

Jerzy Feliks, Adam Lichota, Katarzyna Majewska¹

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Zarządzania, Katedra Inżynierii Zarządzania

Koncepcja wykorzystania podejścia agentowego do modelowania systemów logistyki serwisowej

1. WPROWADZENIE

Logistyka serwisowa rozumiana jest jako zespół działań na każdym etapie procesu zapewnienia części zamiennych i ekip naprawczych. Obejmuje planowanie, zaopatrzenie, zarządzanie transportem, magazynowaniem, zwrotami, naprawami wraz z ich obsługą gwarancyjną. Często dotyczy systemów złożonych i rozproszonych. Celem logistyki serwisowej jest minimalizacja opóźnienia logistycznego, które wpływa w znaczący sposób na gotowość operacyjną systemu, a tym samym minimalizacja kosztów wynikających z przestojów. Logistyka serwisowa ma też duży wpływ na sposób postrzegania firmy przez klienta.

Jednym z przykładów trudniejszych do rozwiązania problemów jest logistyka serwisowa w przemyśle motoryzacyjnym [12]. Firmy samochodowe korzystają z tysięcy części zamiennych dostarczanych przez setki dostawców, a klient wymaga często niemal natychmiastowej naprawy samochodu. Przechowywanie w każdym magazynie stacji serwisowej wszystkich podzespołów jest niewykonalne. Ważne jest stworzenie systemu informatycznego, który umożliwiłoby dokładne określenie lokalizacji części, usprawnienie procesów zamawiania i zwrotów, wybór metody dostawy, monitorowanie transportu, ale także przewidywanie, gdzie, jakie i w jakiej ilości części powinny być magazynowane, czy jak liczny powinien być skład ekipy serwisowej.

Z pomocą w rozwiązaniu problemu mogą przyjść systemy wieloagentowe, dzięki którym możliwe jest modelowanie i symulacja złożonego systemu serwisowego. Podejście agentowe charakteryzuje się bowiem rozproszeniem, wykorzystywaniem niepełnej informacji, decentralizacją i inteligentnym współdziałaniem wielu autonomicznych jednostek. Systemy agentowe są wydajne (możliwość asynchronicznego, niezależnego działania), niezawodne (awaria jednego agenta nie powoduje awarii całego systemu, gdyż inne agenty przejmują działania) oraz elastyczne (możliwa adaptacja systemu do większych rozmiarów poprzez dodanie nowych agentów bez konieczności oddziaływania na już istniejących). Poszczególne agenty są jednostkami posiadającymi autonomię, podlegającymi pewnym powiązaniom i posiadającymi zdolność reagowania na zmiany zaistniałe w środowisku.

Artykuł przedstawia wstępną koncepcję systemu agentowego, którego celem jest znalezienie rozwiązania minimalizującego czas dostawy części zamiennych i realizacji napraw przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów transportu, magazynowania itp.

2. SYSTEMY AGENTOWE

Inteligentny agent jest programem komputerowym lub urządzeniem, które działa samodzielnie w otwartym, rozproszonym środowisku i rozwiązuje pewien problem lub wykonuje określone zadanie [16]. Agent postrzega swoje środowisko i może na nie oddziaływać oraz cechuje się autonomicznością (może działać bez udziału człowieka lub innego agenta). Najprostszym przykładem agenta może być prosty przekaznik zwarciovy, który po wykryciu zwarcia podejmie działanie w postaci wyłączenie obwodu elektrycznego lub program służący do filtrowania poczty elektronicznej, który pewne wiadomości przynosi do katalogu ze spamem.

Coraz częściej aplikacje opierają się na systemach wieloagentowych, czyli sieci luźno powiązanych agentów, którzy współdziałają, aby rozwiązać problemy leżące poza ich indywidualnymi

