

Adaptacyjne systemy agentowe we współczesnym środowisku e-commerce

Nadesłany 30.09.14 | Zaakceptowany do druku 01.12.14

Mieczysław Lech Owoc*, **Łukasz Piasny****

Ewolucja priorytetów konsumenckich, ukierunkowana na oszczędność czasu transakcji, spersonalizowane podejście i ogólne odejście od ceny jako jedyne i najważniejszego wyznacznika jakości produktów i usług spowodowały nasilenie dynamiki zmian zachodzących w handlu elektronicznym. Zdeterminowało to konieczność zastosowania technologii, która w sposób efektywny sprostałaby wymogom stawianym przez analizowany rynek. Technologia taką są inteligentni agenci programowi. Autorzy, poprzez wyróżnienie wybranych zastosowań systemów tej klasy w obszarze analizowanego rynku, wskazują na cechę adaptacyjności jako kluczową dla sprawnego i efektywnego funkcjonowania tych systemów. Niniejszy artykuł prezentuje różne podejścia do kwestii adaptacyjności, która jest odpowiedzią na konieczność dostosowania się agentów do dynamiki zmian zachodzących w środowisku e-commerce. Wymóg taki wynika zarówno z potrzeby modyfikowania swojego zachowania w reakcji na bodźce płynące z otoczenia, jak i z interakcji z innymi agentami w systemach wieloagentowych.

Słowa kluczowe: systemy agentowe, adaptacyjność, e-commerce.

Adaptive Agent Systems in Contemporary e-Commerce Environment

Submitted 30.09.14 | Accepted 01.12.14

The evolution of consumer priorities focused on time-saving transactions, a personalized approach and the general move away from price as the sole and most important determinant of the quality of products and services have resulted in intensification of dynamic changes in e-commerce. This determined the need for technology which would effectively meet the requirements set by the market. Such a technology are intelligent program agents. The authors, through the award of selected applications of this class of systems in the analyzed market, indicate adaptability as a key for their efficient and effective functioning. This article presents different approaches to the issue of adaptability, which is a response to the need for agents to adapt to dynamic changes in the environment of e-commerce. Such a requirement is clear both from the need to modify their behavior in response to stimuli from the environment in which they operate and from the interaction with other agents in multi-agent systems.

Keywords: agent systems, adaptability, e-commerce.

JEL: O32, L81

* **Mieczysław Lech Owoc** – dr hab. inż., prof. UE, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Katedra Systemów Inteligencji Biznesowej.

** **Łukasz Piasny** – mgr, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, doktorant w Katedrze Systemów Inteligencji Biznesowej.

1. Wprowadzenie

Ostatnia dekada przyniosła znaczną intensyfikację zjawiska wirtualizacji przedsiębiorstw¹, które poszukiwały dodatkowych możliwości rozwoju i dotarcia do szerszego grona potencjalnych konsumentów. Działania takie otworzyły nowe możliwości nie tylko w zakresie zdobywania kolejnych rynków, ale dały również niespotykaną dotąd alternatywę dla tradycyjnego modelu promocji, a także sprzedaży i dystrybucji oferowanych towarów oraz usług. Komercjalizacja wykorzystania nowoczesnych mediów, a zwłaszcza Internetu, zapewniła wymierne korzyści zarówno podmiotom gospodarczym, jak też pojedynczym osobom, ułatwiając im pozyskiwanie informacji i wiedzy. Z jednej strony doprowadziło to do oszczędności czasu oraz zasobów materialnych, z drugiej natomiast postawiło nowe wyzwania przed e-przedsiębiorcami działającymi w tak ukształtowanym środowisku.

Współczesne podejście do prowadzenia biznesu, zwłaszcza na płaszczyźnie wirtualnej, zdeterminowało więc powstanie nowej formy konkurencyjności, która powinna charakteryzować się takimi cechami, jak (Gemius, 2014): szybkość działania, pełna dostępność czasowa i przestrzenna towarów i usług (uwzględniając możliwości m-commerce), niezawodność działania, elastyczność w stosunku do klienta itp. Wymagania, jakie wynikają z takiego podejścia do modelu biznesowego, stanowią obecnie istotną kwestię nie tylko dla kadry zarządczej zajmującej się e-biznesem, a zwłaszcza handlem elektronicznym, ale przede wszystkim dla twórców systemów informatycznych, które to stanowią platformę programową, na której e-handel się opiera. Mając wobec tego na uwadze wymogi konkurencyjności, którym muszą sprostać tego typu systemy, powinny one już nie tylko ograniczać się do gromadzenia, przetwarzania i dystrybuowania danych, ale również być zdolnymi do ich analizy, wyciągania właściwych wniosków, a w konsekwencji również „rozumowania”. W celu podołania tak postawionym postulatów dobrym rozwiązaniem wydaje się stosowanie inteligentnych agentów programowych.

