

# MODEL ZARZĄDZANIA RYZYKIEM Z WYKORZYSTANIEM SYSTEMÓW WIELOAGENTOWYCH

## 1. Wstęp

Globalizacja gospodarek światowych, globalne zmiany warunków gospodarczych we współczesnym świecie – coraz większa zmienność cen towarów, kursów walutowych czy stóp procentowych potęgują ryzyko prowadzonej przez przedsiębiorstwa działalności, co wymusza konieczność uwzględniania wpływu ryzyka na efekty podejmowanych decyzji. Zmienność i złożoność otoczenia powodują, że ryzyko można uznać za powszechne zjawisko towarzyszące prawie każdej działalności. Ryzyka nie powinno się rozważać tylko w kategoriach zagrożenia, ponieważ często stwarza szanse inspirujące ludzkie działania. Z tego względu należy je rozpatrywać jako jeden z determinantów przedsiębiorczości. Przyczynia się ono do prowadzenia licznych badań, tworzenia nowych teorii oraz podejmowania prób ich zastosowania w praktyce. Można je zatem traktować jako źródło postępu i aktywizacji, a więc uznać ryzyko za zjawisko użyteczne. Będzie ono takim tylko wtedy, gdy daje się opanować, czyli poddaje się kontroli oraz sterowaniu. System zarządzania przedsiębiorstwem realizuje, między innymi, także opcję zarządzania ryzykiem.

Konieczność uwzględniania ryzyka w podejmowaniu decyzji menedżerskich dostrzeżono już dawno. Ale dopiero w połowie ubiegłego wieku, gdy opracowano teorie zdolne do opisanie zjawiska niepewności oraz dokonania pomiaru części mierzalnej niepewności, w literaturze pojawiły się metody zarządzania ryzykiem.

Zarządzanie ryzykiem, zgodnie ze standardem zarządzania ryzykiem opublikowanym przez FERMA, (...) *powinno być procesem ciągłym i stale udoskonalanym, który obejmuje zarówno strategię organizacji, jak i procedury wdrażania tej strategii* [6]. Powinno w sposób metodyczny rozwiązywać wszelkie kwestie związane z zagrożeniami dla działalności organizacji, jakie miały miejsce w przeszłości, występują obecnie i – w największym stopniu – mogą wystąpić w przyszłości.

W literaturze przedmiotu wyróżnić można również dwa podejścia do pomiaru ryzyka:

- pomiar jednego rodzaju ryzyka; rozpoznanie poszczególnych rodzajów ryzyka, jego pomiar i zastosowanie odpowiednich technik redukcji,
- modelowanie problemów decyzyjnych z uwzględnieniem ryzyka; stosowanie metod i technik modelowania zjawisk ekonomicznych uwzględniających ryzyko (np. modele stochastyczne) i podejmowanie decyzji najlepszych w określonej sytuacji decyzyjnej.

Stosowanie teorii prawdopodobieństwa do modelowania ryzyka w decyzjach dotyczących działalności przedsiębiorstwa jest powszechne i zgodne z klasycznym pojęciem ryzyka. Stosowanie klasycznego podejścia wymaga jednak spełnienia silnych ograniczeń. Założenie losowości pewnej

zmiennej implikuje od razu istnienie określonego rozkładu prawdopodobieństwa tejże zmiennej. Oczywiście rozkład może być znany lub niezny. Istnieją metody i techniki radzenia sobie w sytuacji nieznaności rozkładów prawdopodobieństwa, np. szacowania ich na podstawie danych historycznych. W wielu jednak sytuacjach decyzyjnych istnieje potrzeba modelowania niepewności przy braku możliwości korzystania z danych historycznych, np.:

- 1) w sytuacjach, gdy decyzje dotyczą podejmowania działań wcześniej nie występujących,
- 2) w sytuacjach, gdy zmienne otoczenie wyklucza przekładanie zachowań historycznych na zachowania przyszłe,
- 3) w sytuacjach, gdy możliwe jest tylko podanie określeń nieprecyzyjnych, np. wysoka temperatura, młody człowiek, średni wzrost, duże miasto, wysoki poziom strumienia pieniężnego, niski koszt kapitału, niska sprzedaż itp.,
- 4) w sytuacjach, gdy zmienność czynników ryzyka i ich wielość uniemożliwia stosowanie klasycznego podejścia.

Można powiedzieć, że modele klasyczne zawodzą w sytuacji niedostatecznej, niepełnej wiedzy decydenta o rzeczywistości oraz ludzkich preferencji. Współczesna literatura dostarcza teoretycznych narzędzi, za pomocą których można opisać niepewność, a więc i ryzyko takich sytuacji. Znałe klasyczne metody matematyczne, wykorzystujące klasyczną teorię zbiorów i logikę dwuwartościową, nie były w stanie nie tylko rozwiązać, ale nawet precyzyjnie opisać tego typu problemów.

Niepewność, a więc i ocena ryzyka, zależna jest również od stopnia zaufania do formułowanych przez decydenta opinii, pomysłów, rozwiązań itp. Eksperymentowanie, testowanie potencjalnych efektów podejmowanych decyzji na żywym organizmie, jakim jest przedsiębiorstwo, jest trudne i kosztowne, a często wręcz niemożliwe. Stąd też współczesne teorie skupiają uwagę na konstruowaniu odpowiednich modeli, które wspomagają decyzje menedżerów, pozwalając im niejako „podglądać” efekty ich decyzji. Głównym celem modelowania jest zrozumienie, w jaki sposób funkcjonuje przedsiębiorstwo, a także przeanalizowanie jego działania oraz zaproponowanie możliwych usprawnień. Mając na uwadze wielość zjawisk powodujących ryzyko działalności organizacji, a więc i w pewnym sensie wielowymiarowość ryzyka, coraz częściej mówi się o zastosowaniu technologii IT do pomiaru ryzyka, a raczej do budowania systemów zarządzania ryzykiem.

## 2. Źródła ryzyka w działalności gospodarczej

Ryzyko jest atrybutem wszelkiej działalności, a w szczególności działalności gospodarczej. Występuje ono zawsze. Niepewność jest cechą rzeczywistości oznaczającą niemożliwość dokładnego określenia przyszłych zdarzeń. Jej źródłem są czynniki obiektywne, wynikające ze zmienności

i złożoności sytuacji oraz subiektywne, wiążące się z procesami umysłowymi osób. Każda organizacja działa w określonym otoczeniu. Działalność organizacji oczywiście wpływa na otoczenie, ale przede wszystkim otoczenie wpływa na działalność organizacji.

### 2.1. Podział źródeł ryzyka

Źródła niepewności towarzyszące decyzjom menedżerskim mogą mieć charakter zewnętrzny, kiedy dotyczą otoczenia spółki i wewnętrzny, kiedy dotyczą decyzji podejmowanych przez zarządy spółek (rys. 1).

W literaturze przedmiotu, a także w praktyce, źródła ryzyka dzieli się na dwie główne kategorie: makroekonomiczne i mikroekonomiczne. Źródła te powodują, że czynników ryzyka poszukuje się w otoczeniu bliższym i dalszym oraz w samym przedsiębiorstwie (rys. 2).

Otoczenie makroekonomiczne jest wspólnym mianownikiem dla wszystkich przedsiębiorstw działających na rynku danego kraju, danej gospodarki. Ocena ryzyka działalności określonego przedsiębiorstwa zależy od oceny ryzyka prowadzenia działalności gospodarczej w określonej gospodarce.

Uwzględnianie ryzyka w decyzjach menedżerskich rozumie się jako podejmowanie działań mających na celu rozpoznanie, ocenę i sterowanie ryzykiem oraz kontrolę podjętych działań. Celem tych działań jest ograniczanie ryzyka oraz zabezpieczanie się przed jego skutkami (rys. 3).

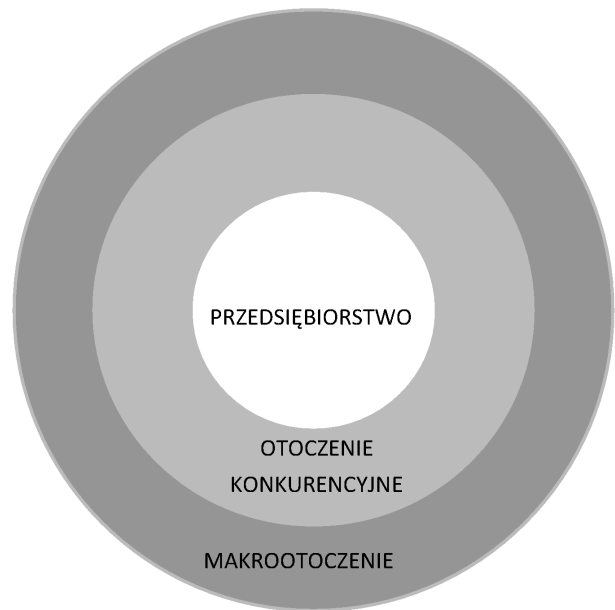
Celem rozpoznania – identyfikacji – jest określenie rodzajów ryzyka, które wiążą się z rozważaną działalnością. Ich prawidłowe rozpoznanie jest o tyle istotne, że umożliwia inwestorowi podjęcie działań mających na celu zabezpieczenie się przed nimi lub ich ograniczenie.

Oceny ryzyka dokonuje się stosując różne mierniki. Ich wybór zależy od rodzaju ryzyka, jakie podlega ocenie. Dzięki kwantyfikacji, możliwe jest wskazanie tych czynników ryzyka, na które należy zwrócić szczególną uwagę.