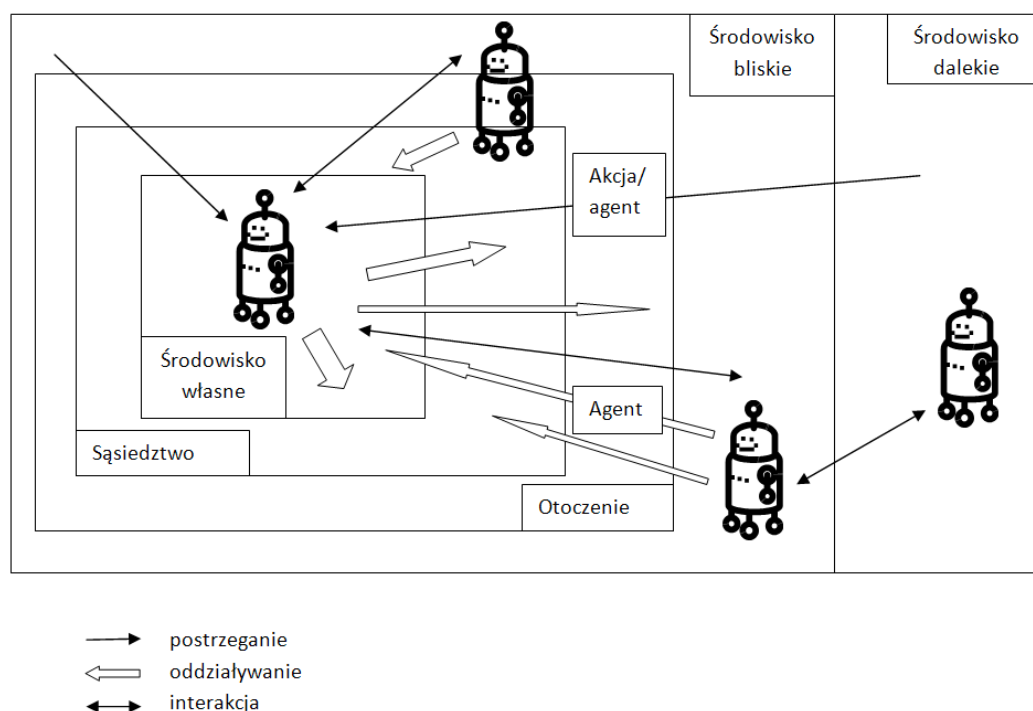
¹jfeliks@zarz.agh.edu.pl, alichota@zarz.agh.edu.pl, kmajewsk@zarz.agh.edu.pl

zdolnościami i wiedzą. Zaletą tego podejścia jest szybkość działania (każdy z agentów ma do rozwiązania problem o mniejszej złożoności) oraz wykorzystanie większego zakresu wiedzy przy podejmowaniu ostatecznej decyzji (wiedza wielu agentów). Sterowanie w systemie wieloagentowy jest zdecentralizowane.

Systemy wieloagentowe znalazły zastosowanie do rozwiązywania problemów związanych m.in. z:

- handlem elektronicznym [1],
- systemami energetycznymi [10], w tym ich niezawodnością [13],
- planowaniem sekwencji montażu [9],
- rozwiązywaniem problemów transportowych [6],
- modelowaniem łańcucha dostaw [15], czy systemów logistycznych [11].

Poglądowy model systemu wieloagentowego z zaznaczonymi obszarami środowiska w jakim działa agent przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1 Poglądowy model systemu wieloagentowego.

Opracowanie własne

W **środowisku dalekim** znajdują się dane, które agent może zdobyć, ale nie zawsze bezpośrednio. Czasami konieczne jest wykonanie pewnej akcji, np. przemieszczenia, aby informacja była dostępna. Do informacji znajdujących się w **środowisku bliskim** agent ma za to dostęp bezpośredni. **Otoczenie** z kolei, to część środowiska bliskiego, na którą agent może wpływać wykonując akcje. **Sąsiedztwo**, to część otoczenia, na którą dany agent ma większy wpływ niż inne agenty. **Środowisko własne** jest to część środowiska, na którą bezpośrednio może oddziaływać tylko dany agent. Inne agenty mogą na nie oddziaływać, ale za pośrednictwem agenta właściwego danemu środowisku własnemu.

Poza podziałem środowiska na rejony należy określić jego stany. W takim układzie środowisko może być przedstawione jako dwójka:

$$E = \{\text{rejon, stan}\} \text{ lub } E = \{R, S_e\}$$

przy czym rejon R może oznaczać środowisko bliskie, środowisko własne, obszar itd. (lub wektor, którego elementami są wszystkie te regiony), natomiast stan S_e może oznaczać specyficzne warunki panujące w danym rejonie.

W ogólnym uproszczonym przypadku agent może być reprezentowany jako czwórka:

$$A = \{\text{cel, wiedza, stan, akcja}\} \text{ lub } A = \{G, K, S_a, O\}.$$

Cel **G** to minimalizacja, bądź maksymalizacja pewnej funkcji będącej podstawą podejmowania decyzji przez agenta, np. minimalizacja kosztów magazynowania. Wiedza **K** to informacje jakie agent zgromadził poprzez postrzegania środowiska, komunikację z innymi agentami oraz przewidywania jakich dokonał, np. informacje o tym, że dane części zamiennie są w magazynie lub że pewne regały wkrótce zostaną zwolnione. Stan S_a to zbiór atrybutów agenta, takich jak np. położenie, ładowność, czy jego dostępność. Akcja **O** to działanie jakie agent jest w stanie wykonać które wpływa na stan środowiska, stan jego samego lub innego agenta, np. wydanie konkretnej części z magazynu. Agent może podejmować akcje na podstawie historycznego ciągu stanów środowiska lub na podstawie wyłącznie stanu bieżącego:

$$S^* = \{S_{e0}, S_{e1}, \dots, S_{en-1}, S_{en}\} \rightarrow O \text{ lub } S_{en} \rightarrow O$$

Akcja może być podejmowana w oparciu o bezpośrednie odwzorowanie stanu środowiska (lub historii stanów) [4], ale także w oparciu o logiczną dedukcję [5], czy zestawienie przeszłego efektu zamierzonego z uzyskanym w rzeczywistości [3].