Ze względu na szerokie możliwości zastosowania systemów tej klasy, a także w odpowiedzi na oczekiwania ich użytkowników jednym z podstawowych wymagań, jakim muszą sprostać agenci, jest potrzeba adaptowania się do wciąż zmieniającego się dynamicznego środowiska, w którym funkcjonują. Ciągłe modyfikacje, jakim podlega handel elektroniczny, zmiana struktury oraz wartości danych pochodzących z różnych heterogenicznych źródeł systemów rozproszonych, a także przekształcenia preferencji samych konsumentów powodują konieczność samodoskonalenia i adaptacji tych systemów jako jedną z podstawowych cech, jakimi powinien charakteryzować się agent we współczesnym środowisku e-commerce. Właściwość taka wydaje się inherentnym warunkiem, który musi być spełniony w celu prawidłowej realizacji stawianych przed agentami zadań. Celem artykułu jest więc ukazanie istoty adaptacyjności jako jednej z niezbędnych cech, którą musi posiadać inteligentny agent wspierający współczesny handel elektroniczny.

Nawiązując do celu artykułu, w jego początkowej części analizie zostaną poddane aktualne trendy w handlu elektronicznym, do których muszą dostosować swoje działania inteligentni agenci. Gwoli zrozumienia sposobów ich funkcjonowania następnie będą przybliżone najistotniejsze właściwości i cechy zapewniające prawidłową realizację powierzonych im zadań. W dalszej części zaprezentowane będą najczęstsze zastosowania oraz role, jakie odgrywają agenci w e-handlu. Ostatnia sekcja stanowi kwintesencję artykułu, w którym poruszona będzie kwestia potrzeby adaptacyjności. Zostanie ona dodatkowo zilustrowana przykładem interakcji pomiędzy agentami z zaznaczeniem sytuacji, w których cecha ta odgrywa szczególną rolę.

2. Charakterystyka i wyzwania e-commerce

Pomimo że ogólna definicja e-commerce, którego korzeni należy upatrywać już w 1991 roku, niewiele się zmieniła, to jednak na przestrzeni lat sposoby funkcjonowania i ekonomika handlu elektronicznego ewoluowały do postaci znanej obecnie (Mohapatra, 2013). E-commerce, będące częścią szerszego zagadnienia, jakim jest e-business, można scharakteryzować jako wykorzystanie technologii teleinformatycznych w celu przeprowadzania różnorodnych transakcji sprzedaży, kupna, a także dystrybucji i wymiany towarów oraz usług (Manzor, 2010). Podstawowa klasyfikacja relacji, w których funkcjonuje handel elektroniczny, sprowadza się do czterech form: B2C (ang. *business-to-consumer*) lub C2B (ang. *consumer-to-business*), gdzie występuje obrót towarów i usług pomiędzy przedsiębiorstwami, a klientami detalicznymi (np. sklepy internetowe), B2B (ang. *business-to-business*), w których kontrahentami są przedsiębiorstwa, oraz C2C (ang. *consumer-to-consumer*), gdzie stronami transakcji są klienci detaliczni (np. aukcje internetowe). Bez względu jednak na rodzaj relacji i formę, w jakiej dokonywane są transakcje elektroniczne, współczesne prawa rządzące e-commerce narzucają specyficzne wymagania stronom w nich uczestniczącym.

Pierwotne formy biznesu elektronicznego, którego rozkwit wraz z koncepcją web 2.0 przypadła na początek XXI wieku, zaoferowały użytkownikom nową jakość handlu. Przejawiała się ona zwłaszcza szerokimi możliwościami wyboru oferty, obszerną informacją o produktach i usługach, sposobnością dzielenia się opiniami z innymi klientami, a dzięki oszczędnościom, związanym chociażby z eliminacją części infrastruktury fizycznej, również niską ceną. Wraz jednak z pojawianiem się coraz większej liczby przedsięwzięć internetowych w lawinowym tempie zaczęła rosnąć również ilość dystrybuowanych danych, doprowadzając do tak zwanego szumu informacyjnego. Przeładowanie informacyjne wymusiło stworzenie mechanizmów, które w sposób efektywny pozwolą wyodrębnić i skatalogować informacje w taki sposób, aby były one rzetelne, kompletne, dostarczone w możliwe krótkim czasie, trafne i, co istotne, aktualne. Stąd też obecnie różnego rodzaju wyszukiwarki specjalistyczne zaczynają odgrywać coraz większą rolę, gdyż

pozwalają na uzyskanie informacji w sposób szybszy i bardziej precyzyjny od wyszukiwarek ogólnoinformacyjnych. Przykładem mogą być porównywarki cenowe, które dzięki obszernym i permanentnie aktualizowanym bazom danych są w stanie udzielić szczegółowych informacji o ofercie z wielu różnych sklepów internetowych, pogrupować je w odpowiednie kategorie (np. cenowe), a dzięki opinii innych użytkowników pomóc ostatecznie w podjęciu decyzji biznesowych.