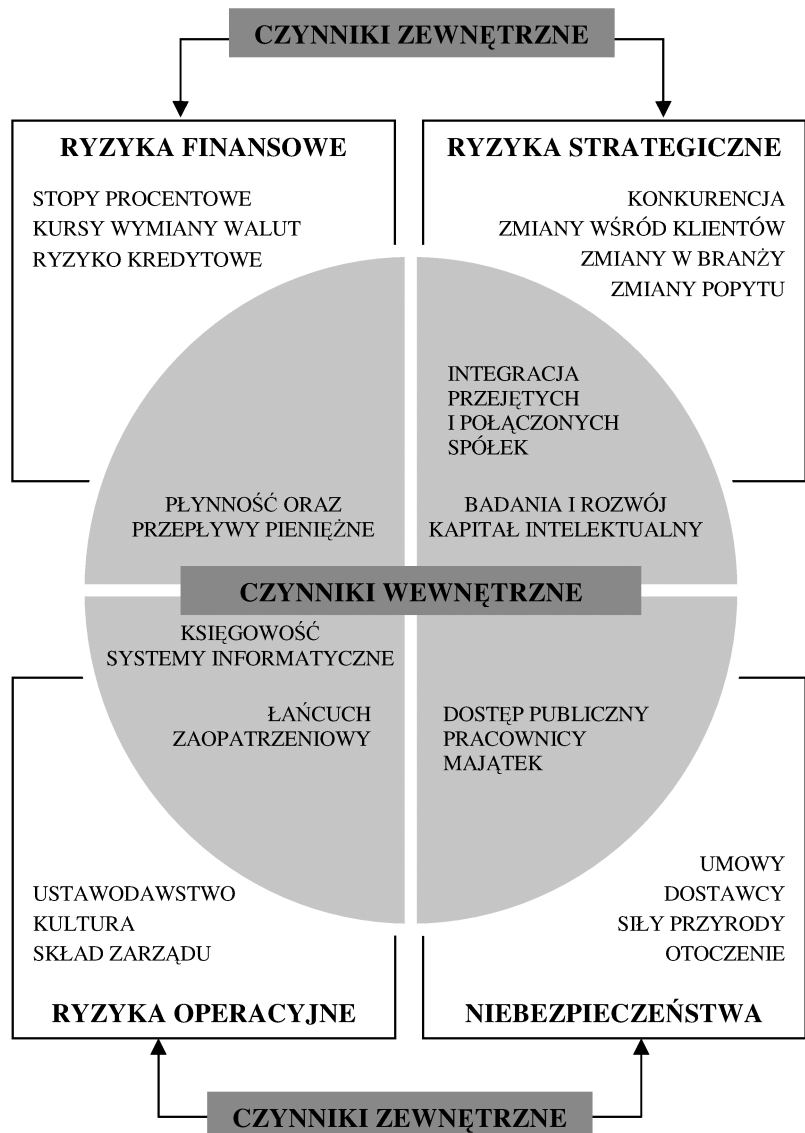
Zarządzanie ryzykiem chroni i zwiększa wartość organizacji dla udziałowców (akcjonariuszy), gdyż przyczynia się do realizacji celów organizacji.

### 2.2. Makroekonomiczne źródła ryzyka

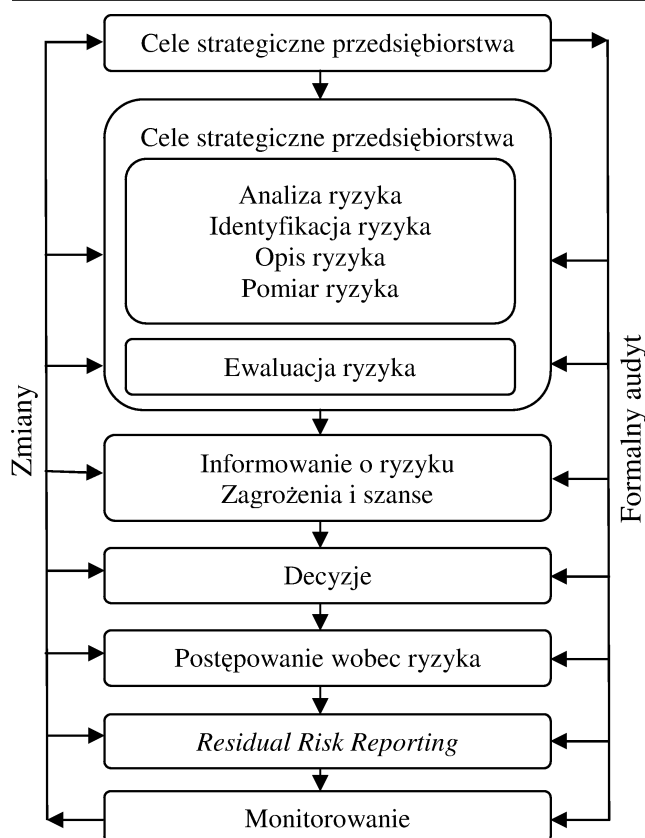
Makrootoczenie może być zdefiniowane jako zbiór warunków funkcjonowania przedsiębiorstwa; zaś tworząc strukturę tzw. otoczenia dalszego, tym odróżnia się od otoczenia bliższego (konkurencyjnego), że podmiot gospodarujący nie ma na nie zasadniczego wpływu – nie może zmienić warunków dyktowanych przez to dalsze środowisko [9]. Cechą charakterystyczną dla otoczenia dalszego jest brak możliwości jednoznacznego stwierdzenia na drodze jego analizy, który z jego segmentów i w jakim stopniu jest istotny dla przedsiębiorstw nawet z tej samej branży. Oczywiście siłą wpływu pewnych czynników, np. z otoczenia prawnego



Rys. 1. Struktura otoczenia przedsiębiorstwa



Rys. 2. Wewnętrzne i zewnętrzne czynniki ryzyka [6]



Rys. 3. Proces zarządzania ryzykiem [6]

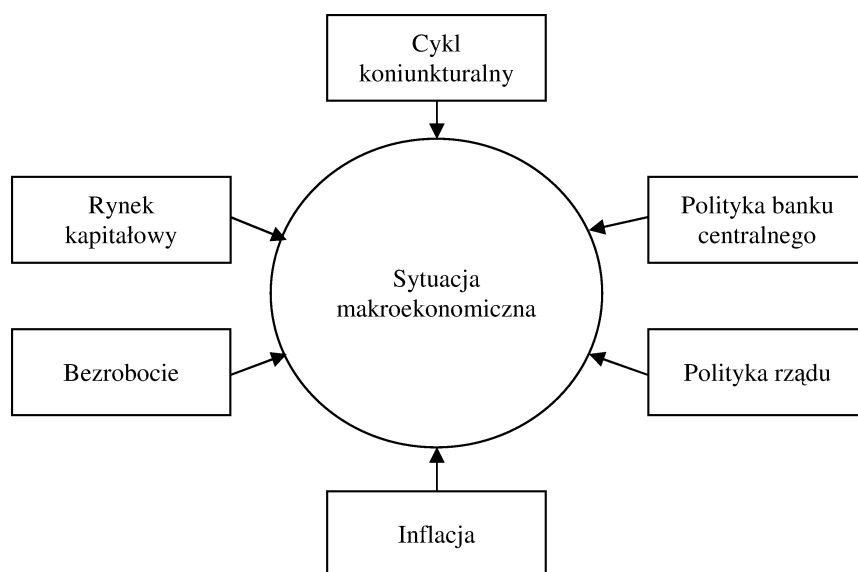
regulacji ustawowych lub z makroekonomicznego poziomu stopy procentowej wyznaczającej koszt finansowania działalności, można wyznaczyć jednoznacznie dla wszystkich spółek z danej branży, jednak interpretacja istotności większości zjawisk i trendów otoczenia dalszego jest kwestią subiektywną i zależną wyłącznie od sposobu ujęcia jego analizy przez kadrę zarządzającą danego konkretnego przedsiębiorstwa. Oznacza to tyle, że podczas gdy wpływ czynników otoczenia bliższego wyznaczającego warunki konkurowania na własnym rynku oraz czynników otoczenia dalszego z segmentu prawnego i ekonomicznego jest jednoznacznie interpretowany przez spółki z danej branży, to jednak sposób i zakres odczytywania większości potencjalnych oddziaływań innych wymiarów makrootoczenia jest znacząco różny dla każdej spółki z osobna. O istotności tego zjawiska może świadczyć fakt, że największe sukcesy, ale i porażki, osiągnane przez indywidualne przedsiębiorstwa rodziły się z odmiennego ujmowania i w ogóle dostrzegania zjawisk oraz tendencji z własnie otoczenia dalszego. Analiza wyodrębnionego według kryterium możliwości oddziaływania na nie otoczenia dalszego powinna opierać się o identyfikację największych szans i zagrożeń związanych z funkcjonowaniem w makrootoczeniu.

Elementy otoczenia dalszego, co pokazano na rysunku 4., w istotny sposób wpływają na postrzeganie ryzyka działalności przedsiębiorstwa, a tym samym wartości przedsiębiorstwa przez potencjalnych inwestorów. Mowa tutaj głównie o ryzyku politycznym oraz ryzyku gospodarczym, a nawet i ryzyku katastrofy. Częste zmiany rządu, a nawet ustroju politycznego, niepokoje społeczne, konflikty międzynarodowe, a nawet i konfrontacje zbrojne powodują, iż działalność przedsiębiorstwa w takim środowisku jest o wiele bardziej skomplikowana i obciążona większym ryzykiem. Z tego też powodu inwestorzy starają się unikać ryzykownych decyzji, co stanowi kolejną trudność firm działających na danym obszarze.

Nieprzewidywalne zmiany otoczenia dalszego powodują, że potencjalny inwestor odczuwa większą niepewność. Niezależnie od zastosowanej konkretnej metody analizy otoczenia dalszego, jej wynikiem powinna być umiejętność odpowiedzenia na pytanie, które ze zidentyfikowanych zdarzeń czy trendów stanie się zagrożeniem dla efektywnego działania przedsiębiorstwa, a które ma potencjał wywarcia korzystnego wpływu (stanowi szansę) – ostatecznym celem zaś unikanie tak wyznaczonych zagrożeń oraz próba wykorzystywania szans. Dokonana analiza będzie tym bardziej wartościowa, gdy zauważone zostaną okazje niezidentyfikowane jeszcze przez konkurencję, a pozorne zagrożenia w największym możliwym stopniu zamienione na szansę [16].

Tym samym, analizy strategicznej przedsiębiorstwa na poziomie makrootoczenia dokonać można, oceniając jak przedsiębiorstwo broni się przed zidentyfikowanymi zagrożeniami oraz wykorzystuje określone szanse – czy dopasowuje programy swoich działań, i jak skutecznie, do zidentyfikowanych przez analityka trendów i procesów otoczenia dalszego.