Dokonana akcja *O* może z kolei powodować zmianę stanu środowiska, stanu agenta wykonującego akcję lub innego agenta.

3. WSTĘPNA KONCEPCJA SYSTEMU AGENTOWEGO DLA LOGISTYKI SERWISOWEJ

Zadaniem proponowanego systemu wieloagentowego jest alokacja części zamiennych i ekip serwisowych do konkretnych punktów (miast, magazynów, serwisów) przy kryterium minimalizacji czasu i kosztów.

Na rysunku 2 przedstawiono ogólny schemat systemu wieloagentowego do modelowania logistyki serwisowej. Środowiskiem jego działania może być teren miasta, państwa, strefa międzynarodowa, czy nawet międzykontynentalna. Środowisko jest określone poprzez przestrzeń metryczną lub grafową reprezentującą strukturę możliwych połączeń komunikacyjnych oraz relacje mówiące o dostępności zasobów [4]. Stan środowiska określają głównie warunki drogowe, ale także warunki legislacyjne, pogodowe, polityczne itp.

Poszczególne rodzaje agentów wykonawczych reprezentują elementy systemu logistyki serwisowej, a są to:

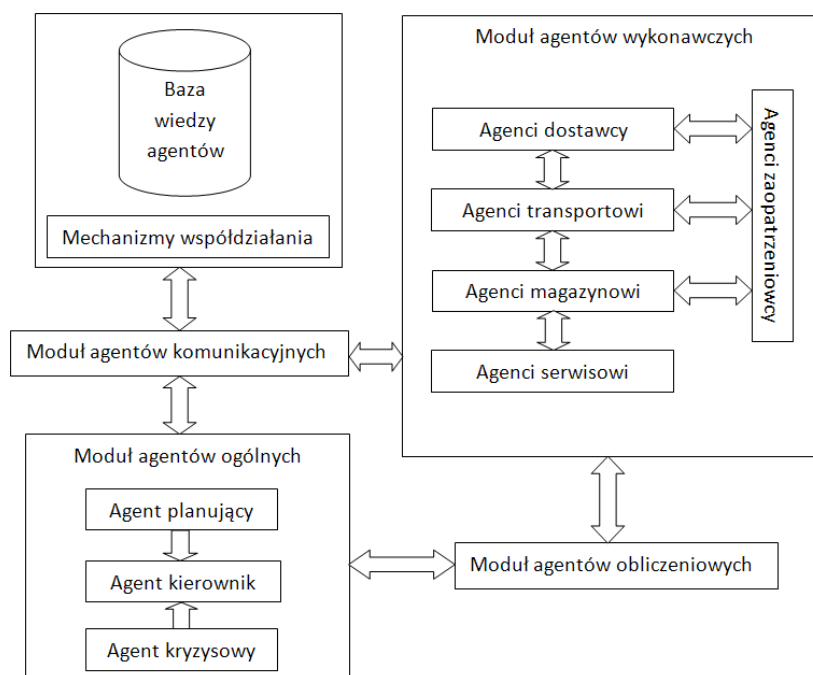
- *Agenci zaopatrzeniowi AZ,*
- *Agenci dostawczy AD,*
- *Agenci serwisowi AS,*
- *Agenci transportowi AT,*
- *Agenci magazynowi AM.*

Powyższe rodzaje agentów mogą dzielić się na lokalnych i centralnych. W systemie można też wyróżnić agentów nadrzędnych:

- *Agenta planującego AP,*
- *Agenta kierownika AK,*
- *Agenta kryzysowego AI*

oraz agentów specjalnych:

- *Agentów komunikacyjnych AL,*
- *Agentów obliczeniowych AO.*



Rys. 2. Ogólny schemat systemu wieloagentowego do modelowania logistyki serwisowej.

Opracowanie własne

Należy zwrócić uwagę, że niektóre rodzaje agentów powinny być modelowane również systemami złożonymi z wielu agentów, np. agenta transportowego może tworzyć agent-kierowca, agent-pojazd i agent-przyczepa. Agent-pojazd może wraz z kierowcą się poruszać, ale nie może przewozić towarów, agent-przyczepa może przechowywać towary, ale bez kierowcy i pojazdu, nie może ich przewieźć. W pracy [7] proponuje się tworzenie holonów – tymczasowych jednostek transportowych, złożonych z kierowcy, pojazdu i przyczepy, w których agenci tracą pewną część swojej autonomii i mogą się zachowywać w sposób trochę odmienny niż przy samodzielnym działaniu.

Podobnie jest w przypadku agentów typu agent-magazynowy. Taki agent może składać się z jednego, bądź wielu: agentów-magazynierów, agentów-wózków, agentów-regałów itp., którzy mogą się z pewną dowolnością reorganizować. Współpraca między agentami w holonach polega na utworzeniu odpowiedniego zestawu agentów potrzebnego do wykonania zlecenia, przy minimalizacji jego kosztów. Częścią systemu jest również *baza wiedzy*, czyli zbiór informacji, które w określonych zakresach dostępne są dla poszczególnych agentów oraz *mechanizm współdziałania*, który opisuje reguły umożliwiające przekazywanie sobie wiedzy przez agentów, ich przemieszczanie, czy reorganizację. Środowisko agentów wykonawczych, to graf lub przestrzeń euklidesowa reprezentująca sieć połączeń komunikacyjnych wraz z bieżącym stanem uwzględniającym warunki infrastrukturalne, prawne i geopolityczne.