We współczesnym, dynamicznym handlu internetowym preferencje konsumentów ewoluowały w takim kierunku, że cena oferowanych dóbr coraz częściej nie jest priorytetowym czynnikiem wpływającym na decyzję o jego zakupie. Aktualne trendy wskazują, że ważniejsze okazują się indywidualne podejście do klienta oraz czas w kontekście zarówno szybkości dostarczenia przesyłki, jak również zaprezentowania oferty, czyli szybkość udzielenia informacji o produkcie (Pastowski, 2014). Personalizacja i kastomizacja stały się więc jednym z istotniejszych zagadnień, na które uwagę muszą zwracać przedsiębiorcy chcący prowadzić swoją działalność w Internecie. O ile kastomizacja z technicznego punktu widzenia jest problemem zwłaszcza dla projektantów serwisów www, którzy powinni dostarczyć odpowiednich mechanizmów dających klientowi możliwość dostosowywania usług do swoich preferencji, o tyle większe wyzwanie stanowi personalizacja. W jej wypadku szczególne znaczenie ma zdobycie odpowiedniej wiedzy o kliencie. Może ona dotyczyć zarówno informacji podstawowych, jak dane osobowe czy adresowe, jednak znacznie przydatniejsze są informacje związane z preferencjami danego klienta. Przeważnie sama historia zakupów nie stanowi w takim przypadku dostatecznie dobrego źródła wiedzy, w związku z tym konieczna staje się wymiana informacji pomiędzy różnymi zewnętrznymi jej przekaznikami, co powoduje dodatkowe problemy związane choćby z unifikacją danych. Zabiegi takie dają jednak możliwość dostosowania zarówno produktów i usług, sposobów promocji, jak również dystrybucji w taki sposób, aby zaspokoić potrzeby i preferencje większości konsumentów.

Oprócz spersonalizowanego podejścia drugim istotnym aspektem współczesnego e-commerce jest czas, jaki mija od momentu, w którym klient zdecydował się na poszukiwanie oferty, do momentu, gdy zamówienie zostanie zrealizowane (wraz z dostarczeniem). Ponieważ współczesny konsument jest bardzo wymagający, konieczna staje się predykcja jego zachowania w taki sposób, aby dane przedsiębiorstwo (a zwłaszcza sklep internetowy) wiedziało, czego klient będzie chciał, zanim on sam zda sobie z tego sprawę. Dzięki takiej wiedzy możliwe będzie wcześniejsze przygotowanie odpowiedniej oferty. Z logistycznego punktu widzenia skróci to czas potrzebny na dostarczenie towaru, a także pozwoli szybciej zaoferować dane dobro, oszczędzając tym samym czas, jaki konsument poświęci na jego poszukiwanie.

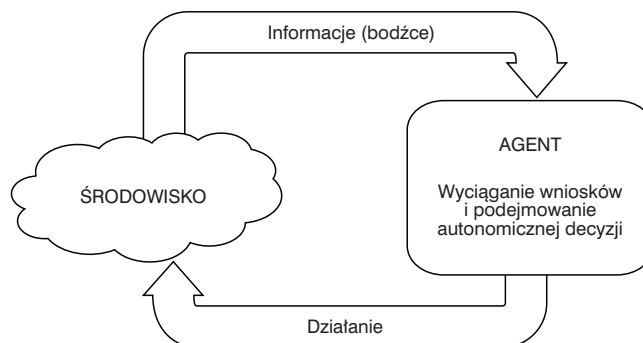
Takie podejście do dystrybuowania towarów doskonale wpisuje się w koncepcję ewolucji Internetu do tak zwanego web 3.0, w którym programy, dzięki rozwiązaniom sztucznej inteligencji zdolnej do semantycznego rozu-

mienia treści, będą w stanie interpretować i adekwatnego reagowania na poczynania użytkowników. Szczególną rolę w tej koncepcji będą odgrywały systemy agentowe.

3. Cechy i definicja agenta

Pomimo wielu lat badań nad agentami, termin ten w dalszym ciągu nie daje się jednoznacznie zdefiniować. Przyczyną takiej sytuacji jest przede wszystkim wieloaspektowość podejścia do tematu. Wobec takiego stanu rzeczy stwierdzenie Russela i Norviga, że pojęcie agenta i jego określonych cech ma być pomocne w procesach analizy i projektowania systemów, a nie traktowania ich jako prawd absolutnych (Russel i Norvig, 2009), wydaje się wciąż aktualne. W celu właściwego zrozumienia problematyki poruszanej w artykule, warto jednak wskazać na pewne cechy, które przybliżą paradygmat agentowości.

Za inteligentnego agenta można uznać oprogramowanie, które działając autonomicznie w pewnym środowisku, jest w stanie odbierać bodźce w postaci informacji, następnie na ich podstawie wyciągnąć określone wnioski i w konsekwencji podjąć odpowiednie działania. Schematyczne ujęcie takiego procesu pokazuje rysunek 1.



Rys. 1. Schemat działania agenta. Źródło: opracowanie własne.

W przypadku inteligentnych agentów wnioskowanie odbywa się przeważnie przy wykorzystaniu algorytmów związanych z metodami oraz technikami sztucznej inteligencji. Zaliczyć do nich można między innymi sztuczne sieci neuronowe, algorytmy genetyczne, logikę rozmytą. Dodatkowo mogą być stosowane systemy ekspertowe, które z jednej strony wspomagają procesy wnioskowania, a z drugiej dostarczają niezbędnej wiedzy o aktualnym stanie środowiska, w którym agent funkcjonuje.