Analiza makroekonomiczna pozwala określić najważniejsze wydarzenia na świecie, w Europie oraz w Polsce, które mogą w bezpośredni lub pośredni sposób wpływać na działalność analizowanej spółki. Poza tym, zgromadzenie takich informacji pozwala na dokładniejszą charakterystykę

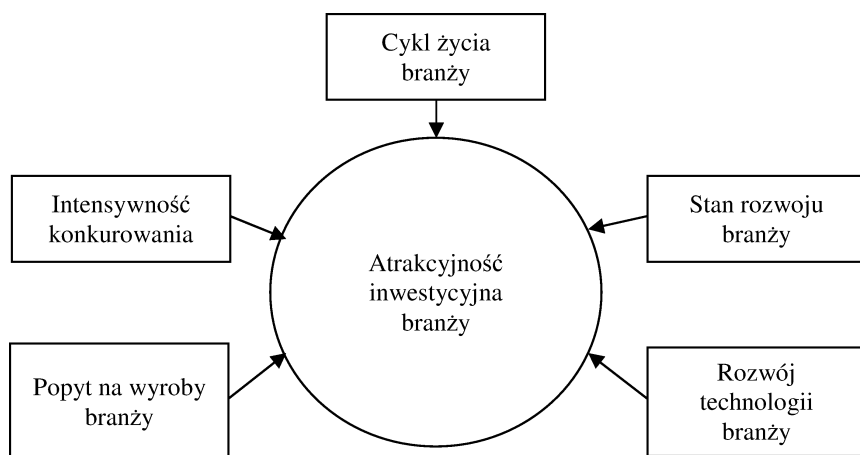


Rys. 4. Elementy otoczenia dalszego

sektora, gdyż w ten sposób można wyróżnić zdarzenia i prawidłowości, które dotyczą jedynie opisywanej branży, a nie są pochodną sytuacji gospodarczej w kraju.

### 2.3. Źródła ryzyka – otoczenie bliższe

Otoczenie bliższe, zwane również celowym, sektorowym bądź konkurencyjnym, ma charakter akcentujący grupy tzw. aktorów makrootoczenia – konkurencję, klientów, kontrahentów itp. (rys. 5).



Rys. 5. Elementy otoczenia bliższego

W wielu sytuacjach zdarza się, że sama przynależność spółki do „modnej” branży, nawet przy mało obiecujących perspektywach rozwojowych samej spółki, może przyczynić się do wzrostu jej notowań. Najwyraźniejszym przykładem tego zjawiska była hossa informatyczno-internetowa, która na polskim rynku wystąpiła najintensywniej na przełomie lat 1999 i 2000, i podczas której poziomy notowań spółek należących do tej branży przekraczały wszelkie uważane za rozsądne – z punktu widzenia klasycznej analizy fundamentalnej – poziomy cenowe. Dla zilustrowania skali względnego przewartościowania spółek informatycznych i internetowych w tabeli 1 przedstawiono poziom notowań indeksu technologicznego Tech WIG oraz głównego indeksu dużych spółek WIG 20 w dwóch momentach – szczytu hossy w roku 2000 oraz w roku 2003.

Spółki z branży informatycznej były w roku 2000 notowane z ogromną premią, o której skali świadczy relacja wielkości późniejszych spadków. Przykład ten wskazuje, jak ważne jest zidentyfikowanie relatywnej siły danej branży względem całego rynku (rys. 6). Jeśli notowania branży znajdują się znacznie poniżej notowań indeksu, wówczas nawet najbardziej optymistyczna ocena perspektyw samej spółki musi być traktowana z dużą ostrożnością, gdyż należy się liczyć z faktem, że notowania jej będą zaniżone ze względu na przynależność branżową. Analogiczne wnioski

	13.03.2000	04.04.2003	Zmiana	X. 2007
<b>WIG20</b>	2346	1132	- 51 %	3897
<b>TechWIG</b>	2559	406	- 84 %	1100

Tab. 1. Notowania indeksów WIG20 i TechWIG w latach 2000-2003

– potwierdzające atrakcyjność inwestycji w akcje danej spółki – płyną z lepszego od szerokiego rynku zachowania się indeksu badanej branży.

Ostrożności wymaga jednak ekstrapolacja zidentyfikowanych trendów na przyszłość – zwłaszcza w przypadku kierowania się analizą fundamentalną, określając swój horyzont inwestycyjny jako długoterminowy. Również istotnym zagadnieniem jest zgodność zachowania się notowań poszczególnych spółek działających w danej branży. W idealnej sytuacji – gdyby korelacja kształtowania się notowań spółek była bliska jedności, wówczas analiza samych spółek nie byłaby w ogóle potrzebna. Jednakże – zwłaszcza w przypadku inwestycji długoterminowych – indywidualne warunki poszczególnych spółek mają decydujący wpływ na notowania ich akcji na giełdzie. Analiza notowań branży pełni więc tutaj funkcję pomocniczą.

Znaczenie analizy branży należy także wyskalować, mierząc wewnętrzne rozbieżności w notowaniach akcji poszczególnych spółek i w zależności od stopnia korelacji pomiędzy nimi opierać się w mniejszym lub większym stopniu na analizie branży. Fakt istnienia mniejszego lub większego powiązania pomiędzy spółkami z jednej branży jest jednak na tyle dobrze uzasad-

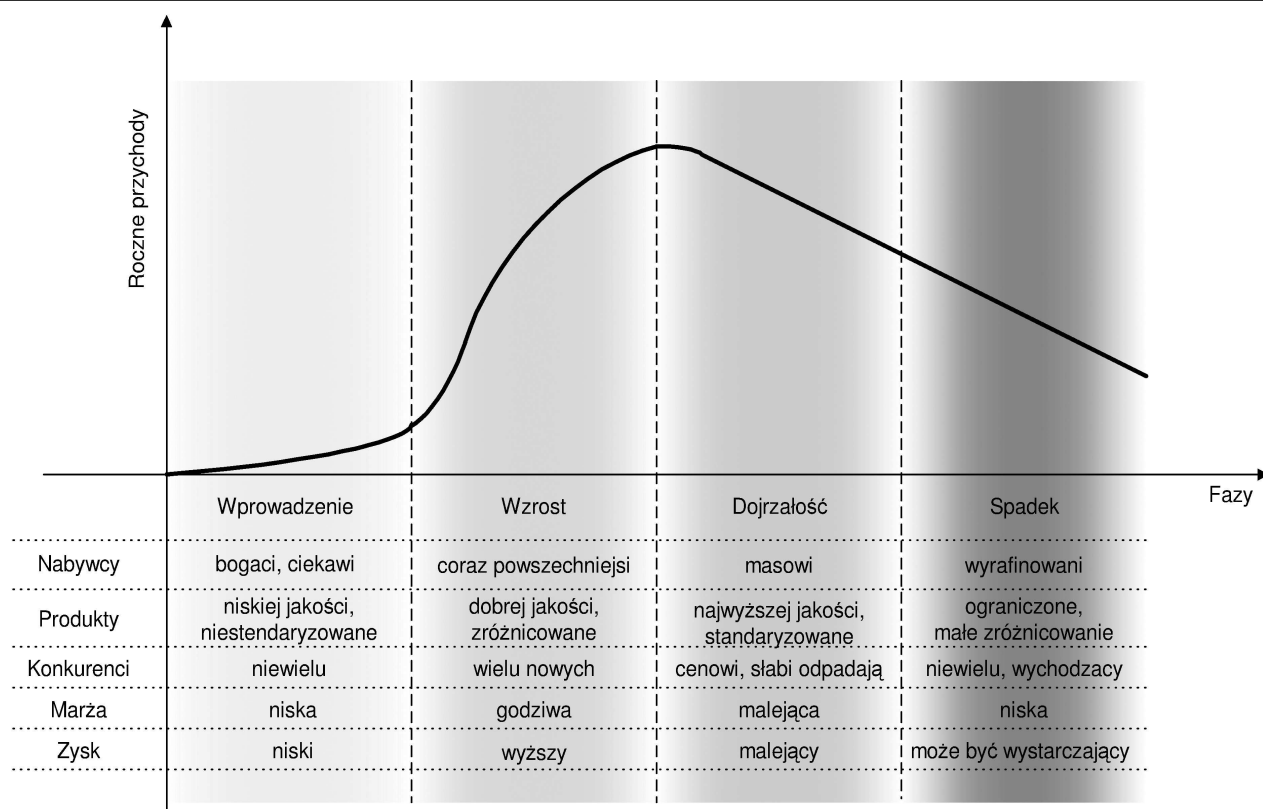
niony, że analiza branży jest wartościowym elementem analizy fundamentalnej – nawet w przypadku, gdy powiązania te nie są zbyt silne. Łatwiej jest bowiem znaleźć spółkę o obiecujących perspektywach, w dobrze notowanej branży, dla której przewiduje się pomyślne perspektywy. Wybierając akcje najlepszych spółek z branży, co do której oczekujemy dobrej koniunktury, możemy uniknąć ryzyka, że oczekiwana stopa zwrotu z akcji tej spółki znajdzie się pod negatywnym wpływem złej kondycji całej branży. Analiza otoczenia, jako dokonywana w ramach analizy fundamentalnej, podporządkowana jest w swoim zakresie identyfikacji mierzalnych czynników wpływających na determinującą wartość spółki przyszłą sytuację finansową i ekonomiczną – w szczególności determinujących przyszłe obroty osiągane przez przedsiębiorstwo (wartość sprzedaży wraz z wyznaczoną uzasadnioną tendencją jej prognozowanych zmian przekładających się na zmiany udziału w rynku), a także możliwości dyktowania odpowiedniego poziomu cen.

### 2.4. Wewnętrzne źródła ryzyka

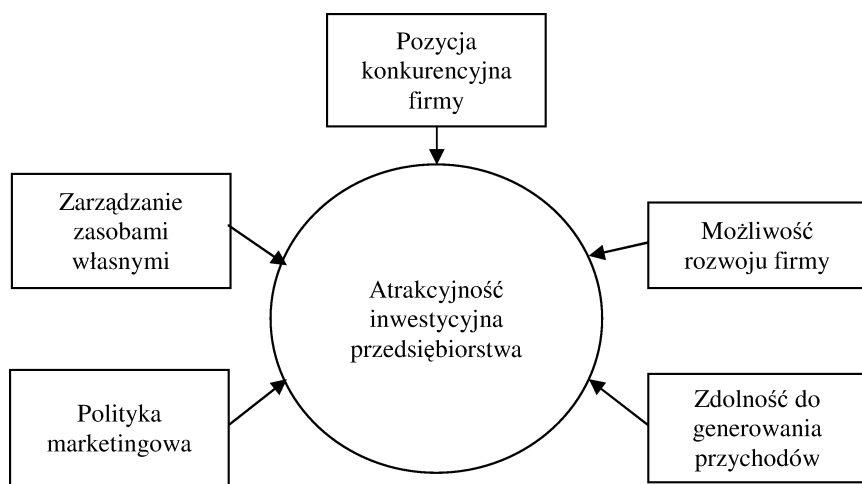
Wewnętrzne źródła wartości przedsiębiorstwa, ale także ryzyko jego działalności, są ściśle powiązane z realizowanymi funkcjami rzeczowymi, kapitałem organizacyjnym i funkcjami zarządzania przedsiębiorstwa (rys. 7).

