



ПОДХОД ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА МНОГОАГЕНТНИТЕ СИМУЛАЦИОННИ МОДЕЛИ ВЪВ ВЕРИГАТА НА ДОСТАВКИ

Радослав Димитров, Теодор Беров
asroma12@abv.bg, tberov@vtu.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
гр. София, ул. „Гео Милев“ № 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *многоагентни симулационни модели, агенти, логистична система, симулация*

Резюме: *В настоящата статия се разглеждат възможностите за прилагане на многоагентните симулационни модели за оптимизиране на веригата за доставки. Агентно-базирано моделиране и симулация (АБМС) е подход за моделиране, състоящ се от автономни, взаимодействащи си агенти. Веригата за доставки е комплексна логистична система в която суровините и материалите се преработват в крайни продукти, и се дистрибутират до крайните потребители или фирми. Обърнато е внимание на отличителните характеристики на многоагентните системи, основни изграждащи ги компоненти и инструментални средства за разработването им. Представена е структура и блок-схема на типичен агентно-базиран модел. Анализирани са веригата на доставки от гледна точка на възможности за моделиране и симулиране чрез инструментариума на АБМС - основни елементи, участващи в процеса на дистрибуция и представянето им като агенти. В моделирането се търси максимума на печалба в процеса на дистрибуция. Показаният метод, базиран на агенти, има за цел да разгледа как е структурирана една логистична система и да помогне при вземането на решение, относно пространственото планиране или стратегиите, които се приемат. Този подход дава възможност на модела да се адаптира към различни логистични системи и да се приложи за оптимизиране или изграждане на вериги за доставки.*

ВЪВЕДЕНИЕ

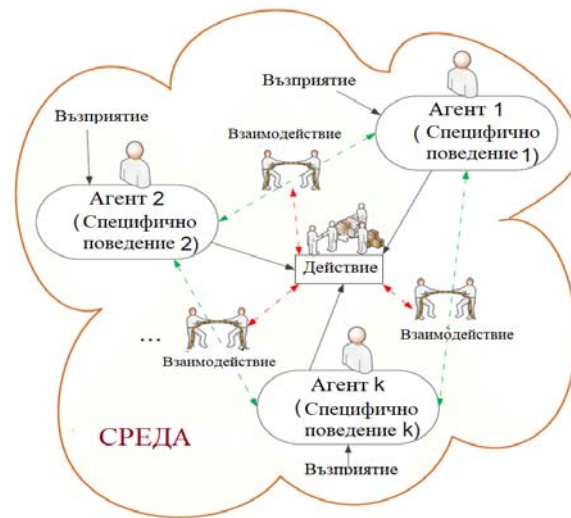
Веригата на доставките е комплексна логистична система в която суровините и материалите се преработват в крайни продукти и се дистрибутират до крайните потребители или фирми. Тя включва доставчици, центрове за производство, складове, дистрибуционни центрове, търговци на дребно или търговски вериги.

Управлението на веригата за доставки е обработката на целия производствен поток на стока или услуга – като се започне от суровите компоненти и се стигне до доставката на крайния продукт до потребителя.

Анализът на процесите с цел оптимизиране управлението на веригата на доставки [1] трябва да включва подходящ баланс между анализ и симулация.

Прилагане на математическо моделиране в този процес има широко приложение, тъй като веригите за доставки нарастват както на нива, така и на връзки.

Компютърната симулация (симуляционното моделиране) се използва доста често в научните изследвания, икономическите и социалните процеси.



Фиг. 1. Структура на АБМ

[/https://www.researchgate.net/figure/Basic-structure-of-an-agent-based-model_fig2_305722626/](https://www.researchgate.net/figure/Basic-structure-of-an-agent-based-model_fig2_305722626/)

Предимствата, които осигурява симуляционната среда са:

- Системата (или част от нея) може да бъде както тествана, настройвана и така валидирана без да е необходимо използването на реална (напр. физическа) среда;
- Проиграването на различни сценарии може да бъде изпълнено доста лесно, безопасно и без разход на скъпо струващи ресурси;
- Симулацията може да бъде изпълнена толкова пъти, колкото е необходимо.
- Симуляционният процес може да бъде компресиран във времето, и в кратък срок да бъдат получени резултати, които изискват дълго време за работа.

В създаването на имитационните модели се отбелязват три основни подхода- системно- динамичен, дискретно събитийен и агентно-базиран (АБМ) – показан на фиг.1.

Предмет на настоящият доклад е приложение на агентно-базирано моделиране и симулация в системата за управление на веригата на доставки.