Mając wobec tego na uwadze niedoskonałość wszelkich prób zdefiniowania agentów, czy też całych systemów agentowych, warto zwrócić uwagę

na szereg cech, które agent powinien posiadać. Do najistotniejszych zaliczyć można (Teh Noranis i Shahrin Azuan, 2013):

- autonomiczność – zdolność do podejmowanie decyzji niezależnych od człowieka czy innego oprogramowania, zgodnie z posiadaną wiedzą, umiejętnościami oraz funkcjonalnością,
- reaktywność – czyli zdolność do szybkiej odpowiedzi na pojawiające się zmiany w środowisku,
- proaktywność – umiejętność przejmowania inicjatywy zgodnie z przyjętymi celami działania,
- umiejętność współpracy i komunikacji – przejawiająca się zdolnością do interakcji z innymi agentami lub ludźmi.

Oprócz wyżej wymienionych agenci posiadają również inne cechy, które w mniejszym lub większym stopniu uzależnione są od stawianych przed agentem celów, jak również środowiska, w którym agent funkcjonuje. Do takich cech można zaliczyć możliwość przemieszczania się², przewidywania, współdziałania czy umiejętność uczenia się i dostosowywania (adaptacji) do zmieniających się warunków. Wymienione atrybuty istotne są zwłaszcza w systemach rozproszonych, których spoiwem jest Internet, a więc środowisko handlu elektronicznego. Dobrym przykładem architektury charakteryzującej się wymienionymi cechami są systemy wieloagentowe (MAS). Można je opisać jako układ złożony z wielu agentów, pomiędzy którymi dzięki specjalnym językom komunikacji, jak np. ACL³ (ang. *Agent Communication Language*), zachodzą interakcje (Radziuk, 2011). Wskutek współdziałania agentów systemy takie mogą rozwiązywać skomplikowane problemy, z którymi pojedynczy agent nie byłby w stanie sobie poradzić.

Warto dodatkowo zwrócić uwagę, że funkcjonowanie agentów w środowiskach rozproszonych stawia przed nimi specyficzne wymagania, którym muszą sprostać. Do głównych postulatów zaliczyć należy przede wszystkim (Xu, 2007):

- możliwość korzystania z wielu heterogenicznych źródeł wiedzy, co jest związane z koniecznością ujednoczenia ontologii lub tworzeniem wspólnej ontologii w celu minimalizacji ryzyka nieporozumień między agentami (Mach i Owoc, 2004),
- umiejętność sprostania wyzwaniom związanym z pozyskiwaniem informacji niepewnych lub sprzecznych,
- zdolność do elastycznego godzenia swoich celów z ograniczonymi możliwościami działania oraz postrzegania rzeczywistości,
- predyspozycje do przystosowania i funkcjonowania w zmieniającym się środowisku, dokonując oceny jego aktualnego stanu.

Agenci posiadający odpowiedni dobór cech oraz spełniający określone warunki funkcjonowania są w stanie działać na rzecz lub w imieniu człowieka tudzież innego programu i realizować nawet najbardziej złożone cele dotyczące zarządzania informacją, modelowania systemów złożonych czy różnych działalności w systemach rozproszonych.

4. Wykorzystanie agentów w e-commerce

Eksploatowanie inteligentnych agentów w e-commerce jest obecnie stosunkowo często stosowaną praktyką nie tylko przez gigantów jak Amazon, ale również przez szereg pomniejszych przedsiębiorstw związanych z różnymi obszarami handlu elektronicznego. Wskutek zastosowania tej technologii możliwe staje się zwiększenie intratności e-sklepów, między innymi dzięki spotęgowaniu liczby przeprowadzanych transakcji, które mogą być obsługiwane przez inteligentnych agentów zamiast przez zatrudnione osoby. Również klienci odnoszą korzyści, związane na przykład z oszczędnością czasu czy szerszymi perspektywami znalezienia oferty, która im najbardziej odpowiada pod względem różnych preferencji: ceny, sposobu dostawy, gwarancji itp.

Współcześni agenci są w stanie poradzić sobie praktycznie z każdym etapem e-handlu, począwszy od kwestii marketingowych poprzez udzielanie szczegółowych informacji o ofercie oraz wysunięciu spersonalizowanych propozycji kupna aż po negocjacje ceny i dokonanie transakcji. Ogólne zastosowanie agentów w handlu elektronicznym można sprowadzić do:

- Poszukiwania i dostarczenia informacji i wiedzy – agenci mają za zadanie przeszukiwanie sieci, a zwłaszcza Internetu w celu odpowiedzi na żądania wystosowane przez klientów lub w przypadku systemów wieloagentowych przez innych agentów. Pozyskane w ten sposób informacje powinny w jak największym stopniu przyczynić się do powstania wiedzy niezbędnej w procesie podejmowania optymalnych i racjonalnie ekonomicznych decyzji.
- Gromadzenia, przetwarzania i wyciągania wniosków z informacji – pozyskane przez agentów informacje dotyczące sprzedaży mogą posłużyć różnorodnym celom, z których korzyści będą czerpać zarówno klienci, jak i przedsiębiorcy. Zmagazynowane dane mogą być wykorzystane chociażby do budowy modeli zachowań konsumentów. Pozwoli to przedsiębiorcom dostosować ofertę do wymagań, jakie stawia rynek, lub stworzyć i indywidualnie do każdego klienta (lub grup klientów) dopasować odpowiednią strategię marketingową. Z drugiej strony agent, dzięki zidentyfikowaniu użytkowników o podobnych preferencjach do kupującego, jest w stanie zaproponować ofertę odpowiednio wyselekcjonowaną i dostosowaną do danego klienta.
- Modyfikowania i aktualizacji informacji – dążenie do posiadania jak najbardziej aktualnej i sprawdzonej wiedzy, która jest niezbędna w procesie adaptacji do dynamicznego środowiska, którym charakteryzuje się e-rynek.
- Ochrony kontrahentów – agenci dbają również o bezpieczeństwo przebiegu dokonywanych transakcji. Ochrona ta dotyczy zarówno przedsiębiorców przed niegodnymi zaufania klientami lub ich agentami, jak i zabezpieczania interesu konsumentów.
- Negocjowania i kupowania – agenci dokonują w imieniu kontrahentów (lub ich agentów) negocjacji zarówno co do możliwości przystąpienia do trans-

akcji, jak też jej warunków i ceny oraz ewentualnie dokonują jej finalizacji. Jest to szczególnie przydatne w perspektywie przeprowadzania zakupów za pomocą urządzeń mobilnych jak smartfony oraz tablety. Agenci są w stanie samodzielnie zrealizować wyznaczone zadania nawet w sytuacji braku bezpośredniego połączenia ze zleceniodawcą, co może być skutkiem np. nieprzewidzianego braku w dostępie do Internetu. Niejednokrotnie wykorzystują do tego również dorobek wiedzy ekonomicznej związany np. z teorią decyzji, teorią oczekiwanej użyteczności czy – w przypadku działania agentów na aukcjach internetowych – z teorią aukcji.

Agenci, czy też w wielu przypadkach systemy wieloagentowe, w e-commerce mogą więc pełnić wiele różnorodnych funkcji (ról), przynosząc korzyści zarówno przedsiębiorcom prowadzącym swoją wirtualną działalność, jak również klientom chcącym dokonywać transakcji za pośrednictwem komputerów lub urządzeń mobilnych. W przypadku handlu elektronicznego agenci są wykorzystywani głównie w obszarach wspomagających sklepy internetowe oraz aukcje.

Jednym z praktycznych przykładów zastosowań omawianej technologii są agenci rekomendujący, korzystający z wiedzy zgromadzonej o kliencie oraz działający proaktywnie w celu zaproponowania im oferty, która mógłby ich potencjalnie zainteresować. Sklepy mogą więc wykorzystywać ten mechanizm do sztucznego kreowania popytu, proponując towary i zachęcając do ich kupna klientów, którzy aktualnie ich nie poszukują. Korzyścią dla kupujących może być natomiast pozyskanie dodatkowej informacji o produktach skorelowanych bądź podobnych do tych, które zamierzają nabyć.

Prawdopodobnie jednymi z najczęściej wykorzystywanych agentów są tak zwane *shopbots*, służące do wyszukiwania najkorzystniejszej na rynku oferty dopasowanej do danego klienta. Przeważnie implementowane są w serwisach świadczących usługi porównywania określonych właściwości towarów oraz usług i dają możliwość wielokryterialnego przeszukiwania zróżnicowanych źródeł danych. Pierwsze generacje tych agentów najczęściej ograniczały perspektywę poszukiwania do jednego kryterium, jakim była cena, jednak obecnie mogą być one związane zarówno z rodzajem produktów i usług, sposobami oraz warunkami dostawy, terminami gwarancji, marką producenta, jakością, promocjami, a także innymi związanymi ze specyfikacją danego towaru (Borkowska, 2004). Szczególnym źródłem informacji są również opinie innych klientów o produktach lub sklepach, które mogą być brane pod uwagę w procesie selekcji przeszukanych zasobów. Bardziej zaawansowani agenci mogą uczyć się dodatkowo preferencji danego klienta i w procesie przeszukiwania także je brać pod uwagę.

Innym rodzajem agentów są tak zwane *pricebots*, których głównym celem jest maksymalizacja korzyści dla sprzedających. Ich działanie polega na analizowaniu sytuacji na rynku, zwłaszcza w kontekście cen w konkurencyjnych serwisach, a następnie ustawienie własnej ceny na odpowiednim poziomie. Dzięki tak dynamicznej analizie sytuacji sklep z nawet bardzo

dużą ilością asortymentu jest w stanie permanentnie utrzymywać wysoką konkurencyjność w tym obszarze.