Określenie źródeł ryzyka i metod jego redukcji wymaga przeprowadzenia analizy badanego przedsiębiorstwa w dwóch aspektach:

- 1) analiza sytuacyjna przedsiębiorstwa,
  - 2) analiza kondycji finansowej przedsiębiorstwa.
- Analiza sytuacyjna ma na celu określenie pozycji firmy na rynku, jej zdolności konkurencyjne oraz



Rys. 6. Cykl życia sektora



Rys. 7. Elementy analizy przedsiębiorstwa

w takim ujęciu może być dokonywana przez systematyczny opis zasobów i ich wpływu na ostateczną ekonomiczną efektywność działania (stworzenie bilansu strategicznego przedsiębiorstwa), albo skupieniem się tylko na wyodrębnionych – najważniejszych według metody analizy – kluczowych czynnikach sukcesu [9]. Po dokonaniu, w ramach analizy branży, opisu potencjalnej atrakcyjności branży według modelu Portera, można dokonać rozpatrzenia sposobu przystosowania się spółki do danej intensywności konkurencji w sektorze zakresie i konsekwencji stosowania jednej z dwóch zasadniczych strategii konkurencji również opisanych przez Portera.

możliwości rozwojowych. W tym celu warto skupić się na takich zagadnieniach jak:

- macierz BCG,
- macierz SWOT,
- jakość zarządzania,
- polityka rozwojowa,
- majątek spółki i jego struktura,
- inne czynniki wpływające na konkurencyjność na rynku.

Analiza sytuacyjna spółki ma za zadanie ocenę jej funkcjonowania w oparciu o własne zasoby, możliwości konkurowania na rynku i czynniki tworzące przewagę konkurencyjną. Szczególnie z perspektywy oceny potencjału strategicznego przedsiębiorstwa, perspektywa zasobowa jest szczególnie podkreślana przy opisie sytuacji spółki – analiza

### 3. Implementacja systemów agentowych

System wieloagentowy to system składający się z niezależnych komponentów programowych, zwanych agentami, przeznaczonych do wspólnego rozwiązywania postawionych problemów, będących poza zasięgiem możliwości obliczeniowych pojedynczych agentów. Systemy inteligentnych agentów znajdują szerokie zastosowania, począwszy od automatyzacji i kontroli procesów produkcyjnych, poprzez zarządzanie aplikacjami internetowymi, a skończywszy na analizie danych ekonomicznych i finansowych.

Technologie agentowe od kilkunastu lat stanowią rozległy obszar prac, których celem jest budowa inteligentnych, autonomicznych systemów, wspomagających człowieka

w rozwiązywaniu problemów rozproszonych lub złożonych obliczeniowo, takich jak wyszukiwanie informacji w sieci WWW lub zarządzanie produkcją.

Kolejną z dziedzin, w których możliwe jest zastosowanie systemów wieloagentowych, jest zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwie. Jednym ze źródeł ryzyka, które pojawia się w przedsiębiorstwie są decyzje inwestycyjne, które towarzyszą na co dzień dynamicznie rozwijającemu się przedsiębiorstwu. W celu zminimalizowania ryzyka, na które narażone jest przedsiębiorstwo, potrzeba właściwego zarządzania nim. W proponowanym modelu ryzykiem w przedsiębiorstwie zarządza system wieloagentowy.

### 3.1. Architektura systemów wieloagentowych

Badania nad systemami agentowymi zostały zapoczątkowane w latach 80. ubiegłego wieku, jednak dopiero na początku lat 90. nastąpił ich rozkwit. Pojawiło się w tym czasie wiele prac badających bliżej agentów i systemy wieloagentowe. Wielu autorów próbowało wtedy stworzyć definicję podstawowej jednostki systemu wieloagentowego, czyli agenta. Ze względu na brak standardów, do dnia dzisiejszego nie ma zgodności, co do definicji agenta. Jednak po wnikliwej analizie literatury tematu można wywnioskować, iż agent powinien charakteryzować się następującymi cechami [12]:

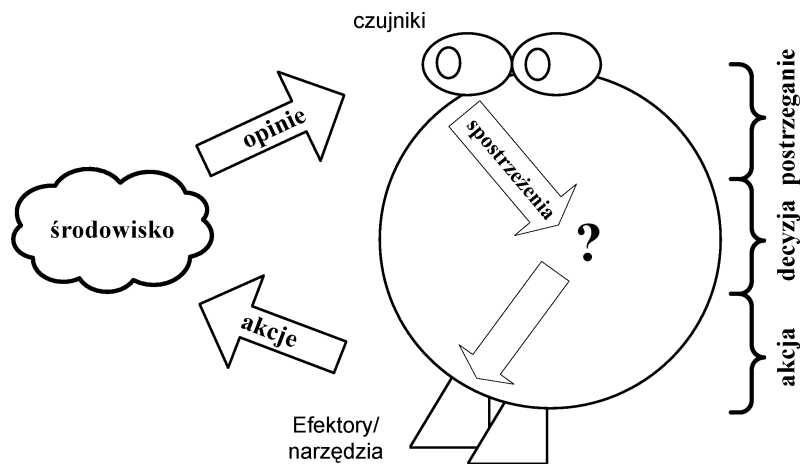
- autonomiczność (zdolność podejmowania samodzielnych decyzji);
- komunikatywność (umiejętność komunikacji z innymi agentami i użytkownikami);
- percepcja (zdolność do postrzegania i reagowania na zmiany środowiska);
- zdolność do wykorzystywania wiedzy;
- tolerancyjność na błędy, złe wejścia (*input*);
- zdolność do używania symboli i abstrakcji;
- zdolność do adaptacji w celu osiągnięcia celu;
- zdolność do uczenia się;
- zdolność do przeprowadzania operacji w czasie rzeczywistym;
- zdolność do komunikacji w języku naturalnym.

Największą wagę spośród wszystkich posiadanych przez agenta cech przykłada się do autonomiczności. Cecha ta odpowiada przede wszystkim za samodzielność agenta i pozwala mu samodzielnie realizować powierzone mu zadania. Niezależnie od tego, czy agent w mniejszym, czy też większym stopniu współdziała ze środowiskiem, czy realizuje mniej lub więcej skomplikowanych, czy też prostych zadań, najważniejsza jest jego niezależność i samodzielność. Dzieje się tak, ponieważ najczęściej agenci wykonują prace bardzo złożone i żmudne. Równie ważną cechą jest uczenie się. Każdy agent powinien posiadać tę zdolność, gdyż jest ona konieczna, aby spełniona została wcześniej wspomniana cecha, jaką jest autonomiczność. Bez możliwości uczenia się agent nie potrafiłby podjąć samodzielnie decyzji.

Kolejnym istotnym elementem, który jest niezbędny do prawidłowego działania agenta, jest środowisko, w którym działa agent. Zatem podsumowując dotychczasowe rozwa-

żania, w pełni sprawnie działającego agenta otrzymujemy dopiero po połączeniu dwóch elementów, tj. programu i środowiska (otoczenia), w którym ten program działa.

Agenci w odpowiedzi na bodźce zewnętrzne, które pochodzą ze środowiska podejmują decyzje, które mają wpływ na to środowisko (rys. 8). Interakcje zwykle trwają nieustannie, co wynika z kolejnej cechy agenta, czyli ciągłości.



Rys. 8. Agent w swoim środowisku [18, s. 32]

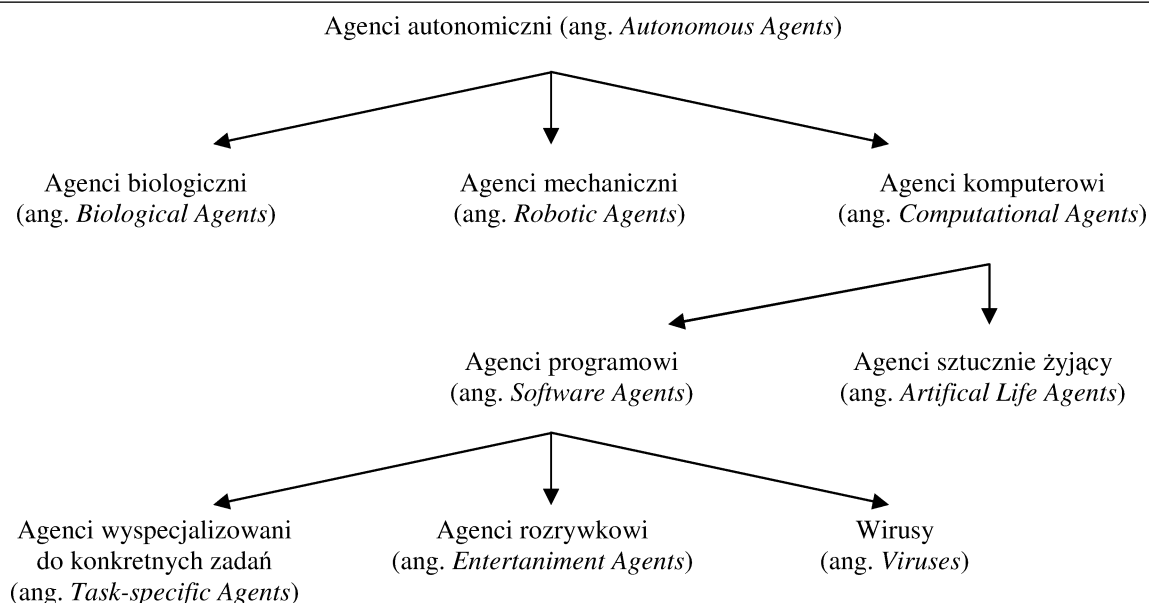
Analizując powyższe informacje, można powiedzieć, że agent składa się z procesów i działań rozciągniętych w czasie. Na podstawie powyższej analizy można stwierdzić również, iż niektóre z właściwości posiadanych przez agenta mogą świadczyć o roli, jaką posiada agent. W ten sposób można dokonać podstawowej klasyfikacji agentów. Jak słusznie zauważyli w swojej pracy S. Franklin i A. Graesser [8, s. 6], każdy agent, którego określa założona w pracy definicja, charakteryzuje się czterema podstawowymi cechami. Przydzielanie agentowi cech dodatkowych powoduje wyspecjalizowanie się agenta w konkretnym kierunku. Oczywiście jest to tylko jeden ze sposobów klasyfikacji i nie wyklucza on innych istniejących.