3.1 Ogólna charakterystyka agentów

W niniejszym rozdziale zamieszczony jest ogólny opis poszczególnych agentów. Pierwszą omówioną grupą jest moduł agentów nadrzędnych.

Agent kierownik AK jest odpowiedzialny za podejmowanie decyzji globalnych przedsiębiorstwa w zakresie logistyki serwisowej, zatwierdzanie umów, planów i kosztorysów. Komunikuje się z **agentem kryzysowym (impasowym) AI** w sprawie sytuacji nadzwyczajnych i rzadko występujących, jak np. pożar magazynu, konflikt zbrojny na pewnym terenie, katastrofy komunikacyjne i naturalne, a także w przypadku np. długotrwałej awarii środków transportowych. Agent kierownik otrzymuje

również informacje od **agenta planującego AP**, który jest odpowiedzialny za określenie odpowiedniej ilości i rodzaju części zamiennych do zamówienia oraz opracowanie planów zakupów.

Celem agentów nadrzędnych jest zapewnienie ciągłości procesu serwisowego przy ograniczonym czasie i kosztach. **Agent komunikacyjny (łącznościowy) AL** obsługuje, zgodnie z mechanizmami współdziałania, wymianę danych między bazą wiedzy a agentami oraz pomiędzy agentami.

Specjalnym rodzajem agenta jest **agent obliczeniowy AO**, który wspomaga agentów wykonawczych i nadrzędnych w zakresie podejmowania decyzji poprzez realizację różnego rodzaju obliczeń dotyczących kosztów, czasów, odległości, prognoz itp. Wartości miar ewaluacyjnych związanych z różnymi strategiami służą do wyznaczenia skutków tych strategii a wybrane są najlepsze z nich według zadanych kryteriów. Poniżej dokonano krótkiej charakterystyki agentów wykonawczych.

Agent zaopatrzeniowy AZ nadzoruje proces zakupów części zamiennych. Odpowiedzialny jest m.in. za dobór dostawców, negocjowanie warunków i cen, kontrolę jakości i terminowości dostaw, zarządzanie i kontrolę transportu, nadzór nad uzupełnianiem zapasów magazynów. Komunikuje się z agentami dostawcami w zakresie możliwości wyprodukowania części, agentami transportowymi w zakresie odbioru części i przekazania w odpowiednie miejsce, agentami magazynowymi w celu rozeznania ich potrzeb.

Agent dostawca AD odpowiedzialny jest za wyprodukowanie konkretnej części zamiennej. Komunikuje się z agentami zaopatrzeniowymi w celu odbioru zlecenia oraz agentami transportowymi w celu przekazania wyprodukowanych części.

Agent transportowy AT ma za zadanie dostarczenie części zamiennej w odpowiednie miejsce, czyli realizuje zlecenie transportowe. Musi komunikować się z agentami zaopatrzeniowymi w celu negocjacji zlecenia transportowego, agentami dostawcami i magazynowymi w celu ustalenia sposobu odbioru i przechowywania części.

Agent magazynowy AM obsługuje kompleksowo procesy magazynowe. Generuje w odpowiednim momencie zlecenia, współpracuje z agentami transportowymi, zaopatrzeniowym, serwisowym. Z agentami serwisowymi współpraca dotyczy wydawania części do naprawy i przyjmowania części niewykorzystanych.

Agent serwisowy AS jest odpowiedzialny za pobranie odpowiedniej części, wykonanie zadania serwisowego i ewentualnie gwarancji. Agenci serwisowi często mają lokalizację wspólną z agentami magazynowymi.

Przydzielenie zadań agentom, jak również współpraca agentów w holonach jest dokonywane przez algorytm negocjacyjny, np. Contract Net Protocol.

Poszczególne typy agentów komunikują się również między jednostkami w swojej grupie.

3.2 Przykład szczegółowej charakterystyki agenta

Przykład szczegółowej charakterystyki agenta przedstawiony zostanie dla agenta transportowego. Przedstawiony schemat stanowi tylko pewną propozycję, którą można zmieniać według potrzeb. Agent transportowy reprezentowany jest przez czwórkę:

$$AT = (G_t, K_t, Sa_t, O_t),$$

przy czym odpowiednie składowe mogą oznaczać:

G_t – cel, którym jest maksymalizacja funkcji zysków:

$$G_t = O_z - C_e - c \cdot l - O_d$$

O_z – proponowana opłata za zlecenie,

C_e – koszt eksploatacji jednostki,

c – średni koszt dla jednostkowej odległości,

l – długość trasy do pokonania,

O_d – opłaty dodatkowe (np. płatne odcinki drogi).