МНОГОАГЕНТНИ СИМУЛЯЦИОННИ МОДЕЛИ

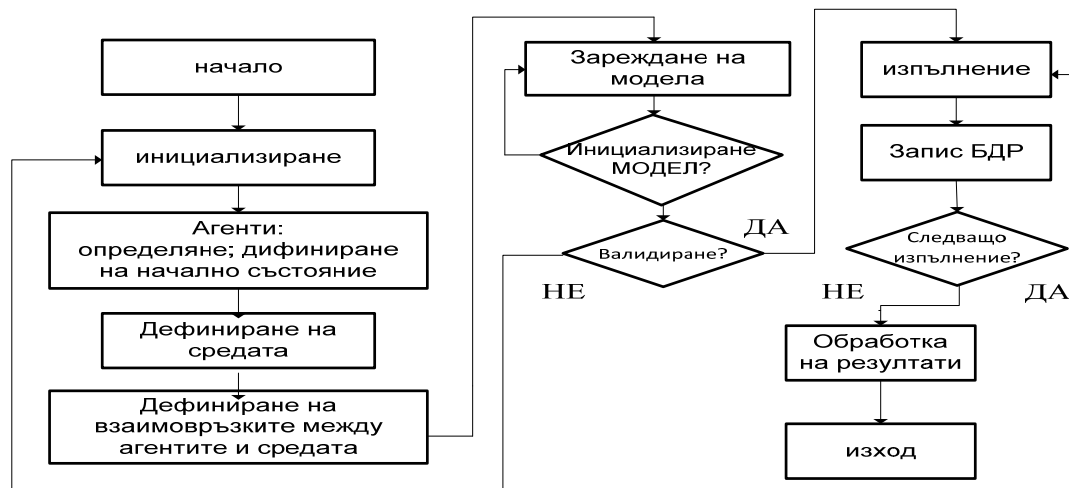
Агентно-базирано моделиране и симулация (АБМС) [2] е подход към системите за моделиране, състоящи се от автономни, взаимодействащи си агенти. Под автономни имаме предвид, че софтуерните агенти имат програмирано поведение, което им дава възможност да решават или да действат в контекста на симулацията, в зависимост от ситуациите, в които се намират агентите.

Агентът е общо понятие с широко приложение. Агентите често представляват хора или специфични групи, като за логистичната верига те могат да бъдат - производители, доставчици, посредници, превозвачи, потребители и др. Симулацията, базирана на агенти, обикновено се използва за моделиране на взаимоотношения в организации (общества), които изявяват специфично поведение, свързано с вземане на решения или други подобни дейности, свързани със (организационно, социално) поведение.

Основните елементи на един агентно-базиран симулационен модел са [3]:

- Агенти, притежаващи възможно хетерогенна спецификация на поведението;
- Среда, в която агентите функционират и от която получават сигнали и възприятия;
- Механизъм на взаимодействие между агентите – могат да включват както директен, така и индиректен обмен на информация.

Агентите взаимодействат в допълнение към други агенти с тяхната среда. Блок-схема на типичен агентно-базиран модел е показан на фигура 2.



Фиг. 2. Блок-схема на АБМС

Най-важната характеристика на агента е да действа автономно, да действа по своя собствен алгоритъм без външна намеса в отговор на създадените ситуации. Агентите имат някои по-съществени характеристики: самостоятелен, модулен и уникален. При изискването за модулност се предполага, че той има граница. Лесно човек може да определи дали е част от агент, дали не е или е споделен атрибут. Агентът е социален, има динамични взаимодействия с други агенти, които влияят на неговото поведение. Те могат да различават чертите на другите агенти с които взаимодействат. Това позволява на агента да сравнява резултата от поведението си спрямо целите си и да коригира реакции при бъдещи взаимодействия. Те могат да бъдат хетерогенни.

Агентно-базирано моделиране може да се осъществи както с помощта на универсален софтуер или езици за програмиране, така и с помощта на специално проектиран софтуер и набори от инструменти, които отговарят на специфичните изисквания за моделиране на агентите:

- Електронни таблици: Excel с използване на макроси и езика за програмиране Visual Basic Applications (VBA);
- Общо-математически изчислителни системи: MATLAB, Mathematica;
- Специализирани среди за разработка на агенти: Repast, Swarm, MASON, AnyLogic, Simio;
- Общи (обектно-ориентирани) езици за програмиране: C++, Java, Python.

ВЕРИГАТА НА ДОСТАВКИ КАТО ОБЕКТ НА АБМС

Основни елементи в системата за управление на веригата на доставки [4]:

Планиране - Планирайте и управлявайте всички ресурси, необходими за задоволяване на търсенето на клиентите за даден продукт или услуга на търговеца.

Избор на доставчик - Привлекателността на доставчиците се получава от местоположението на доставчика и количеството на стоката, произведена от този доставчик.

Производство – „направи или купи“.

Доставка и логистика - доставка на суровини и материали (до производственото предприятие; вътешнозаводска; на готовата продукция до потребителя в съответствие с неговите изисквания) и предаване, съхранение и обработка на съответстващата информация.

Обратна логистика - мрежа или процес за обратно връщане на дефектни, излишни или нежелани стоки, а също така и опаковки за многократна употреба.

Агент за придобиване на поръчки. Този агент е отговорен за получаване на поръчки от клиенти; договаряне с клиенти за цени, срокове и други подобни; и обработка на заявки на клиенти за промяна или анулиране на техните поръчки. Когато клиентска поръчка се промени, тази промяна се съобщава на логистичния агент. Когато плановете нарушават ограниченията, наложени от клиента (като нарушение на срока), агентът за придобиване на поръчки договаря с клиента и логистичния агент за осъществим план.

