

KONCEPTUALIZACJA PROCESU TRANSPORTOWEGO W METAFORZE AGENDOWEJ

THE AGENT BASED CONCEPTUALIZATION OF THE TRANSPORTATION PROCESS

Józef Stokłosa

Andrzej Marciniak

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

Wydział Transportu i Informatyki

ul. Projektowa 4

20-209 Lublin

e-mail: jozef.stoklosa@wsei.lublin.pl

e-mail: andrzej.marciniak@wsei.lublin.pl

Marek Jaśkiewicz

Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn

Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7

25-314 Kielce

e-mail: m.jaskiewicz@tu.kielce.pl

Abstract: The agent-based technologies used in the computer modeling of the systems and processes are an extension of the object-oriented technology. The paper pointed out the need to educate in the field of agent-based modeling as applied to the transport processes. The complex transportation process is presented as a network of coupled material, information and financial flows. The basic, active participants in the transportation process are the means of transport. For the modeling AnyLogic version 7.1 was used.

Keywords: education in the area of agent-based modeling, transportation process, conceptualization of transportation process, agent based modeling, AnyLogic.

Wprowadzenie

W procesie kształcenia inżynierskiego większą wartość ma wiedza "jak to zrobić" niż "jak o tym opowiedzieć". Jest to jeden z paradygmatów w kognitywnej technologii nauczania. Komputerowe modelowanie procesów i eksperymentowanie na modelach jest dydaktycznie efektywnym uzupełnieniem kognitywnego modelu edukacyjnego opartego na ćwiczeniach laboratoryjnych i praktykach zawodowych. Metodologia budowania efektywnych modeli komputerowych adekwatnych do rozwiązywanej sytuacji problemowej wymaga wcześniejszej poprawnej konceptualizacji rozwiązywanego problemu. Metafora

agentowa jest uznanym schematem rozumowania o wszelkich dziedzinach przedmiotowych, ukierunkowanym na procesy i struktury czynnościowe tych procesów. Określenie agent oznacza aktywnego uczestnika procesu pozyskiwania informacji i wykonywania działań. Technologie agentowe w modelowaniu komputerowym systemów i procesów są rozszerzeniem technologii obiektowych [8], [9]. Model procesu jest wówczas formalną i wykonywalną reprezentacją wiedzy o modelowanym procesie. Formalną reprezentacją procesu fizycznego jest jego kod zapisany w formalnym systemie symbolicznym (języku). Wykonywalność tej reprezentacji oznacza istnienie systemu, w którym uruchomiony jest proces obliczeniowy wykonujący ten kod.

Uważa się, że tego typu symboliczne reprezentacje wiedzy procesowej będą istnieć w ścisłym sprzężeniu z projektowanymi przez człowieka i wykonywalnymi procesami produkcyjnymi i usługowymi, co zwiększy przewidywalność i powtarzalność tych procesów.

Powszechnie uznanym schematem konceptualizacyjnym procesów transportowych jest metafora przepływów. Podstawowymi pojęciami w tym modelu jest przepływ rozumiany jako zmiana położenia, przemieszczanie się obiektów lub substancji.

Konceptualizacja procesów transportowych

Z punktu widzenia semiotycznej teorii informacji, konceptualizacja określonej dziedziny przedmiotowej jest jej abstrakcyjną formą istnienia składającą się z pojęć i relacji międzypojęciowych używanych w procesach rozumowania i komunikowania o tej dziedzinie przedmiotowej. Innymi słowy konceptualizacja dziedziny przedmiotowej jest modelem pojęciowym tej dziedziny lub inaczej mentalną formą reprezentacji wiedzy przedmiotowej, [1].

Operacjonalizacja tej wiedzy w formie procesów komunikacyjnych pomiędzy ludźmi oraz procesów obliczeniowych w komunikacji pomiędzy maszynami wymaga utworzenia wystarczająco ekspresywnego, formalnego i wykonywalnego systemu symbolicznego, czyli języka reprezentacji wiedzy. Tak określona reprezentacja wiedzy o dziedzinie przedmiotowej jest nazywana ontologią, a wiedza którą ontologia reprezentuje jest produktem znanej już dyscypliny inżynierskiej którą jest inżynieria wiedzy.

