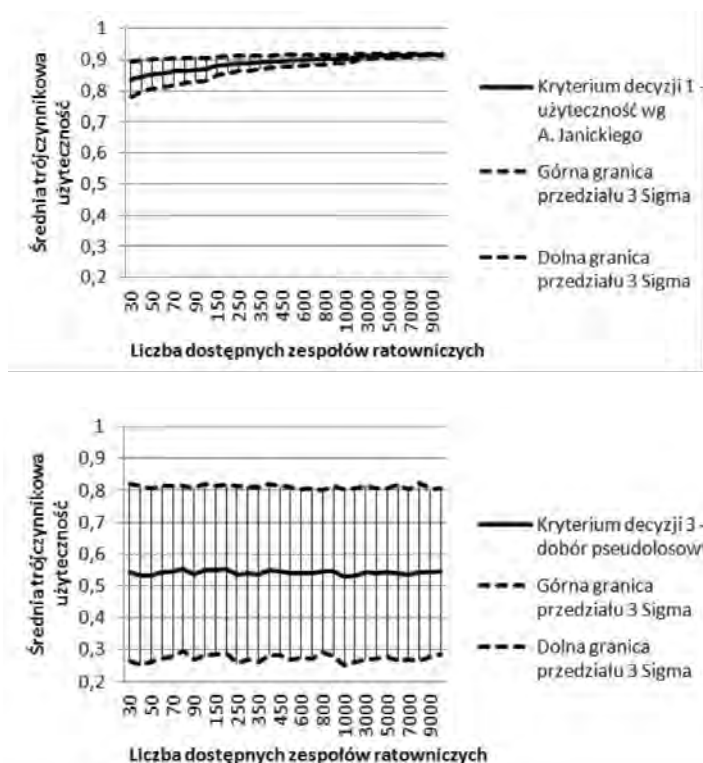
Ze względu na realizację sprzętową układu agentowego ważnym miernikiem jest efektywność jego pracy w systemie transakcyjnym rynku elektronicznego. Kosztem systemu transakcyjnego, który musi być poniesiony, jest liczba transakcji. Im mniej ich jest, tym mniejsze będzie obciążenie systemu w trakcie realizacji rekomendowanych połączeń handlowych. Z analizy obliczeń wynika, że najmniejszą efektywnością w e-platformie charakteryzują się połączenia losowe, a najwyższą połączenia agenta pośredniczącego *pf*.

Z uzyskanych wyników oceny jakości według zdefiniowanego kryterium średniej użyteczności i efektywności opartego na teorii kosztów transakcyjnych wynika, że uzyskano strukturę dobrego agenta pośredniczącego, zarządzającego relacjami kupujący–sprzedający. Postawiona hipoteza nie została więc skorobowana, gdyż proponowany agent pośredniczący okazał się „lepszy”.

**Hipoteza 2:** Algorytm agenta pośredniczącego w relacjach typu poszkodowany–lekarz jest znamienne „gorszy” od algorytmów występujących w istniejącym systemie Państwowego Ratownictwa Medycznego w Polsce.

Symulacje decyzji doboru Zespołu Ratownictwa Medycznego (ZRM) do potrzeb stanu zdrowia poszkodowanego przeprowadzono według trzech wybranych kryteriów podejmowania decyzji: rozmyta trójczynnikowa funkcja użyteczności, kryterium pseudolosowe – o równomiernym rozkładzie prawdopodobieństwa, kryterium grafowe – z wyborem najkrótszego czasu dojazdu. Inspiracją do takiego wyboru kryteriów doboru ZRM było rozpoznanie praktyki funkcjonowania Centrum Powiadamiania Ratunkowego (CPR) w warunkach stresu (sytuacyjnego i osobowego).

Dla pseudolosowych stanów grup ZRM i stanów uszkodowanych obliczenia powtarzano w celu wyznaczenia średnich wartości trójczynnikowej funkcji użyteczności, zwanej średnią trójczynnikową użytecznością (o normie  $[0,1]$ ), jako kryterium oceny jakości rozwiązania.