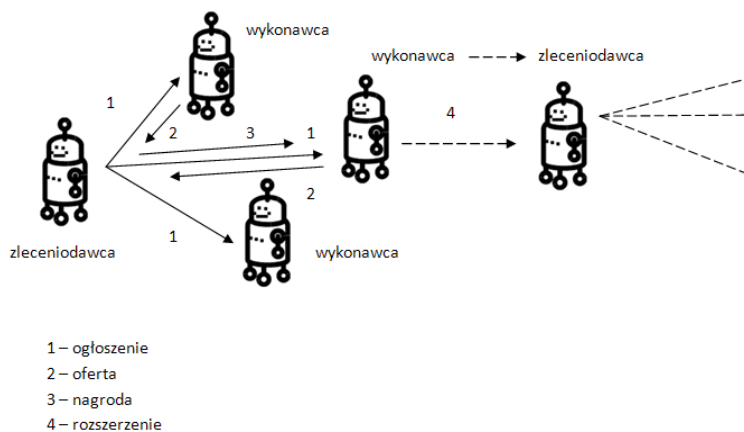
$K_t = (Zlec, Siec, Koszty)$ – wiedza agenta obejmująca zestaw zleceń $Zlec$, informacje o sieci komunikacyjnej (transportowej) $Siec$, informacje o kosztach $Koszty$

$S_t = (Zlec)$ – stan agenta określający przydzielone zlecenia, bądź przydzielony zestaw zleceń $Zlec$

$O_t = (Zal, Roz, Jazda, doH, odH)$ – akcje możliwe do wykonania przez agenta: załadunek Zal , rozładunek Roz , jazda $Jazda$, przyłączenie do holonu doH , odłączenie od holonu odH .

Agenci transportowi mogą negocjować zlecenia w sieci kontraktowej (Contract Net Protocol), w której każdy z programowych agentów może, dla różnych zadań i w różnych chwilach, pełnić rolę zleceniodawcy lub wykonawcy [14]. Zleceniodawcą może być agent zaopatrzeniowiec lub transportowy. Kiedy zleceniodawca dostaje zadanie złozone dzieli je na zadania proste i rozpowszechnia je wśród potencjalnych wykonawców. Po otrzymaniu ofert od wykonawców wybiera tę najlepszą. Ogólnie przydział zadań można interpretować jako rodzaj negocjacji umowy i przedstawić w następujących krokach (Rys.3.) [8]:

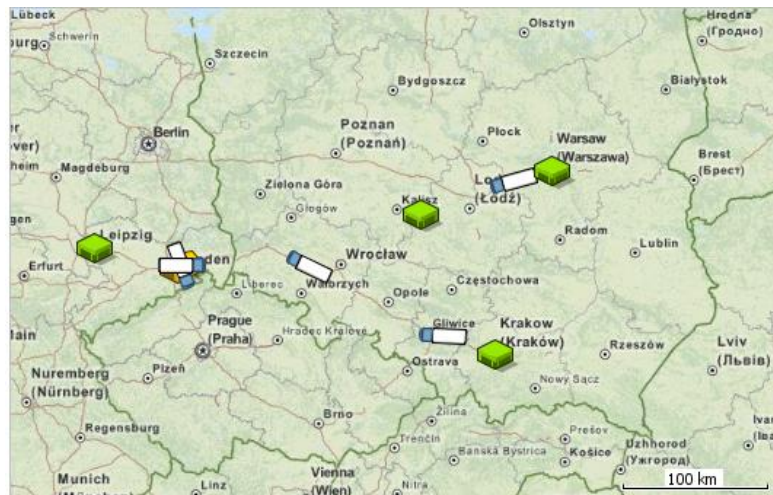
- Rozpoznanie: agent zleceniodawca uznaje, że nie może rozwiązać problemu w pojedynkę lub rozwiązanie problemu w pojedynkę nie przyniesie zamierzonego celu (z powodu jakości rozwiązania, terminu itp);
- Ogłoszenie: agent zleceniodawca wysyła wiadomość określającą zadania proste, które należy osiągnąć. Specyfikacja musi zawierać opis samego zadania, wszelkich ograniczeń i informacji dotyczących także zadania złożonego;
- Oferta: agenci wykonawcy, którzy otrzymują zlecenia decydują, czy są zdolni do wykonania zlecenia i czy im się to opłaca. Jeżeli tak, to muszą określić ograniczenia jakości oraz cenę (jeśli dotyczy).
- Wygrana: agent zleceniodawca, który wysłał zawiadomienie musi wybrać spośród otrzymanych odpowiedzi najlepszą propozycję (optymalizacji funkcji charakteryzująca zadanie dokonują agenci obliczeniowi) i przekazać zwycięzcy zamówienie. Informacje o przyjęciu (wygranej), bądź odrzuceniu oferty przekazywana jest agentom, którzy negocjowali.
- Rozszerzenie: możliwe jest generowanie kolejnych sieci umów w formie podwykonawstwa.
- Wynik: informacja o wykonaniu (bądź nie) zadania wraca do zleceniodawcy.