Podstawowym systemem reprezentacji wiedzy w komunikacji między ludźmi jest język naturalny a wydobywanie zawartości semantycznej symboli oraz oddziaływania informacyjne zachodzą w wyniku procesów obliczeniowych wykonywanych w mózgu. Komunikacja pomiędzy środowiskiem fizycznym a człowiekiem zachodzi w wyniku procesów percepcji i enterocepcji i ma charakter pozawerbalny. Komunikacja pomiędzy maszynami, czyli procesami obliczeniowymi przez nie wykonywanymi odbywa się za pomocą języków programowania o jawnie reprezentowanej semantyce. Reprezentacja wiedzy przedmiotowej w formalnym i

wykonywalnym języku jest modelem obliczeniowym tej dziedziny, czyli sposobem jej istnienia w formie procesu obliczeniowego. Reprezentacja wiedzy w postaci formalnych modeli pojęciowych i obliczeniowych jest niezbędna w procesach produkcji opartych na wiedzy i informacji będąc ich istotnym niezużywalnym zasobem a jednocześnie wartościowym produktem ubocznym.

Środowiska programistyczne modelowania procesów transportowych

Model jest istotnym czynnikiem poznania rzeczywistości. Analizowanie modeli odzwierciedlających rzeczywiste systemy, w tym rozbudowane i dynamicznie zmieniające się systemy logistyczne i transportowe, daje studentom możliwość przeanalizowania zachowania się tych systemów przy różnorodnych założeniach wstępnych i możliwych losowych oddziaływaniach zakłócających ich funkcjonowanie.

Budowanie pojęciowych i obliczeniowych modeli procesów zaczyna się od ich nieformalnej konceptualizacji w języku naturalnym. Kończącą formą są ich reprezentacje w maszynowo wykonywalnym kodzie. Przejście pomiędzy reprezentacją wiedzy w języku naturalnym a jej reprezentacją w języku formalnym i wykonywalnym jest ułatwione poprzez zastosowanie języków modelowania wizualnego. Języki te wykorzystują zazwyczaj zrozumiałą dla człowieka metaforę pojęciową. W przypadku systemów transportowych jest to metafora przepływów. W tej metaforze podstawowymi pojęciami są źródło, ujście, kanał przepływu. Dodatkowe pojęcia pojawiają się w zależności od natury tego co przepływa. Jeżeli mamy do czynienia z przepływami kumulującymi się to miejsce kumulacji może być określone jako zbiornik. Przepływ jest wyrażany w jednostkach ilości tego co przepływa na jednostkę czasu a zawartość zbiornika w jednostkach ilości tego co przepływa. Jeżeli to co przepływa jest substancją to mamy do czynienia z przepływami ciągłymi. Jeżeli są to indywidualne obiekty to ich przepływ jest dyskretny.

Przykładami przepływów kumulującymi się są przepływy zasobów materiałowych, ludzkich, finansowych. Przykładem przepływu niekumulującego się jest przepływ informacji. Zarządzanie przepływami odbywa się poprzez ich regulację. W przepływach mogą

występować opóźnienia. Z każdym z wymienionych pojęć związany jest symbol graficzny je reprezentujący w języku modelowania wizualnego. Złożony proces transportowy reprezentowany jest jako sieć sprzężonych ze sobą przepływów materiałowych, informacyjnych i finansowych. Przestrzeń stanów procesu transportowego to głównie czterowymiarowa przestrzeń fizyczna w odniesieniu do przepływów materiałowych oraz dowolnie wielowymiarowa przestrzeń informacyjna. Każdy proces transportowy to jakaś (być może optymalna) trajektoria w przestrzeni geograficznej i informacyjnej. Dostępnych jest wiele środowisk wizualnego modelowania opartych na metaforze przepływów. Jednym z nich jest program AnyLogic® [1], [3]. W systemie tym oprócz metafory przepływów ciągłych i dyskretnych dodatkowo wykorzystywana jest metafora agentowa. Pojęcie agenta dotyczy każdego aktywnego uczestnika procesu.

Modele agentowe są cyfrową reprezentacją systemów złożonych z elementów i obiektów rozmieszczonych we wspólnym otoczeniu. Agenci wchodzą w interakcje ze sobą i otoczeniem oraz dążą do osiągnięcia zamierzonych celów. Potrafią podjąć decyzje jaką czynność wykonać, by osiągnąć założone cele. Mają też zasady decyzyjne, które są motorem ich działania [2].

Podstawowymi, aktywnymi uczestnikami procesu transportowego są środki transportu. Przedmiotem transportu są obiekty lub substancje, które można traktować jako pasywnych uczestników procesu o ile pominiemy ich oddziaływanie na przebieg i otoczenie procesu transportowego. W tym przypadku przedmioty transportu również traktowane będą jako byty agentowe [5].