**Rysunek 6. Wybrane wyniki użyteczności dla rozwiązania autorskiego i doboru pseudolosowego**

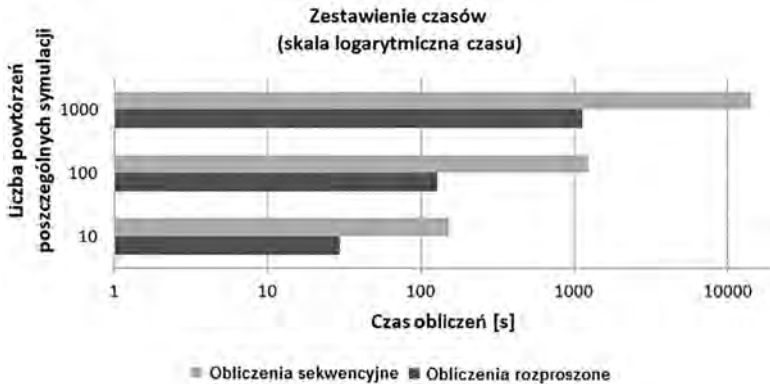
Źródło: opracowanie własne.

Z uwagi na ową wysoką złożoność badań symulacyjnych algorytmu agenta pośredniczącego racjonalne było wykonanie obliczeń w układzie rozproszonym. Porównanie czasu symulacji w układzie obliczeń sekwencyjnych i w układzie obliczeń rozproszonych przedstawione jest na rysunku 7. W związku z tym można stwierdzić, iż obliczenia dużej złożoności czasowej w wybranym Środowisku Systemowym LabTSI<sup>®</sup> pokazują, że można z powodzeniem prowadzić tego typu badania symulacyjne, korzystając z narzędzi wolnego oprogramowania.

Użyteczność w przypadku doboru według kryterium A. Janickiego rośnie w przypadku, gdy rośnie liczba dostępnych zespołów ratowniczych na danym



terenie i jest wyższa od pozostałych rozwiązań. W związku z tym wykazano fałszywość postawionej hipotezy.



**Rysunek 7. Zestawienie czasów obliczeń symulacyjnych w komputerze wyposażonym w procesor Intel i7**

Źródło: opracowanie własne.

Wprowadzenie decyzji charakteryzujących się większą trójczynnikiem użytecznością z pewnością może również wpłynąć na zmniejszenie kosztów funkcjonowania agencji ratowniczej, a tym samym PRM z tytułu uwzględnienia jakości pracy agentów-ratowników oraz agentów-ratowników specjalistycznych i ich stanu w procesie decyzyjnym agenta-dyspozytora w CPR. Tak opracowana agencja pośrednicząca, jako System Informacyjny ze Wspomaganiem Decyzji, umożliwia podniesienie jakości świadczonych usług Państwowego Ratownictwa Medycznego.

## 5. Podsumowanie

W dalszych pracach algorytmy zostaną zoptymalizowane przy zastosowaniu obliczeń rozproszonych oraz wykorzystane do badania możliwych usprawnień w prezentowanych obszarach zastosowań zarówno dla każdego agenta indywidualnie, jak i dla ich agencji. Kluczowa tu będzie rola inteligentnego agenta pośredniczącego i jego algorytm w relacjach typu oferujący–zamawiający. W tym miejscu rozważań składam podziękowania prof. dr. hab. inż. Andrzejowi Janickiemu za motywację i cenne uwagi do prowadzonych badań.

Przedstawionymi badaniami zainteresował się Instytut Informatyki i Gospodarki Cyfrowej Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH, co zaowocowało zaakceptowaniem przez kanclerza wniosku o stworzenie wirtualnego laboratorium IliGC, którego działania będą oparte na zaproponowanych rozwiązaniach. Równolegle zastosowania tych rozwiązań w obszarze ratownictwa medycznego zostały przedstawione i zweryfikowane na posiedzeniach naukowych SOR w Mińsku Mazowieckim. Spotkały się one z akceptacją ordynatora tego oddziału oraz propozycją wspólnego wniosku o sfinansowanie dalszych badań i zastosowań postępowania klinicznego ze środków unijnych Horyzont 2020.