Kolejna dziedzina, w której z powodzeniem wykorzystywani są agenci to aukcje internetowe. Działając w imieniu klienta, agent obserwuje jedną lub wiele aukcji i w odpowiednim czasie stara się podbić cenę do rozsądnego poziomu. Podbijanie ceny może wiązać się również z uwzględnianiem różnych dodatkowych sytuacji, dotyczących na przykład stanu innych obserwowanych aukcji lub zmian preferencji zleceniodawcy.

Wymienione przykłady stanowią zaledwie niektóre z możliwości wykorzystania agentów programowych w handlu internetowym. Wspólną cechą charakterystyczną zaprezentowanych zastosowań jest jednak potrzeba dostosowywania się agentów do zmieniających się warunków związanych zarówno z dziedziną techniczno-programową problemu, jak i zmianą priorytetów samych konsumentów.

5. Istota adaptacyjności

Jednym z podstawowych wyzwań agentów wspomagających handel internetowy jest przystosowanie się do dynamicznego środowiska, w którym egzystują. Cechą, która na to pozwala, jest adaptacyjność polegająca na możliwości modyfikacji swojego zachowania w odpowiedzi na zmiany zachodzące w funkcjonowaniu innych agentów lub w samym środowisku. Ponieważ handel za pomocą technologii internetowych jest zagadnieniem złożonym, z praktycznego punktu widzenia najczęściej niezbędne jest tworzenie systemów wieloagentowych, zdolnych do wykonywania wielu różnorodnych i skomplikowanych operacji, co od agentów wymaga działań kolektywnych. Modelowanie takich systemów, z uwagi na specyfikę środowiska, wiąże się z implementacją zachowań adaptacyjnych zarówno do pojedynczych agentów, jak i całych systemów. Aby utrzymać odpowiednią efektywność i niezawodność działania, każdy agent posiadający wiedzę oraz świadomy swoich kompetencji i możliwości musi być zdolny do dostosowania swoich zachowań w strukturze, w której funkcjonuje. Działanie takie może osiągnąć, współpracując z innymi agentami poprzez wymianę wiedzy i informacji, jak również przez pozyskiwanie nowej wiedzy z otoczenia przy jednoczesnym unikaniu sytuacji konfliktowych i niepewnych. Sytuacje takie mogą wynikać np. z fluktuacji, jakie występują w środowisku (Ren, Zhang i Sim, 2009), jak również przez zachowania stochastyczne wynikające z niewystarczającej wiedzy agentów lub po prostu z błędów implementacyjnych samego oprogramowania. Może to doprowadzić do sytuacji, w których decyzji i zachowań innych agentów nie da się skutecznie przewidzieć, co przy braku mechanizmów adaptacyjnych może powodować nieprawidłowe działanie całego systemu.

Możliwe jest wyodrębnienie różnych sposobów osiągnięcia adaptacyjnych zachowań pojedynczych agentów (Kudenko, Kazakov i Alonso, 2005). Jed-

nym z podstawowych jest tak zwane podejście reaktywne. Przeważnie nie opiera się ono na złożonym wnioskowaniu, a jedynie na prostych odruchach będących odpowiedzią na bodźce odbierane. Agent taki, posiadając katalog możliwych akcji, celów, które ma zrealizować, oraz wiedzę i informacje o otaczającym świecie, jest w stanie wybrać adekwatne do sytuacji reakcje. Przy dodatkowym posiadaniu odpowiednich algorytmów uczenia takie rozwiązania najczęściej wystarczają w wielu standardowych sytuacjach.

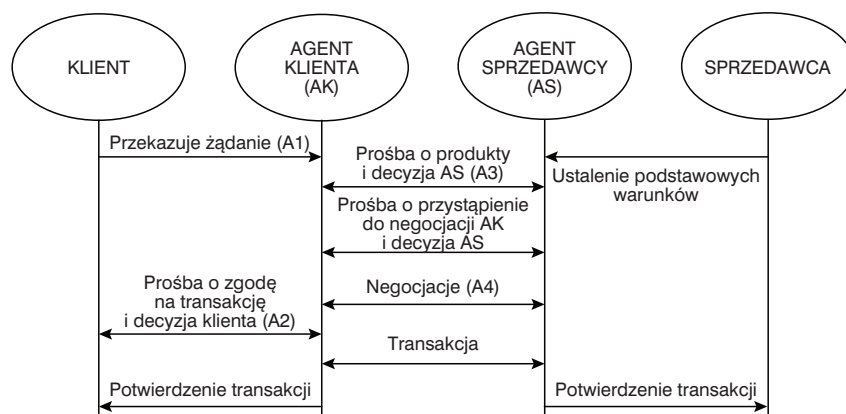
Innym podejściem do problemu są bardziej zaawansowane rozwiązania kognitywne. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych technik sztucznej inteligencji oraz metod wnioskowania agenci kognitywni są w stanie realizować wiele funkcji poznawczych i decyzyjnych, analogicznych do tych, jakie zachodzą w ludzkim mózgu (Bytniewski i Hernes, 2014). Działanie takie daje możliwość zrozumienia przez nich otaczającego świata i dzięki temu dostosowywania swojego zachowania. Agenci uwzględniają przy tym również predykcje przyszłych stanów innych jednostek, z którymi wchodzi w interakcje, oraz stany samego środowiska. Możliwe są również rozwiązania hybrydowe wykorzystujące zalety zarówno podejścia reaktywnego, jak i kognitywnego, które w najpełniejszym zakresie powinny realizować założenia systemów dynamicznych.