Na poziomie języka programowania (Java w przypadku AnyLogic) pojęcie agenta jest reprezentowane w postaci hierarchii klas i egzemplarzy tych klas [6]. Środowiska modelowania agentowego, chociaż różnią się znacznie w warstwie implementacyjnej to mają jedną wspólną cechę - modelowane procesy są zdecentralizowane, rozwijające się w wyniku indywidualnych oddziaływań pomiędzy uczestnikami procesu oraz jego otoczeniem. Globalne zachowanie systemu wyłania się jako rezultat interakcji pomiędzy zachowaniami indywidualnych uczestników procesu.

Wzorce oddziaływań w zaawansowanych systemach nie muszą być narzucone w trakcie

budowy modelu, ale powstawać w wyniku procesu uczenia maszynowego w oparciu o strumień danych generowanych przez środowisko fizyczne, w które model tego środowiska jest wbudowywany. W wyniku takiego procesu uczenia określone, korzystne wzorce mogą być wzmacniane a niekorzystne wygaszane.

Metafora agentowa często kreuje zbyt złożoną konceptualizację modelowanego procesu. Redukcja tej złożoności może być osiągnięta poprzez wykorzystanie prostszych metafor procesu transportowego w postaci sieci regulowanych przepływów materiałowych pomiędzy źródłami a ujściami (upustami) o ile taka konceptualizacja może być spójnie wbudowana w metaforę agentową. Taką właśnie możliwość zapewnia środowisko AnyLogic [3], [4]. Program AnyLogic to rozbudowane narzędzie modelowania symulacyjnego umożliwiające tworzenie modeli dyskretnych, modeli ciągłych oraz modeli agentowych. Modelowanie agentowe - stosunkowo od niedawna wykorzystywane w symulacji procesów transportowych i szerzej procesów logistycznych stanowi doskonałe narzędzie do poznawania procesów zachodzących w systemach transportowych i logistycznych. Na kierunkach kształcenia takich jak transport i logistyka coraz szerzej wprowadza się do procesu dydaktycznego, w formie ćwiczeń laboratoryjnych, na których studenci budują, od prostych poczynając a na skomplikowanych kończąc, modele symulacyjne sieci transportowych, łańcuchów logistycznych i analizują procesy w nich zachodzące. Analizowanie zachowania się modeli pozwala lepiej zrozumieć strukturę sieci, rozpoznać zagrożenia, analizować losowość zakłóceń. Środowisko AnyLogic z przyjaznym dla użytkownika interfejsem graficznym pozwala budować i analizować modele w oparciu o rozbudowaną bibliotekę modelowania procesów. Inną ważną zaletą programu, z punktu widzenia procesu dydaktycznego, jest możliwość wykonania bardzo rozbudowanej i złożonej animacji analizowanych zjawisk. Użytkownik programu nie tylko tworzy model i analizuje wybrane parametry jego struktury, ale również wizualnie postrzega jego działanie.

Metoda i przykład modelowania procesów transportowych w programie AnyLogic

W programie AnyLogic zbiór symboli modelowania wizualnego jest znacznie rozszerzony w celu zwiększenia ekspresywności języka modelowania. I tak w przypadku modelowania przepływów dyskretnych zastosowane są pojęcia teorii kolejek a biblioteka symboli zawiera symbole reprezentujące te pojęcia. Alfabet symboli zorganizowany jest w oddzielnych, specjalistycznych bibliotekach modelowania procesów w przestrzeni abstrakcyjnej i geograficznej, modelowania ruchu pieszych, modelowania transportu kolejowego, modelowania transportu drogowego.

Każdy model w AnyLogic posiada warstwę logiczną tworzoną w przypadku przepływów dyskretnych z symboli takich jak źródło, ujście, kolejka oraz warstwy wizualizacyjnej, w której trasy przepływów transportowych są odwzorowywane na mapach. Odpowiedniość między warstwą logiczną a wizualizacyjną jest niemal bezpośrednia. I tak, źródłom w warstwie logicznej odpowiadają np. centra dystrybucji,

ujściom odbiorcy, hurtownie lub klienci końcowi. Trasy przejazdu mogą być symboliczne lub odpowiadać rzeczywistej sieci dróg kołowych lub kolejowych. Wizualizacja obiektów geograficznych modelowana jest w technologii kompatybilnej z Google Maps z wykorzystaniem obiektów takich jak GIS Point, GIS Route, GIS Region i mechanizmami wyszukiwania, powiększania i przemieszczania [10].