Dla przykładu, jak podają S. Franklin i A. Graesser, Jose C. Brustoloni w swojej pracy z 1991 roku, zatytułowanej *Autonomous Agents: Characterization and Requirements* dzieli agentów programowych na trzy podstawowe kategorie:

- Agenci regulacyjni (ang. *regulation agents*).  
Jest to rodzaj agentów, którzy tylko regulują. Nie uczą się, ani nie planują.
- Agenci planujący (ang. *planning agents*).  
Można wyróżnić tutaj:
  - agentów rozwiązujących problem,
  - agentów działających w oparciu o podobne przypadki,
  - agentów działających w oparciu o działalność badawczą.
- Agenci adaptacyjni (ang. *adaptive agents*).

Są to agenci, którzy nie tylko planują, ale również uczą się. Innym przykładem klasyfikacji agentów, zaprezentowanym przez S. Franklina i A. Graessera jest podział przedstawiony na rysunku 9.

Najlepiej rozwiniętą grupą wśród powyższych agentów są agenci programowi, ponieważ są oni wysoko wyspecjalizowani i posiadają rozbudowane oprogramowanie. Pierwsza grupa z ww. wymienionych agentów programowych,



Rys. 9. Klasyfikacja agentów [8, s. 7]

to agenci, którzy są wyspecjalizowani w wykonywaniu konkretnych zadań narzuconych im przez projektantów. Druga grupa agentów to agenci rozrywkowi, którzy służą najczęściej do współdziałania z użytkownikiem tego oprogramowania. Ostatnią zaprezentowaną klasą są wirusy. Każdy wcześniej opisany rodzaj agenta programowego charakteryzuje się mobilnością, możliwością powielania się oraz wykonywania zleconych przez projektanta zadań. Zatem każdy agent programowy jest potencjalnym wirusem. Jeśli do tych trzech podstawowych cech dodamy jeszcze fakt, iż agent posiada ogromną wiedzę na temat użytkownika komputera i potrafi ją zaprezentować projektantowi, to taki agent stanowi zagrożenie.

Obok grupy agentów programowych, cały czas rozwijają się również sztucznie żyjący agenci. Wracając do cech, jakie posiadają agenci, to w zależności od sposobu postrzegania środowiska, rodzaju ingerencji w to środowisko oraz możliwości podejmowania decyzji możemy podzielić agentów na cztery podstawowe podgrupy [5, 17]:

- agenci reaktywni (ang. *reactive agents*),
- agenci intencjonalni (ang. *intentional agents*),
- agenci socjalni (ang. *social agents*),
- agenci BDI (BDI – ang. *beliefs-desires-intentions agents*).

Podziału tego jako pierwsi dokonali B. Moulin i B. Chaib-Draa [15]. Jednak wyróżnili oni tylko trzy pierwsze typy. Jeśli chodzi o agentów BDI, to w 1987 r. jako jeden z pierwszych pisał o nich M. Bratman w pracy zatytułowanej *Intentions, Plans and Practical Reason* [1].

Pierwsza grupa agentów to agenci reaktywni. Jest to najprostszy rodzaj agenta, który charakteryzuje się reagowaniem na zmiany zachodzące w środowisku lub na bodźce pochodzące od innego agenta. Ten typ agenta nie potrafi planować, ani wnioskować. Podejmuje on decyzję na podstawie zapisanych w pamięci procedur (reguł). Do zalet systemu bazującego jedynie na tego typu agentach na pewno należy zaliczyć dużą skuteczność, jednak możliwą tylko wtedy, gdy zjawisko badane przez agenta jest bardzo dobrze opisane i nie za bardzo skomplikowane. Jednak zaleta

ta stanowi również dla systemu ograniczenie, gdyż agent reaktywny nie ma możliwości adaptacji w nowych warunkach. Gdy w otoczeniu powstanie nieprzewidziana wcześniej sytuacja, agent nie będzie posiadał schematu działania i nie będzie w stanie poradzić sobie z nową sytuacją. Związane jest to z podstawowymi cechami tego agenta, czyli brakiem możliwości planowania i wnioskowania. Można więc pokusić się o stwierdzenie, że im większe skomplikowanie otoczenia, w którym działa agent reaktywny, tym mniejsze szanse na rozwiązanie przez niego problemu. Jako przykład agenta reaktywnego można podać tutaj programy sprawdzające pisownię.

Kolejną grupą agentów są agenci intencjonalni. Ten rodzaj agentów jest dużo bardziej rozbudowany niż wcześniej opisywany agent reaktywny. W odróżnieniu od tego pierwszego, agent intencjonalny potrafi wnioskować i planować. Co więcej, potrafi samodzielnie wyznaczać sobie cel, a następnie stworzyć plan działania i wdrożyć go samodzielnie w życie. Jeśli w trakcie realizacji założonego planu w otoczeniu zajdą jakieś zmiany, agent potrafi dostosować się do nowych warunków i zmodyfikować już istniejący plan. Natomiast w sytuacji, gdy kiedyś zaistniała już podobna sytuacja, agent wyszukuje w swojej pamięci plan działania i wdraża go w życie. W systemie opartym na takich agentach następuje wymiana informacji pomiędzy nimi na temat swoich opinii, planów i celów. Jak widać ta klasa agentów została pozbawiona wad opisywanych wcześniej w agentach reaktywnych.

Trzecia grupa to agenci socjalni, którzy są rozszerzeniem agenta intencjonalnego. Zatem agent socjalny potrafi planować i wnioskować, ale również dodatkowo posiada szczegółowe modele innych agentów. Musi on zarządzać tymi modelami, tzn. jeśli zajdzie taka potrzeba, aktualizować ich schematy rozwiązania zadania, cele i plany. Dzięki takiemu działaniu w systemie zachodzi zdecydowanie mniej konfliktów między agentami. Jest to niewątpliwie bardzo duża zaleta.

Jak już wcześniej zostało wspomniane, czwarta grupa agentów po raz pierwszy opisana przez Bratman'a to agenci BDI.

Działanie agenta BDI jest bardzo podobne do działania agenta intencjonalnego. Agent BDI według definicji jest swego rodzaju „bytem” posiadającym swoje przekonania (ang. *beliefs*), ogólne cele (ang. *desires*), dla których został stworzony oraz intencje (ang. *intentions*), które są w porównaniu z pozostałymi cechami bardzo ulotne i zależne od sytuacji w otoczeniu. W swoich rozważaniach Bratman założył ograniczenie zasobów agenta. Według niego, agent nie może bez ustanku analizować sytuacji, w jakiej się znalazł. W pewnym momencie powinien podjąć decyzję i ją zrealizować.

Podsumowując wcześniejsze rozważania, agent składa się ze środowiska, w którym działa oraz z programu, na podstawie którego wiemy, z jakim typem agenta mamy do czynienia. Wyznaczenie granicy pomiędzy agentem a otoczeniem, w którym on działa, jest bardzo trudne, dlatego traktuje się je jako całość. Podstawowa zasada mówi nam, że dobrze działający program składa się z modułu przetwarzającego dane wejściowe, które następnie analizuje, tworzy plan działania i wdraża go. Środowisko, w którym działa agent to cały obszar, w jakim dochodzi do realizacji planów i założonych celów agenta. Jeśli na środowisko popatrzymy od strony agenta to możemy podzielić je na [3]:

- Środowisko dalsze – znajdujące się w zasięgu agenta. Agent w takim środowisku jest obserwatorem, jednak może zostać zmuszony do wykonania innych działań.
- Środowisko bliższe – jest to część środowiska dalszego, która znajduje się w zasięgu metod postrzegania agenta.
- Otoczenie – to część środowiska bliższego, którą agent może modyfikować.
- Sąsiedztwo – to część otoczenia, w której agent ma większe uprawnienia niż inni agenci.
- Środowisko własne – to natomiast część sąsiedztwa, której właścicielem jest tylko jeden agent. Pozostali agenci mogą tę część modyfikować tylko za zgodą właściciela.

Postrzegając środowisko działania agenta ze względu na naturę rozwiązywanego problemu, możemy dokonać klasyfikacji na otoczenie dyskretne i otoczenie ciągłe. W przypadku otoczenia dyskretnego, to charakteryzuje się ono skończoną liczbą możliwych do przyjęcia stanów. Natomiast otoczenie ciągłe, jak wynika już z nazwy, zmienia się płynnie w czasie i może przyjąć nieskończoną liczbę stanów.

Agent może również postrzegać środowisko jako całkowicie lub częściowo obserwowalne. Dla właściwego funkcjonowania agenta chociaż część środowiska powinna być obserwowalna. Może także postrzegać środowisko jako deterministyczne lub jako stochastyczne. Jeśli środowisko zależy tylko od poprzedniego stanu i podjętej przez agenta akcji, to mówimy o środowisku deterministycznym. Jeśli natomiast w środowisku dochodzi do zakłóceń lub pojawia się element niepewności, to mamy do czynienia ze środowiskiem stochastycznym. W przypadku, gdy tylko część środowiska będzie deterministyczna, a pozostała część będzie stochastyczna, to agent uzna środowisko w całości za stochastyczne. Inną determinantą w klasyfikacji środowiska jest jego dynamika. Jeśli zmiany w środowisku wywoływane są tylko przez działanie agenta, to mówimy o środowisku statycznym. Natomiast, gdy środowisko wymusza na agencie podejmowanie szybkich decyzji, to środowisko

działania nazwiemy dynamicznym. Patrząc na złożoność środowiska, wyróżniamy środowisko proste i złożone. Tak analizując różne możliwe podziały, dochodzimy do podziału na system jedno- lub wieloagentowy. O środowisku wieloagentowym będziemy mówić, gdy agent działający w nim będzie w interakcji z innymi agentami, a na jego decyzje będzie miało wpływ zachowanie pozostałych agentów. Jak widać wybór środowiska i jego rodzaju jest bardzo istotny dla właściwego działania agentów. Zatem jeśli chcemy zastosować agentów do zarządzania ryzykiem podstawowym, kryterium właściwego działania takiego agenta jest stworzenie obserwowalnego, deterministycznego środowiska. Jeśli w trakcie projektowania środowiska pojawi się czynnik niepewności, należy go jak najszybciej zniwelować, gdyż może on stanowić dodatkowy czynnik zwiększający ryzyko niepowodzenia analizowanego projektu.