Rys. 3. Negocjacja zlecenia za pomocą Contract Net Protocol.

Opracowanie własne

Środowiskiem symulacji proponowanego systemu wieloagentowego może być program AnyLogic [17], w którym możliwe jest połączenie trzech metod modelowania: agentowego (Agent Based modeling), zdarzeń dyskretnych (Discret Event modeling) oraz dynamiki systemów (System Dynamics modeling). AnyLogic wspomagany jest Systemem Informacji Geograficznej GIS [2], który umożliwia rozmieszczenie agentów na mapie terenu związanej z bazą informacji m.in. o połączeniach komunikacyjnych, w miejscach gdzie znajdują się rzeczywiste obiekty systemu logistyki serwisowej. Przykładową mapę przedstawiającą czterech agentów magazynowych, jednego agenta dostawcę oraz pięciu agentów transportowych zamieszczono na rysunku 4.

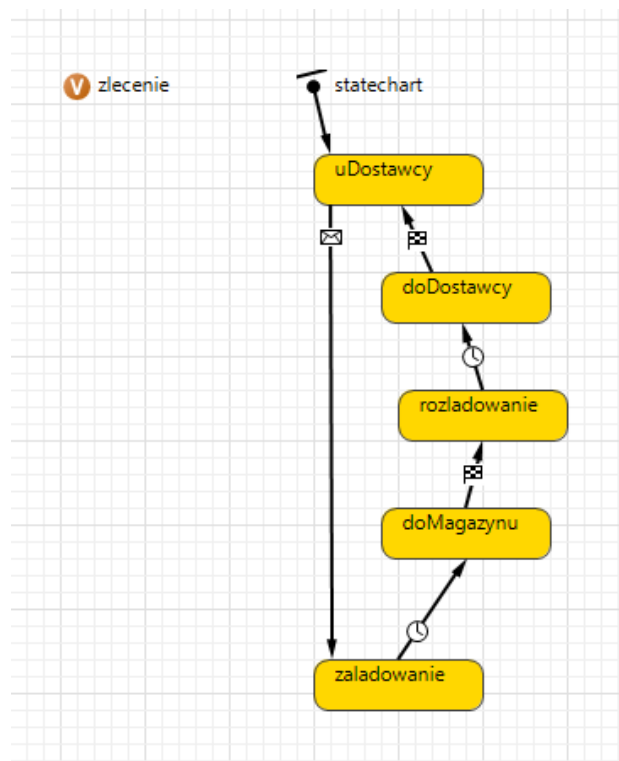


Rys. 4 Przykładowa mapa obszaru symulacji.

Opracowanie własne

Agent transportowy może należeć do puli zasobów magazynu, dostawcy, firmy przewozowej itp.

W programie AnyLogic realizacja zlecenia wykonywanego przez agenta transportowego (bez przyłączenia do holonu), może być przedstawiona wg schematu zamieszczonego na rysunku 5.



Rys. 5 Etapy przykładowego wykonania zlecenia przez agenta transportowego.

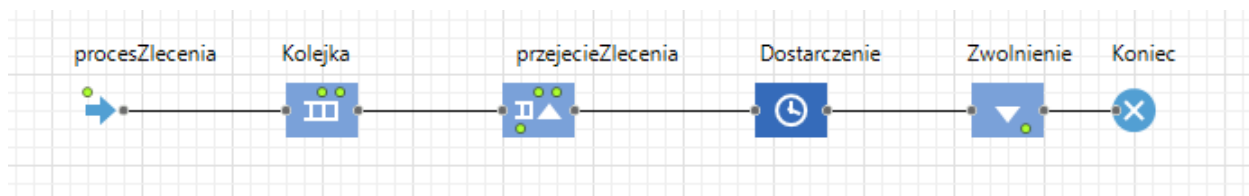
Opracowanie własne

Kolejne etapy przykładowego wykonania zlecenia przez agenta transportowego, to: załadunek u dostawcy, jazda do magazynu, rozładunek w magazynie, powrót do dostawcy. Przejścia między etapami mogą być regulowane przez wysłanie wiadomości, opóźnienie, upływ czasu itp., a podczas symulacji możliwa jest wizualizacja ruchu graficznej reprezentacji agenta transportowego.

Zlecenie jest zmienną przypisaną do agenta transportowego. Charakteryzuje się pewnymi parametrami, np. wielkością, kosztami, czasem realizacji itd.

Wysłanie wiadomości o zleceniu do wykonania jest zdarzeniem. Zdarzenia takie mogą wystąpić tylko raz, mogą pojawiać się cyklicznie (w określonych terminach lub podlegać pewnemu rozkładowi) lub być sterowane przez użytkownika.