Kolejne podejście do kwestii adaptacyjności jest związane z wykorzystaniem przez agenta wiedzy dotyczącej struktury swojego własnego kodu źródłowego, a także algorytmów umożliwiających ewolucyjne przystosowanie do zmiennych warunków. Najczęściej wykorzystywane są w tej technice metody powiązane z metaprogramowaniem. Agenci wyposażeni w takie mechanizmy mają możliwość modyfikacji swoich zachowań poprzez zmianę struktury kodu na taką, która w najbardziej efektywny sposób sprosta stawianym wyzwaniom.

Powyższe przykłady podejść świadczą o tym, że cecha adaptacyjności może dotyczyć zarówno kwestii programowych związanych z architekturą agenta, jak też metod wnioskowania i podejmowania decyzji na podstawie posiadanej wiedzy i doświadczenia. W celu zaprezentowania, jak teoretyczne rozważania na temat adaptacyjności mogą być zrealizowane w sposób praktyczny, warto się przyjrzeć modelowemu, wieloagentowemu systemowi e-commerce (Solodukha i Zhelezko, 2011; Ganzha i Gawinecki, 2008), który mógłby służyć zarówno do obsługi e-sklepów, aukcji internetowych, jak również prywatnej wymiany dóbr i usług. Schemat takiego modelu pokazany jest na rysunku 2.

Zaprezentowany model jest oparty na interakcji pomiędzy agentem klienta (AK), chcącym dokonać zakupów w jego imieniu na jak najkorzystniejszych dla niego warunkach, oraz agentem sprzedawcy (AS), którego celem jest maksymalizacja zysków sklepu, obsługa procesów negocjacyjnych oraz w bardziej rozwiniętych systemach, współpraca z agentami odpowiedzialnymi za logistykę. Obydwaj agenci spełniają przy tym najważniejszy postulat, jakim jest autonomiczność działania. Klient jako zleceniodawca

jedynie stawia żądania i określa kryteria, które musi spełnić produkt bądź usługa, aby zostały kupione, i prowadzi ewentualny nadzór nad przebiegiem transakcji, natomiast sprzedawca ustala jedynie kwestie związane z minimalną ceną, warunki negocjacyjne itp. Interakcja w takim systemie zaczyna się od przekazania przez klienta do agenta informacji o towarze, jaki pragnie nabyć, maksymalnej cenie, którą może zaoferować, oraz innych wymaganiach związanych chociażby z marką produktu, warunkami dostawy itd. AK po przeszukaniu zasobów sieciowych zwraca się do wyselekcjonowanych AS, którzy są w stanie spełnić wymagania o możliwość przystąpienia do kupna. AS po dokonaniu weryfikacji AK (np. w kwestiach zaufania) i ewentualnej zgodzie na przystąpienie do transakcji rozpoczyna proces negocjacji. W przypadku aukcji negocjacje mogą dotyczyć wysokości ceny, natomiast w przypadku sklepów należałoby je rozumieć jako zgodę na finalizację transakcji. AS po pomyślnym jej przeprowadzeniu mógłby następnie kontaktować się z agentami odpowiedzialnymi za część logistyczną, natomiast AK po wcześniejszej zgodzie klienta na finalizację transakcji przekazuje potwierdzenie jej dokonania.



Rys. 2. Model interakcji pomiędzy agentami. Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie tak przedstawionego, w dużej mierze uproszczonego, schematu interakcji agentów między sobą jak również środowiskiem można doszukiwać się działań adaptacyjnych w kilku punktach, które zostały odpowiednio oznaczone na rysunku 2. Po pierwsze agent klienta nie zna w początkowej fazie wymagań, jakie są przed nim stawiane (A1) i do których musi się dostosować. Mogą one ponadto dynamicznie się zmieniać na skutek modyfikacji kryteriów i wymagań stawianych przez samego zleceniodawcę (A2). Dodatkowo agent, przeszukując przestrzeń potencjalnych sklepów,

w których mógłby dokonać transakcji, musi brać pod uwagę, że oferowane przez nich warunki również mogą ulegać modyfikacjom w czasie rzeczywistym (A3), na co również musi odpowiednio reagować poprzez adaptację. Sama interakcja między agentami również wymaga odpowiedniego przystosowania, ze względu między innymi na możliwe różne podejścia do strategii negocjacyjnych i ich zmianę w trakcie wzajemnego oddziaływania (A4).