## Bibliografia

- Coulouris G., Dollimore J., Kindberg T., Blair G., *Distributed Systems: Concepts and Design*, Addison-Wesley, Boston 2012.
- Filipkowski P., *Zarządzanie relacjami kupujący–sprzedający na rynkach elektronicznych z zastosowaniem technologii agentowych*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Łódzki, 2011.
- Filipkowski P., Janicki M., Oleszczuk D., *Technologie agentowe w LabTSI (TM) – zastosowanie w ratownictwie medycznym*, „Polski Przegląd Medycyny i Psychologii Lotniczej”, Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej, Warszawa 2012.
- Foo S.W., Jie W., *A reliable and flexible architecture based on CORBA and mobile agents for e-commerce*, International Conferences on Info-tech and Info-net. Proceedings, ICII 2001 – Beijing, vol. 5 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).
- Hamad A.M., Kouta M., Afify Y.M., *Evaluation of Probabilistic Payment Systems*, The 8th IEEE International Conference on Enterprise Computing, E-Commerce, and E-Services, The 3rd IEEE International Conference on E-Commerce Technology (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).
- Huhns M.N., *Being and Acting Rational*, „IEEE Internet Computing” 2003, vol. 7, no. 2, March–April.
- Hussin A.R.C., Macaulay L., Keeling K., McGoldrick P., *A trust agent for e-commerce: looking for clues*, Proceedings of The 2005 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service (EEE '05) (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).
- Janicki A., *Na drodze do społeczeństwa wiedzy*, „Technologie i Przemysł” 2004, nr 4.
- Janicki A., *Trójczynnikowa funkcja użyteczności*, w: *LabTSI™ – platforma modelowania i symulacji*, red. A. Janicki, Wydawnictwo KUL, Lublin 2011.
- Janicki A., Mońdziel I., *Polski e-Rynek – szansa dla Polski. Koncepcja, model, zasady funkcjonowania*, „Technologie i Przemysł” 2003, nr 3.

- Jurca R., Faltings B., *An incentive compatible reputation mechanism*, Proceedings of IEEE International Conference on E-Commerce, CEC 2003 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).
- Li K., Li L., *The comparative efficiency and pricing model of on-line brokerage*, The Fourth International Conference on September Computer and Information Technology, CIT '04 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).
- Li-xiao G., Zhen-xiang Z., Xue-min Z., *Research on PKI-Based E-Commerce Security Mechanism*, International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCom 2007 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).
- Minsky M.L., *Society of Mind*, Simon & Schuster Paperbacks, New York 1988.
- Olszak C.M., *Systemy Business Intelligence*, w: *Strategie i modele gospodarki elektronicznej*, red. C.M. Olszak, E. Ziemia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- Schwind M., *Design of combinatorial auctions for allocation and procurement processes*, Seventh IEEE International Conference on E-Commerce Technology, CEC 2005 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).
- Sim K.M., Chan R., *A brokering protocol for agent-based e-commerce*, „IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C” 2000, vol. 30, issue 4, November.
- Sutcliffe A., Lammont N., *The planet method for designing relationships in B2B E-commerce*, Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on, System Sciences, HICSS 2002 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).
- Światowicz J., *Partnerstwo strategiczne a teoria kosztów transakcyjnych*, „Marketing i Rynek” 2006, nr 2.
- Tsang E.P.K., *Computational Intelligence Determines Effective Rationality*, „International Journal on Automation and Control” 2008, vol. 5, no.1, January.
- Wassilew A.Z., *Technologie komunikacji mobilnej – implikacje społeczno-kulturowe*, w: *Komunikacja mobilna – nowe oblicza gospodarki, społeczeństwa i biznesu*, red. M. Goliński, K. Polańska, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2010.
- Yu T., Lin K.-J., *Service selection algorithms for Web services with end-to-end QoS constraints*, Proceedings of IEEE International Conference on e-Commerce Technology, CEC 2004 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).

\* \* \*

## **A synthesis of agent-broker algorithm in transactional e-platforms**

**Summary:** In the article, the author presents a synthesis of an agent-broker algorithm in transactional e-platforms. Taking social and economic relations as the starting point, he presents a general model of agent-broker. The management of the <intelligent agent – intelligent agent> relationship is linked with transactions involving information transfer based on the model of transaction system developed by A. Janicki. A model of an agent-broker and its algorithm are presented. The developed model is then implemented to solve selected problems in two different fields: Marketplace

and Emergency Medical Services. At the end, the author presents simulation results of a falsification of the proposed hypotheses on developed algorithms of agent-broker for e-marketplace and e-health systems.

**Keywords:** synthesis of algorithm, agent-broker, transactional e-platforms, intellectual transactions