Podstawą dobrze funkcjonującego agenta jest jego komunikacja z otoczeniem. Polega ona przede wszystkim na wymianie komunikatów i posiadanej wiedzy pomiędzy agentami. Jak podają B. Dunin-Kępczyk i K. Ciesielski [5], języki komunikacji między agentami najczęściej oparte są na teorii aktu mowy (ang. *speechact theory*). Teoria ta została stworzona przez lingwistów, aby umożliwić formalne modelowanie komunikacji między ludźmi i została przyjęta jako podstawa do tworzenia języków komunikacji w systemach wieloagentowych. W teorii tej wyrażanie komunikatów postrzegane jest jako akcja, której wykonanie ma na celu spowodowanie pożądanej zmiany w świecie zewnętrznym (a więc tak, jak w przypadku tradycyjnie rozumianych akcji). Zwykle wykonawca takiej akcji ma na celu określoną zmianę stanu mentalnego u odbiorcy komunikatu. Akcje takie mogą odnieść porażkę, ponieważ odbiorca ma kontrolę nad swoim stanem mentalnym i, w ogólnym przypadku, nie musi reagować na komunikat nadawcy w oczekiwany sposób.

Istnieje kilka języków służących do komunikacji między agentami i są to między innymi: KQML, KIF, ACL, ABE, JADE. Najpopularniejszym językiem wykorzystywanym do komunikacji agentów jest KQML (ang. *Knowledge Query Manipulation Language*).

Bardzo ważnym elementem wykorzystywanym w systemach agentowych jest fakt, iż każdy z agentów działających w systemie, musi uczyć się na podstawie swojego doświadczenia. W związku z tym, system musi posiadać zdolność do zdobywania nowej wiedzy oraz potrafić w efektywny sposób wykorzystywać tę wiedzę. Gdy system do rozwiązania złożonego zadania zastosuje odpowiednie algorytmy, to otrzymany wynik będzie mógł stanowić rzetelną informację dla użytkownika. Sam wynik natomiast będzie bardzo wiarygodny.

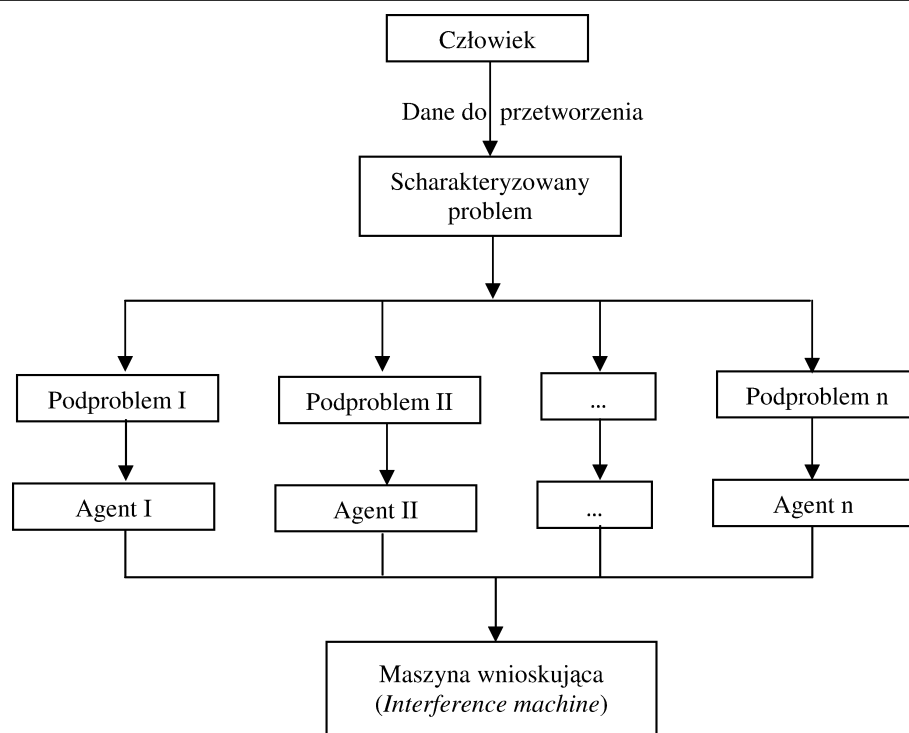
W literaturze tematu wyróżnia się dwa najistotniejsze czynniki, które pozwalają efektywnie wykorzystać zdolność uczenia się. Zalicza się do nich posiadaną wiedzę oraz nowe dane wejściowe. Istotne jest, aby pamiętać, że dla zaistnienia procesu uczenia się, poza wiedzą, za którą kryje się doświadczenie, oraz zmianą danych wejściowych, potrzebne są również autonomiczność i chęć poprawienia swojego myślenia. Jak widać każdy agent jest zdolny do uczenia się, gdyż posiada wszystkie te cechy. Tworząc systemy zdolne do uczenia się, w tym agentów, naukowcy wzorowali się oczywiście przede wszystkim na zachowaniach ludzkich.



Niezależnie od sposobu uczenia się, ze względu na swoją autonomiczność każdy agent, dzięki umiejętności przyswajania wiedzy, może działać samodzielnie. Oczywiście należy pamiętać, że nie da się wyeliminować czynnika ludzkiego, który występuje chociażby w momencie projektowania i tworzenia agenta. Jednak dobrze skonstruowany agent będzie w stanie w dalszej przyszłości działać całkowicie samodzielnie.

### 3.2. Model zarządzania ryzykiem z wykorzystaniem systemów wieloagentowych

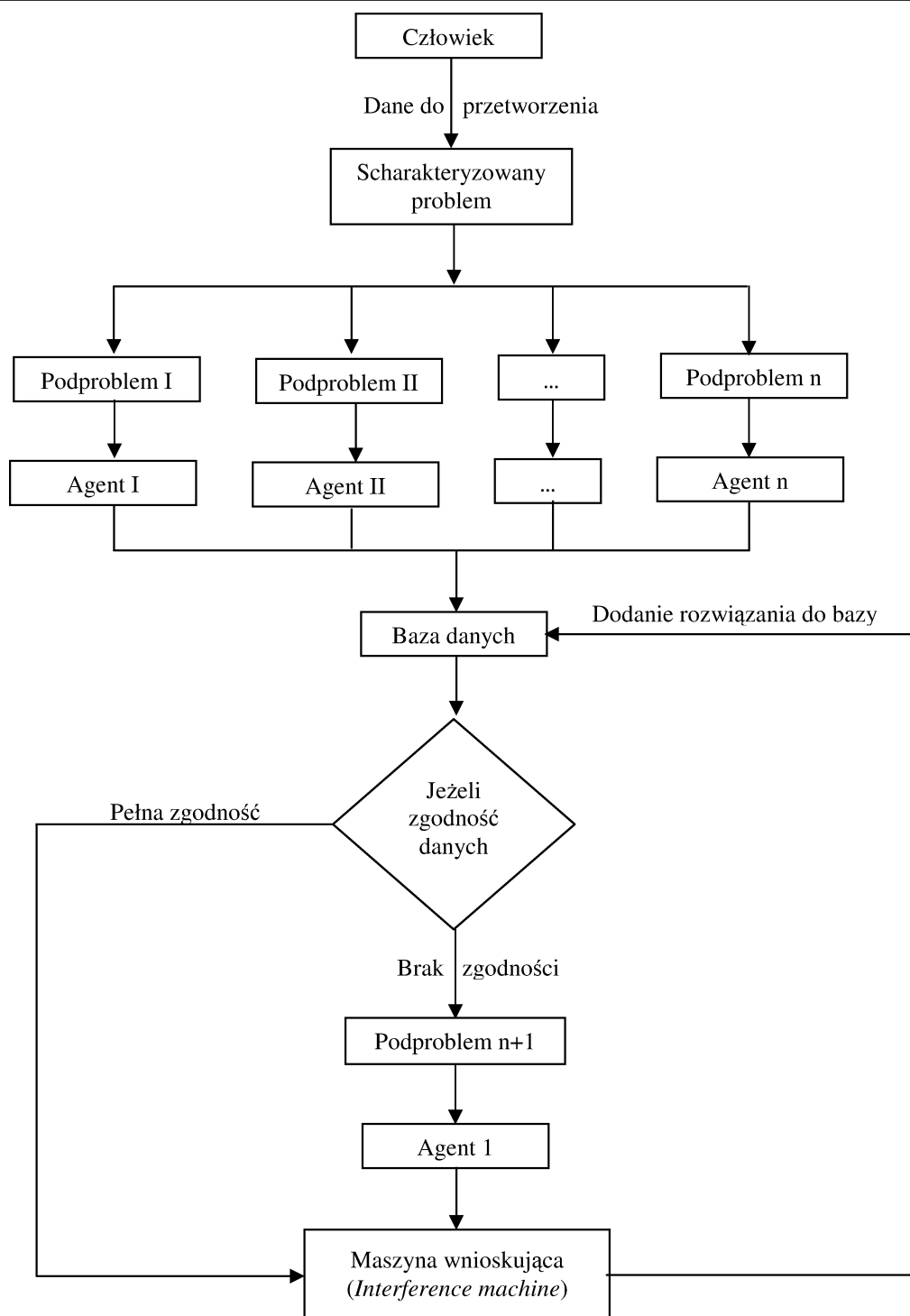
W celu stworzenia właściwie funkcjonującego systemu agentowego, potrzebne jest właściwe jego zaprojektowanie. W analizowanym modelu, gdzie system agentowy służy zarządzaniu ryzykiem, będzie się on składał z kilku agentów, z których każdy będzie specjalistą w swojej dziedzinie. Zatem w początkowym etapie należy rozłożyć analizowany przez system problem na mniejsze podproblemy. Jednak w tym celu należy zastanowić się nad tym, jakie dane wejściowe muszą zostać podane, aby rozwiązać problem. Innymi słowy, należy wiedzieć, jakie narzędzia będą zastosowane do zarządzania ryzykiem. Dzięki temu, będziemy w stanie określić dane, które musi znać system w celu analizy i oceny ryzykowej sytuacji. W związku z takim podejściem, najistotniejszym elementem systemu będzie zestaw właściwie zadanych pytań, na podstawie których podzieli on problem na mniejsze podproblemy. Po rozdzieleniu zadań na poszczególnych agentów, każdy z nich rozwiązywałby swoją część problemu. I tak, jeden agent zajmowałby się wyszukiwaniem w Internecie wskaźnika inflacji, drugi wyszukiwałby  $\beta$  itd. Następnie system z uzyskanych odpowiedzi poszczególnych agentów formułowałby odpowiedź końcową. I dalej, odpowiedź ta byłaby przesyłana użytkownikowi. Opisany powyżej model przedstawia rysunek 10. Jednak w zaprezentowanym na tym rysunku podejściu istnieje konieczność powtarzania czynności za każdym razem, gdy pojawi się problem. Podejście to nie jest w stanie zweryfikować sytuacji, która miała już miejsce wcześniej, dlatego jest to podejście bardzo czasochłonne. Jednak można ulepszyć system wprowadzając do niego bazę danych, która będzie służyła przechowywaniu wszystkich wcześniej analizowanych sytuacji. Dzięki temu, system będzie mógł zweryfikować, czy zaistniała sytuacja miała już kiedyś miejsce i w jaki sposób została rozwiązana. System wieloagentowy, w którym dodatkowym elementem jest wspomniana baza danych został przedstawiony na rysunku 11. Jeśli system natrafi na identyczną sytuację, czyli napotka praktycznie identyczny zestaw odpowiedzi na zadane wcześniej pytania dotyczące ryzyka, to od razu ma rozwiązanie analizowanego problemu, które przechowywane jest w bazie danych. W przypadku, gdy jednak w bazie nie