6. Podsumowanie

Choć wykorzystanie agentów w e-commerce nie jest niczym nowym, a badania nad kolejnymi rozwiązaniami w tej materii w zintensyfikowanym stopniu trwają już od co najmniej dekady, to wciąż zmieniające się środowisko ich funkcjonowania stawia przed nimi nowe wymagania. Przedstawione w artykule wybrane przykłady zastosowań agentów wraz z modelem interakcji między nimi wykazały, że adaptacyjność jest ich nieodzowną cechą i stanowi odpowiedź na te nowe wyzwania. Biorąc pod uwagę także kierunek zmian handlu internetowego, można wysnuć przypuszczenia, że coraz większe znaczenie będzie mieć dodatkowo działanie reaktywne agentów. Pozwoli im to wyjść naprzeciw przyszłym oczekiwaniom klientów, dostarczając informacje i wiedzę dokładnie w momencie, kiedy klient będzie tego najbardziej potrzebował.

Pomimo zaawansowania współczesnych rozwiązań, istniejące systemy w dalszym ciągu nie są w stanie funkcjonować w pełni samodzielnie i ostatecznie w swoich działaniach wymagają przeważnie kontroli człowieka. Badania doskonalenia mechanizmów pozwalających na dostosowywanie się agentów powinny umożliwić w najbliższej przyszłości pełne zautomatyzowanie działań, co umożliwi w większym stopniu oszczędność zasobów klientów i przedsiębiorstw związanych zarówno z czasem, jak i ogólnie pojętymi kosztami.

Przypisy

- ¹ Rozumianej jako proces przenoszenia działalności gospodarczej z formy tradycyjnej do Internetu.
- ² Istotna zwłaszcza w m-commerce.
- ³ Standard zaproponowany przez FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents).

Bibliografia

- Borkowska, A. (2004). Inteligentni agenci w handlu elektronicznym. *e-mentor*, 5 (7), 65–71.
- Bytniewski, A. i Hernes, M. (2014). Wykorzystanie kognitywnych programów agentowych w procesie zarządzania wiedzą w organizacji gospodarczej, *e-mentor*, 2 (54), 40–45.
- Ganzha, M., Gawinecki, M., Kobzdej, P. i Paprzycki, M. (2008). *Modelowy Agentowy System E-commerce*. Pozyskano z: http://www.ibspan.waw.pl/~paprzyck/mp/cvr/research/agent_papers/ECOM_2008_PL.pdf (25.07.2014).

- Gemius. (2014). *E-Commerce w Polsce 2014*. Gemius dla e-Commerce Polska. Pozyskano z: <http://www.infomonitor.pl/download/e-commerce-w-polsce-2014.pdf> (18.07.2014).
- Guessoum, Z. (2004). Adaptive Agents and Multiagent Systems. *Distributed Systems Online Journal*, 5 (7), 1–4.
- Korczak, J., Hernes, M. i Bac, M. (2014). *Performance Evaluation of Decision-making Agents' in the Multi-agent System*. Referat wygłoszony na Federated Conference Computer Science and Information Systems (FedCSIS), Warszawa.
- Kudenko, D., Kazakov, D. i Alonso, E. (2005). *Adaptive Agents and Multi-Agent Systems II: Adaptation and Multi-Agent Learning*. Heidelberg: Springer.
- Mach, M. i Owoc, M.L. (2004). *Integracja wiedzy ze źródeł heterogenicznych*. Warszawa: BEL studio.
- Manzor, A. (2010). *E-commerce*. Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing.
- Mohapatra, S. (2013). *E-commerce Strategy*. New York: Springer Science & Business Media.
- Pasłowski, K. (2014). E-sklepy: obsługa i szybkość ważniejsze niż cena. Pozyskano z: <http://www.crn.pl/news/wydarzenia/e-biznes/2014/05/e-sklepy-obsługa-i-szybkość-ważniejsze-niż-cena> (16.07.2014).
- Radziuk, M. (2011). Multi-Agent System for Electronic Auction. *Research Papers Of Wrocław University of Economic*, (232). Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Ren, F., Zhang, M. i Sim, K.M. (2009). Adaptive Conceding Strategies for Automated Trading Agents in Dynamic, Open Markets. *Decision Support Systems*, 46 (3), 704–716.
- Russel, S., Norvig, P. (2009), *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3rd Edition), Prentice Hall, New Jersey.
- Sobieska-Karpińska, J. i Hernes, M. (2014). *Identification of the Knowledge Conflicts' Sources in the Architecture of Cognitive Agents Supporting Decision-making Process*. Referat wygłoszony na Federated Conference Computer Science and Information Systems (FedCSIS), Warszawa.
- Solodukha, T.V. i Zhelezko, B.A. (2011). Developing a Multi-Agent System for e-Commerce. *Research Papers Of Wrocław University of Economic*, (232). Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Teh Noranis, M.A. i Shahrin Azuan, N. (2013). A Multi-Agent Model for Information Processing in Computational Problem Solving. *International Journal of Modeling and Optimization*, 3 (6), 490–494.
- Xu, M. (2007). *Managing Strategic Intelligence: Techniques and Technologies*. Hershey: IGI Global.