Na rysunku 6 pokazano przykładowe procedowanie zlecenia wysłanego przez agenta zaopatrzeniowca. Zlecenie najpierw trafia do kolejki (ograniczonej, bądź nie), która może podlegać zasadzie FIFO, LIFO lub uwzględniać określone priorytety. Następnie zlecenie jest przejmowane przez agenta transportowego, pobranego z puli zasobów i wykonywane przez czas zależny od miejsca, w którym agent transportowy się znajduje i w które ma się udać. Na koniec następuje zwolnienie agenta i powrót do puli zasobów.



Rys. 6 Przykładowe procedowanie zlecenia.
Opracowanie własne

4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono ogólną koncepcję systemu wieloagentowego modelującego system logistyki serwisowej, którego celem jest wspomaganie przedsiębiorstwa w zapewnieniu ciągłości funkcjonowania serwisu przy ograniczeniu kosztów i minimalizacji czasu.

Zaletą proponowanego systemu jest możliwość dekompozycji złożonego problemu na szereg prostszych zagadnień, które mogą być rozwiązane asynchronicznie z większą dokładnością oraz trafnością. Poprzez odpowiednią współpracę jednostek ostateczna realizacja zadania powinna wypaść korzystniej niż przy zastosowaniu metod konwencjonalnych. Symulacje różnych scenariuszy mogą przyczynić się do optymalizacji zadań logistyki serwisowej.

Wadą systemu wieloagentowego wydaje się trudność w zastosowaniu go do rozwiązywania problemów w czasie rzeczywistym. Dostosowanie systemu do istniejącego środowiska, aktualizacja bazy wiedzy czyli przesyłanie i przetwarzanie aktualnych informacji może wiązać się z dodatkowymi nakładami finansowymi i czasowymi np. w strukturę informatyczną gdyż w przeciwnym przypadku gromadzone informacje mogą stawać się mniej wiarygodne i pewne.

Stworzenie modelu symulacyjnego systemu logistyki serwisowej dużego przedsiębiorstwa jest zadaniem niezwykle skomplikowanym, wymagającym pozyskania olbrzymiej ilości informacji i nakładów czasu. W artykule ograniczono się do szkicu koncepcji przyjmując daleko idące uproszczenia. Ustalenie szczegółowych celów, wiedzy, stanów i akcji wykonywane przez poszczególnych agentów, odwzorowanie środowiska, wybranie algorytmów optymalizacyjnych, zaprojektowanie odpowiedniej bazy wiedzy, a także opisanie mechanizmów komunikacji i współdziałania jednostek będzie tematem przyszłych badań.

Streszczenie

Logistyka serwisowa rozumiana jest jako zespół działań na każdym etapie procesu zapewnienia części zamiennych i ekip naprawczych. Obejmuje planowanie, zaopatrzenie, a także zarządzanie transportem, magazynowaniem, zwrotami oraz naprawami wraz z ich obsługą gwarancyjną. Często dotyczy systemów złożonych i rozproszonych. Celem logistyki serwisowej jest minimalizacja opóźnienia logistycznego, które wpływa w znaczący sposób na gotowość operacyjną systemu, a tym samym minimalizacja kosztów wynikających z przestoju. Logistyka serwisowa ma też duży wpływ na sposób postrzegania firmy przez klienta.

W artykule przedstawiono ogólną koncepcję systemu wieloagentowego modelującego system logistyki serwisowej w branży samochodowej, którego celem jest wspomaganie przedsiębiorstwa w zapewnieniu ciągłości funkcjonowania serwisu przy ograniczeniu kosztów i minimalizacji czasu. Zastosowanie podejścia agentowego w przypadku dużych

przedsiębiorstw, działających na rozległym obszarze, korzystających z wielu dostawców, firm transportowych i ekip serwisowych ma na celu dekompozycję złożonego problemu na zagadnienia prostsze, które mogą być szybciej i z większą dokładnością oraz trafnością rozwiązane, a poprzez odpowiednią współpracę autonomicznych jednostek optymalnie zrealizowane. System wieloagentowy charakteryzuje się bowiem rozproszeniem, wykorzystywaniem niepełnej informacji, decentralizacją i inteligentnym współdziałaniem wielu niezależnych jednostek. Systemy agentowe są wydajne (możliwość asynchronicznego, niezależnego działania), niezawodne (awaria jednego agenta nie powoduje awarii całego systemu), elastyczne (możliwa adaptacja systemu do większych rozmiarów poprzez dodanie nowych agentów bez konieczności oddziaływania na już istniejących) oraz posiadają zdolność reagowania na zmiany zaistniałe w środowisku.

W opracowaniu przedstawiono model agenta pojedynczego, agenta-holona i środowiska, zaproponowano ogólny schemat systemu wieloagentowego do modelowania logistyki serwisowej z podziałem na moduły agentów nadrzędnych, specjalnych i wykonawczych, a także przedstawiono podstawowe zadania jednostek wchodzących w skład poszczególnych grup. Na przykładzie agenta transportowego dokonano dokładniejszej charakterystyki celów, wiedzy, zadań i stanów agenta, środowiska w którym funkcjonuje, możliwości współdziałania z innymi agentami oraz mechanizmów tej współpracy.