Rys. 10. Schemat działania systemu wieloagentowego bez bazy danych [10]

istnieje identyczny przypadek, podobnie jak w przypadku systemu bez bazy danych, agenci rozwiązują poszczególne części problemu, a maszyna wnioskująca daje nam odpowiedź. Decydent w momencie otrzymania gotowej odpowiedzi może zdecydować, czy podjąć ryzyko, czy też nie. Zastosowanie systemów agentowych w zarządzaniu ryzykiem pozwala na użycie wielu metod i narzędzi zarządzania ryzykiem. Może zdarzyć się sytuacja, w której dwie lub więcej metod daje różne odpowiedzi, czyli według jednej metody ryzyko należy podjąć, natomiast druga metoda mówi, że nie. Wtedy osoba zarządzająca ryzykiem musi samodzielnie podjąć decyzję. Jednak, jeśli skutki tej decyzji zostaną zapisane do bazy danych, to w przyszłości ktoś inny korzystający z systemu będzie widział, czy decyzja była trafna, czy też nie, i jakie były jej konsekwencje. Dzięki takiej wymianie informacji, użytkownicy systemu mogą skorzystać z doświadczenia swoich kolegów z branży, natomiast system na podstawie analizy sytuacji będzie uczył się podejmować ryzyko samodzielnie. Związane jest to z zasadami działania systemów agentowych. Na początku jest on systemem doradczym, który prezentuje rozwiązanie. Natomiast użytkownik może odrzucić i zażądać innego rozwiązania. Jednak w miarę upływu czasu agenci uczą się na podstawie swojego doświadczenia i stają się samodzielnymi. Gdy system posiada już odpowiednią wiedzę, przedstawia użytkownikowi problem oraz jego rozwiązanie i dokonuje analizy tego rozwiązania. Zatem powinien posiadać zdolność uczenia się, wnioskowania, a z czasem nawet planowania. Takie zachowanie wynika z cech, którymi charakteryzuje się typowy agent.

Dzięki dodaniu do modelu bazy danych, istnieje możliwość wymiany informacji pomiędzy użytkownikami systemu oraz pomiędzy agentami. Baza stanowiłaby odpowiednio uporządkowane źródło informacji, dotyczącej zarządzania

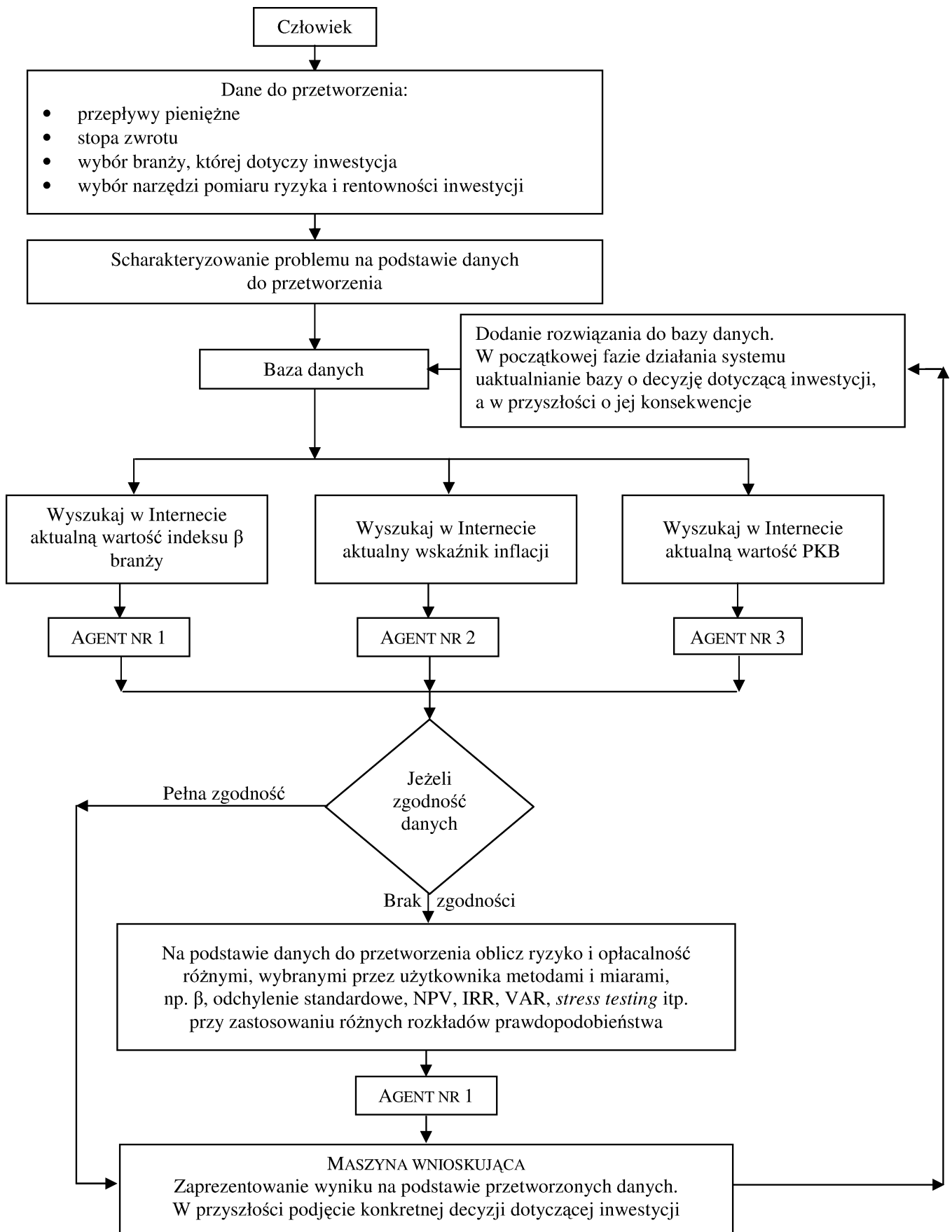


Rys. 11. Schemat działania systemu wieloagentowego z bazą danych

ryzykiem. Dodatkowym atutem takiej bazy byłyby możliwość tworzenia różnego rodzaju raportów, w których porównywane byłyby np. efektywność poszczególnych metod wykorzystywanych w zarządzaniu ryzykiem lub wynik metody w zależności od zastosowanego rozkładu prawdopodobieństwa.

W analizowanym modelu użytkownik na początku musi podać dane, na podstawie których system przeanalizuje ryzyko i opłacalność rozpatrywanej inwestycji (rys. 12). W systemie do oszacowania tych wartości wykorzystane zostaną różne metody pomiaru równocześnie. W zależności

od metody pomiaru, system wykorzysta tylko część z podanych zmiennych wejściowych. Każda z zastosowanych metod będzie analizować inwestycję z innego punktu widzenia. Zatem w przypadku jednej z metod system będzie szacował zagrożenie przepływów pieniężnych na podstawie jednej części danych. Natomiast z drugiej, dla przykładu, będzie obliczał wartość stopy zwrotu, dla której inwestycja jest rentowna, wykorzystując w tym celu inne dane. W ten sposób osoba, która będzie korzystała z systemu wieloagentowego, będzie posiadała pełen obraz zagrożeń, na które narażona jest inwestycja. Dodatkowym atutem