Zasoby i aktywni uczestnicy procesu mogą mieć indywidualne zachowanie niezależne od przebiegu procesu. Agenci mogą się pojawiać w trakcie procesu lub opuszczać go w zależności od zdarzeń generowanych poprzez zmianę stanu innych, związanych z nimi uczestników procesu.

Jako przykład modelowania procesów transportowych rozważmy prosty łańcuch zaopatrzeniowy składający się z jednego centrum dystrybucji oraz kilku odbiorców (hurtownie) rozmieszczonych w konkretnej przestrzeni geograficznej. Dostawy z centrum dystrybucyjnego są realizowane transportem drogowym z uwzględnieniem istniejącej infrastruktury drogowej (rys.1).



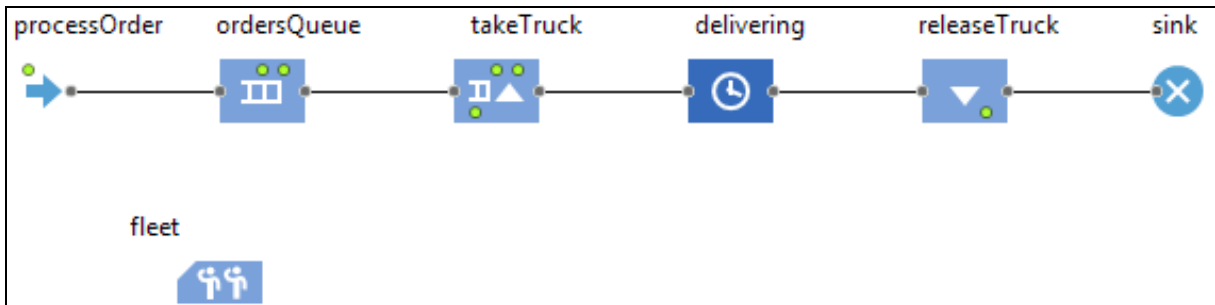
Rys.1. Mapa z lokalizacją centrum dystrybucyjnego i odbiorcami ładunków

Przebiegi materialne odbywają się w sprzężeniu z przepływami informacji dotyczącymi zamówień. Warstwę logiczną procesu przetwarzania i realizacji zamówień przedstawiono na

rys. 2. Zawiera ona: źródło zamówień (processOrder), kolejkę zamówień oczekujących na wykonanie (ordersQueue), pobranie środka transportu z puli środków transportu

(takeTruck), dostawa zamówienia której czas trwania jest znany z dokładnością rozkładu prawdopodobieństwa, Uwolnienie środka transportu, zakończenie procesu (Sink). Czas oczekiwania w kolejce jest zależny strumienia

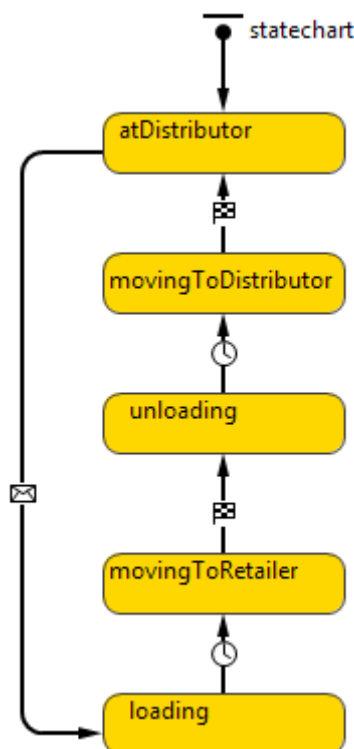
zamówień i od liczby dostępnych środków transportu. Nowe realizacje zamówień oczekujących w kolejce zależą do tego czy dostępne są środki transportu.



Rys. 2. Model logiczny.

Ruch samochodów (samochód - agent zbiorowy klasy fleet) przedstawiono w postaci diagramu stanów: załadunek, przejazd do odbiorcy, rozładunek, powrót do centrum dystrybu-

cyjnego) (rys.3). Specyfikacje zachowań agenta definiowane są poprzez jego atrybuty i metody. Wizualizacje przewozów pokazano na rys. 4.



Rys.3. Diagram przepływu zadań



Rys. 4. Wizualizacja przewozów na mapie.

W modelu procesu mogą być uwzględnione czynniki losowe warunkujące wybór trasy przejazdu i określające czas poszczególnych operacji w postaci predefiniowanych rozkładów prawdopodobieństwa.