Słowa kluczowe: system wieloagentowy, logistyka części zamiennych, logistyka serwisowa

The concept of the use of agent based approach for modeling the systems of repair logistics

Abstract

Repair logistics is understood as activities at each stage of the process of providing spare parts and repair crews. It includes planning, supply, management of transport, warehousing and repairs with their warranty service. It often applies to complex and distributed systems. The purpose of the repair logistics is to minimize logistical delays, which affect in a significant way the operational availability of the system, thereby minimizing the costs of downtime. Repair logistics has also a large impact on the way the company is perceived by the customer.

The paper gives a general idea of the multi-agent system for modeling the system of repair logistics in the automotive industry, the aim of which is to assist companies in ensuring the continuity in the functioning of the service while reducing costs and minimizing time. The purpose of the use of the agent-based approach is to decompose one complex problem into many simpler problems that can be faster, with greater precision and accuracy solved, and through appropriate cooperation of autonomous units realized optimally. Agent-based systems are efficient (asynchronous independent operation), reliable (failure of one agent does not cause failure of the entire system), flexible (can adapt the system to a larger size by adding new agents without impact on existing) and have an ability to respond to changes occurring in the environment.

The paper presents a model of a single agent, agent-holon and the agent's environment. It also shows a general scheme of the multi-agent system for modeling repair logistics, in which modules of principal, special and executive agents are distinguished. Basic tasks of the units of the mentioned groups as well as more detailed characterization of transport agent regarding the knowledge, actions and states of the agent, the environment in which it operates, the interoperability with other agents and mechanisms of this cooperation are proposed.

Keywords: Multi-agent system, spare-parts logistics, repair logistics

LITERATURA

- [1] Bădică C., Ganzha M., Paprzycki M., *Developing a Model Agent-based E-commerce System*, [w:] Jie Lu et al. (eds.) *E-Service Intelligence - Methodologies, Technologies and Applications*, Spriner, Berlin,
- [2] Bielecka E., *Systemy Informacji Geograficznej – teoria i zastosowania*, Wydawnictwo PJWSTK, Warszawa 2006.
- [3] Cetnarowicz K., *Problemy projektowania i realizacji systemów wieloagentowych*, AGH Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne, Seria Rozprawy Monograficzne, Kraków, 1999.
- [4] Ferber J., *Reactive distributed artificial intelligence*, [w:] O'Hare G.M.P., Jennings N.R (eds.), *Foundation of Distributed Artificial Intelligence*, John Wiley, 1996.
- [5] Gutknecht O., Ferber J., *MadKit: Organizimng heterogeneity with groups in a platform for multiple multi-agent systems*, Tech. Rep. 97188, LIRMM, Francja, 1997.
- [6] Koźlak J., Pisarski S., Żabińska M., *Rozwiązywanie problemów transportowych wykorzystujące metody identyfikacji wzorców sytuacyjnych*, *Automatyka* 2011, tom 15, Zeszyt 2.
- [7] 2007.Koźlak J., Żabińska M., *Rozwiązywanie problemów transportowych za pomocą agentów*, *Automatyka* 2009, tom 13, Zeszyt 1.

- [8] Luck M., Ashri R., d'Inverno M., Agent-Based Software Development, Artech House, 2004.
- [9] Łebkowski P., *Koncepcja rozproszonego ESM jako narzędzia modułowej technologii montażu i demontażu*, Technologia i Automatyza Montażu, 2002 (4).
- [10] McArthur SDJ, Davidson EM, Catterson VM, Dimeas AL, Hatziargyriou ND, Ponci F, et al. *Multi-agent systems for power engineering applications – Part I: concepts, approaches, and technical challenges*. IEEE Trans Power Syst. 2007; 22(4).
- [11] Nawarecki E., Koźlak J., Agentowy model systemu logistycznego, Automatyka 2009, tom 13, Zeszyt 2.
- [12] Polska Izba Motoryzacyjna, *Ford wybiega w przyszłość- case study logistyki części zamiennych przy wykorzystaniu platformy AX4, firmy AXIT*, <http://pim.pl/ford-wybiega-w-przyszlosc-case-study-logistyki-czesci-zamiennych-przy-wykorzystaniu-platformy-ax4-firmy-axit/> (dostęp na dzień 15.11.2014).
- [13] Rosa, M. A., Leite da Silva, A., Miranda, V., "Multi-Agent Systems Applied to Reliability Assessment of Power Systems", International Journal of Electrical Power & Energy Systems 2012, vol.42, p.367-374.
- [14] Smith R., *The contract net protocol: high-level communication and control in a distributed problem solver*, IEEE Transactions on Computer, 1980.
- [15] Swaminathan J., Smith S., Sadeh N., *Modeling supply chain Dynamics: A multiagent approach*, Decision Sciences, 29(3), 1998.
- [16] Wooldridge M., *An Introduction to Multiagent Systems*, John Wiley & Sons Ltd., 2009.
- [17] <http://www.anylogic.com/features> - dostęp na dzień 15.11.2015.