Rys. 12. Model systemu wieloagentowego

modelu będzie fakt, iż kilku agentów będzie zaangażowanych w wyszukiwanie kluczowych wskaźników w Internecie. Wskaźniki te mają przede wszystkim służyć ocenie sytuacji gospodarczej, w jakiej zostanie podjęta decyzja inwestycyjna. Kolejnym zadaniem stojącym przed niektórymi wskaźnikami jest możliwość porównania otrzymanych wyników z wartościami, które dotyczą branży. Tak dla przykładu agent 1 ma za zadanie wyszukanie bety dla branży, której dotyczy inwestycja. Indeks beta będzie wykorzystany w zadaniu, w celu ustalenia warunków gospodarczych, w jakich podejmowana jest decyzja, ale również zostanie wykorzystany do porównania z betą naszej inwestycji, która zostanie obliczona w późniejszym czasie. Wszystkie wyszukane w Internecie indeksy będą przechowywane w bazie danych i w przyszłości będą stanowić część danych pozwalających na podjęcie decyzji, czy analizowana inwestycja jest analogiczna z którąkolwiek inwestycją z przeszłości. Jeśli parametry dotyczące rozpatrywanej inwestycji, jak i jej otoczenia gospodarczego, nie będą zgadzały się z parametrami inwestycji, które znajdują się w bazie danych, wtedy – jak już wcześniej zostało wspomniane – agent oszacuje ryzyko i opłacalność tej inwestycji różnymi dostępnymi metodami. Do obliczeń agent wykorzysta różne rozkłady prawdopodobieństwa, co pozwoli zobrazować, jaki wpływ na wynik każdej z metod ma zastosowanie różnych rozkładów. Dzięki tak szczegółowej analizie inwestycji, możliwa będzie analiza zagrożeń, z jakimi może zetknąć się inwestor, podejmując się jej realizacji. Po dokonaniu wszystkich obliczeń system nada rozwiązaniu numer i wyświetli użytkownikowi wszystkie oszacowane wyniki. Natomiast jeśli dane do przetworzenia będą w pełni zgodne z danymi znajdującymi się w bazie danych, to system pominie wszystkie obliczenia i od razu poda wynik. Kolejnym krokiem, który musi zostać podjęty niezależnie od tego, czy system odnalazł w bazie danych analogiczną inwestycję, czy też nie, jest dodanie do bazy danych informacji o tym, jaką użytkownik podjął decyzję. Natomiast w przyszłości, gdy już będzie wiadomo, czy decyzja była właściwa, czy też nie, w bazie danych systemu należy odnaleźć odpowiedź o właściwym numerze i dodać do niego notatkę dotyczącą konsekwencji podjętej decyzji. Taki sposób działania systemu wieloagentowego spowoduje, że użytkownik, którego inwestycja będzie zgodna z jakąkolwiek inwestycją w bazie danych, oprócz wyniku otrzyma również odpowiedź na pytanie, co się stało w przeszłości, gdy inny użytkownik podjął się realizacji podobnej inwestycji w takich samych warunkach rynkowych. Dla systemu wieloagentowego wielokrotnie powtórzone czynności powinny posłużyć jako materiał do nauki, którą w przyszłości będzie mógł wykorzystywać. Na podstawie posiadanej wiedzy powinien on w przyszłości dawać konkretną odpowiedź na temat tego, jaką podjąć decyzję, co pozwoli na samodzielne działanie. Ponadto, dzięki stosowaniu wielu miar i narzędzi służących do pomiaru ryzyka i opłacalności inwestycji, system będzie miał możliwość tworzenia rankingów sprawdzalności poszczególnych metod. Natomiast stosowanie różnych rozkładów prawdopodobieństwa pozwoli wykazać, który z rozkładów jest najbardziej zbliżony do rzeczywistości.

#### 4. Wnioski

Klasyczne metody zarządzania ryzykiem są oparte w dużej mierze na wiedzy, pomysłach i preferencjach decydenta. Przy takim podejściu bardzo łatwo jest o błąd w ocenie analizowanej inwestycji. Bardzo często błędy takie prowadzą przedsiębiorstwo do bankructwa.

Zastosowanie systemów wieloagentowych w zarządzaniu ryzykiem powoduje zminimalizowanie liczby niewłaściwych decyzji, wynikających z błędnych obliczeń oraz braku obiektywizmu decydenta. Wykorzystanie systemów wieloagentowych w zarządzaniu ryzykiem inwestycyjnym pozwala na stworzenie bazy danych. Informacje przechowywane w niej mogą być wykorzystane przez użytkowników systemu w przyszłości. Warto zwrócić uwagę, że dzięki wykorzystywanemu przez system wieloagentowy modułowi samouczenia się, w miarę upływu czasu system stanie się coraz bardziej samodzielny. Takim podejściem charakteryzują się współczesne teorie, które skupiają się na tworzeniu modeli pomagających decydom nie tylko podejmować decyzje, ale również są w stanie pokazać efekty tych decyzji. W nowoczesnych modelach zarządzania ryzykiem inwestycję należy rozpatrywać biorąc pod uwagę różne źródła zagrożeń. Wynika to z faktu, iż w nowoczesnym podejściu decydent przede wszystkim musi posiadać wiedzę dotyczącą sposobu, w jaki funkcjonuje przedsiębiorstwo. Na tej podstawie jest on w stanie nie tylko podjąć decyzję dotyczącą inwestycji, ale również może zaproponować pewne ulepszenia zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie. Podobnym podejściem charakteryzuje się zaproponowany w artykule model. Różnorodność metod zastosowanych w systemie wieloagentowym pozwala zbadać różne rodzaje ryzyka, na jakie narażona jest inwestycja. Podsumowując, zaproponowane rozwiązanie w pełni spełnia wymagania stawiane nowoczesnym modelom służącym do zarządzania ryzykiem. Bada on różne aspekty ryzyka i niepewności, na jakie narażona jest inwestycja. Niewątpliwą zaletą systemu wieloagentowego jest mechanizm samouczenia się. Dzięki niemu w przyszłości, w odpowiedzi na zapytanie system da pełną odpowiedź, łącznie z różnymi wariantami oraz ich konsekwencjami.

#### Literatura:

- [1] Bratman M.: *Intentions, Plans and Practical Reason*. Harvard University Press, Harvard 1987.
- [2] Brustoloni J. C.: *Autonomous Agents: Characterization and Requirements*. Carnegie Mellon Technical University Report CMU-CS-91-204, Pittsburgh 1991.
- [3] Cetnarowicz K.: *Problemy projektowania i realizacji systemów wieloagentowych*. Wydawnictwo AGH w Krakowie, Kraków 1999.
- [4] Cichosz P.: *Systemy uczące się*. WNT, Warszawa 2000.
- [5] Ciesielski K., Dunin-Keplicz B.: *Systemy wieloagentowe: skrypt*. Dostępny w Internecie: <http://www.mimuw.edu.pl/~keplicz/ps/MAS-skrypt.ps>.
- [6] FERMA, *Standardy zarządzania ryzykiem*, 2003.

- [7] Florea A. M.: *Introduction to Multi-agent Systems*. International Summer School on Multiagent Systems, Bucharest 1998.
- [8] Franklin S., Graesser A.: *Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents*. Institute for Intelligent Systems University of Memphis Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, Springer-Verlag, Berlin 1996.
- [9] Gierszewska G., Romanowska M.: *Analiza strategiczna przedsiębiorstwa*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002.
- [10] Halikowska A., Halikowski D.: *Database implementation in risk management*, [w:] *Materiały konferencyjne ISAT'2006 Information Systems Applications and Technology* pod red. Z. Wilimowskiej, A. Grzecha. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
- [11] Hayes-Roth B.: *An Architecture for Adaptive Intelligent Systems*. *Artificial Intelligence*. Special Issue on *Agents and Interactivity*, 1995.
- [12] [http://pl.wikipedia.org/wiki/Agent\\_\(programowanie\)](http://pl.wikipedia.org/wiki/Agent_(programowanie))
- [13] Jennings N. R., Wooldridge M.: *Applying Agent Technology*. "Journal of Applied Artificial Intelligence" special issue on *Intelligent Agents and Multi-Agent Systems* 1995.
- [14] Maes P.: *Designing Autonomous Agents*. MIT Press, Cambridge Mass 1990.
- [15] Moulin B., Chaib-Draa B.: *An Overview of Distributed Artificial Intelligence*. In: *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*, G. O'Hare and N. Jennings (ed.). John Wiley & Sons, Hoboken 1996.
- [16] Obłój K.: *Strategia organizacji: w poszukiwaniu trwałej przewagi konkurencyjnej*, Warszawa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2001.
- [17] Osowicki R.: *Systemy wieloagentowe - Rozproszona sztuczna inteligencja*. Toruń 2006, materiały niepublikowane.
- [18] Russell S., Norvig P.: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice-Hall, Saddle River, NJ 1995.
- [19] Shoham Y.: *Agent-oriented programming*. „Artificial Intelligence”, 60/1993.
- [20] Wooldridge M. J.: *An Introduction to MultiAgent Systems*, Wiley & Sons, Hoboken 2009.

## MODEL OF MANAGEMENT OF RISK WITH USE MULTIAGENT SYSTEM

### Key words:

return on investment, risk, risk management, multiagent system, agent

### Abstract:

The globalization of world economies, global changes in economic conditions in the world today – the increasing volatility of commodity prices, exchange rates, interest rates heighten the risk of running business activity. It requires considering the impact of risk on decisions effects. Variability and complexity of the environment mean that the risk can be considered as a common factor associated with

almost any activity. Risk should not be considered only in terms of threat, as it often creates opportunities that are inspiration of human action. Therefore it needs to be considered as one of determinants of entrepreneurship. It contributes to carrying out research, creation of new theories and attempting their application in practice. Thus it can be regarded as a source of progress and activation, and therefore it can be considered as a useful factor - under condition that it can be inspected and controlled. Enterprise management system performs, among other things, option of risk management.

Classical methods of risk management are largely based on knowledge, ideas and preferences of decision maker. Under this approach it is very easy to make errors in investment evaluation. Very often such errors may lead the company into bankruptcy.

The use of multi-agent systems in risk management will minimize the number of wrong decisions resulting from incorrect calculations and lack of objectivity of the decision maker. The use of multi-agent systems in management of investment risk, allows to create the database. The information stored in it can be used by users of the system in the future. It is worth noting that, thanks to usage of self-learning module by the system over time, the system becomes more and more independent. This approach is common to contemporary theories that focus on developing models to help decision-makers not only make decisions but also are able to show the effects of those decisions. In modern models of investment risk management it should be considered taking into account the different sources of risk. This follows from the fact that in modern approach the decision maker first must have knowledge of the way the company works. On this basis, it is able to, not only decide on investment, but also suggest some improvements in the enterprise risk management. A similar approach is presented in the model proposed in the article. To summarize, the proposed solution completely fulfills the requirements of modern models for managing risk.

**Dr hab. inż. Zofia WILIMOWSKA, prof. nadzw. PW**  
Politechnika Wroclawska  
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nysie  
zwilim@pwsz.nysa.pl

**Mgr inż. Adriana HALIKOWSKA**  
Instytut Finansów  
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nysie  
ahalikowska@pwsz.nysa.pl