Podstawowym zastosowaniem modelu jest wspomaganie decyzji związanych z zarządzaniem procesami transportowymi. Dotyczy to takich aspektów procesu decyzyjnego jak walidacja logicznej poprawności planów przewozowych oraz optymalizacja procesu transportowego ze względu na różne ograniczenia kryteria.

Podsumowanie

Powszechnie uznanym schematem konceptualizacyjnym procesów transportowych jest metafora przepływów. Z kolei metafora agentowa jest uznanym schematem rozumowania o wszelkich dziedzinach przedmiotowych ukierunkowanym na procesy i struktury czynnościowe tych procesów. Zastosowanie technologii agentowej do modelowania procesów transportowych przedstawiono w oparciu o środowisko modelowania wizualnego AnyLogic. Uważamy, że na obecnym etapie rozwoju tego programu jego główne zastosowanie to wykorzystanie w procesie dydaktycznym, w którym proces edukacyjny w zakresie systemów transportowych i logistyki poznawany jest poprzez budowanie komputerowych modeli symulacyjnych i uczenie podejmowania decyzji w oparciu

eksperymenty symulacyjne na modelach. Uważamy, że zaawansowane technologie modelowania procesów transportowych, w których model jest formalną i wykonywalną symboliczną reprezentacją wiedzy o modelowanym procesie, staną się nieodłączną częścią systemów transportowych.

Środowisko programistyczne AnyLogic w którym wykonano przykład agentowego modelowania procesu transportowego zyskuje coraz większe uznanie nie tylko w instytucjach edukacyjnych ale również w zarządzaniu procesami w różnych dziedzinach przedmiotowych takich jak:

- transport i logistyka (Trenitalia, Koleje Szwajcarskie SBB, Gazprom, Union Pacific, Strabag, Kuehne+Nagel, Fraunhofer),
- usługi medyczne (Pfizer, Roche, Health Merket Science, University Hospital in the Stockholm County),
- magazynowanie (Gefco, Recargo, Xerox),
- procesy biznesowe (Erns&Young, Deloitte, IBM, FederalExpress, Thales),
- przemysł - modelowanie przepływów materiałowych w procesach produkcyjnych (Boeing, Hewlett Packard, John Deere, General Dynamics, Caterpillar, Intel, Augusta Westland, Claas, Osram),
- modelowanie przepływu osób na dworcach kolejowych, lotniskach (SNCF, Aeroports de Paris, Eurostar, Moscow Ring Railway, Fraport AG).

Zastosowanie narzędzi w postaci programów do modelowania w procesie kształcenia inżynierów z obszaru transportu, logistyki daje ogromne możliwości poznawcze zachodzących w tych systemach procesów. Analiza modeli symulacyjnych umożliwia studentom wypracowanie decyzji w zależności od zaistniałych

sytuacji możliwych do zamodelowania w postaci modelu symulacyjnego i wyboru optymalnego rozwiązania. Student może analizować różne sytuacje prawdopodobne i mniej prawdopodobne mogące zaistnieć w warunkach rzeczywistych na realnych obiektach.

Bibliografia

1. Borshchev, A., *The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 6.* Kindle Edition 2014.
2. Dzieszko, P., Bartkowiak, K., Giełda-Pinas, K., Modelowanie agentowe nowoczesna koncepcja modelowania w GIS. *Roczniki Geomatyki 2013, tom XI zeszyt 4(61) s.8-16.*
3. Grigoryev, I., *AnyLogic 7 in Three Days: A Quick Course in Simulation Modeling. Second Edition.* 2015.
4. Ivanov D.A., Supply chain multi-structural (re)-design. *International Journal of Integrated Supply Management*, No. 5(1)/2009, pp. 19-37.
5. Karpov, Y.G., AnyLogic – a New Generation Professional Simulation Tool. VI International Congress on Mathematical Modeling, September 20-26th, 2004, NizniNovgorod, Russia.
6. SiebersP-O., AickelinU., CeliaH., Chris W. Clegg. A Multi-Agent Simulation of Retail Management Practices, *Proceedings of the Summer Computer Simulation Conference (SCSC 2007)*, 2007.
7. Salamon, T., *Design of Agent-Based Models.* Eva & TomasBruckner Publishing. Řepin-Živonín, 2011.
8. Sowa, J.F., *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations,* Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 2000.
9. Tolujew, J., *Simulation logistischer Netze.* <http://simulation.su/uploads/files/default/toluev.pdf> (access 1.09.2015).
10. Boyev, V. *Kontseptual'noye Proyektirovaniye Sistem V Anylogic 7 GPSS World.* SPb.: VAS, 2014.