Логистичен агент. Този агент е отговорен за координирането на заводите, доставчиците и дистрибуторските центрове в домейна на предприятието, за да постигне възможно най-добрите резултати по отношение на целите на веригата за доставки, включително доставка навреме, минимизиране на разходите и т.н. Той управлява движението на продукти или материали по веригата на доставки от доставчика на суровини до клиента на готови стоки.

Транспортен агент. Този агент е отговорен за назначаването и планирането на транспортни ресурси, за да удовлетвори заявките за движение между растенията, определени от логистичния агент. Той може да вземе предвид различни транспортни активи и транспортни маршрути при изграждането на своите графици.

Агент за планиране. Този агент е отговорен за планирането и разсрочването на дейностите във фабриката, проучване на хипотетични сценарии „какво-ако“ за потенциални нови поръчки и генериране на графици, които се изпращат на агента за изпращане за изпълнение. Той разпределя ресурси и начални времена на дейности, които са осъществими, като в същото време се оптимизират определени критерии, като минимизиране на текущата работа или закъснение.

Агент за снабдяване. Ресурсният агент обединява функциите за управление на запасите и закупуване. Той динамично управлява наличността на ресурси, така че графикът да може да бъде изпълнен. Оценява търсенето на ресурси и определя количествата за поръчка. Отговорен е за избора на доставчици, които минимизират разходите и максимизират доставката. Този агент генерира поръчки за покупка и следи доставката на ресурси. Когато ресурсите не пристигат според очакванията, той помага на планировчика да проучи алтернативи на графика, като генерира алтернативни планове за ресурси.

Агент Диспечер. Този агент изпълнява функциите за освобождаване на поръчката и контрол на процеса в реално време, както е указано от агента за планиране. Той работи автономно, докато структурата работи в рамките на ограниченията, определени от агента за планиране. Когато възникнат отклонения от графика, диспечерският агент ги съобщава на агента по график. Предвид степените на свобода в графика, диспечерът взема решения какво да прави. Когато решава какво да прави по-нататък, диспечерът трябва да балансира разходите за изпълнение дейностите, времето и несигурността на процесите.



Фиг. 3: Дистрибуционни канали

Дистрибуционните канали може да бъдат определени като пътищата, свързващи клиентите и товародателите на стоката. Във веригата на доставка, има редица възможни канали за дистрибуция. В един прост пример, както е показано на фиг.3, търговците на дребно могат да закупят стока от търговци на едро или на по-високи нива.

Таблица 1. Процес в проста верига за доставки

стоки	обекти	парам.	действие
	Агенти „доставки“	Cs_i, Ps_i	- изчаква да получи заявка от „D“; - изпраща стока за „D“ и обновява складовите наличности и др.
	Агенти „дистрибутор“	Cd_i, Pd_i	- изчаква да получи заявка от „R“; - изпраща стока за „R“ и обновява складовите наличности -изпраща заявки към „S“ и др.
	Агенти „търговец на дребно“	Cr_i, Pr_i	- изчаква да получи заявка от „Cus“; - изпраща стока за „Cus“ и обновява складовите наличности -изпраща заявки към „D“ и др.
консуматори	Агент „консуматори“,	Cus	Генерира случайни заявки по време и количество

Дистрибуторите имат изключителни права за продажба във веригата на доставки. Всички субекти вземат решения самостоятелно, но те са готови да преговарят, за да оптимизират цялата верига.

При моделиране търсим максимална печалба в процеса на дистрибуция. Общата печалба на веригата за доставки е сумата от печалбата на доставчиците, дистрибуторите и търговците на дребно.

$$(1) \quad P(S) = \sum_{i=1}^m P_{S_i} + \sum_{j=1}^n P_{D_j} + \sum_{k=1}^s P_{R_k} \rightarrow \max$$

Доставчикът на логистика управлява верига за доставки, чиято целта е да доставя бързо и редовно стоките на своите клиенти. Той трябва да прави поръчка за прехвърляне на стоки от един склад в друг, за да се балансира добре запасите. Редът за прехвърляне зависи от прага, под който даден логистичен доставчик поръчва доставката. Веригата за доставки е проектирана като мрежа и може да има различни нива в зависимост както от всяка приетата стратегия от агента, така и от вида на логистичната верига. Топологията на веригата за доставки и характеристиките на

складовете, които я съставят (позиция, повърхност, достъпност) определят представянето на агента. Това е характеристика на агенти доставчик на логистика, която е публична за други агенти [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата статия се разглеждат възможностите за прилагане на АБМС за оптимизиране на веригата за доставки. Представена е структура и блок-схема на типичен агентно-базиран модел. Анализирани са веригата на доставки от гледна точка на възможности за моделиране и симулиране чрез инструментариума на АБМС - основни елементи, участващи в процеса на дистрибуция и представянето им като агенти. Показаният метод, базиран на агенти, има за цел да разгледа как е структурирана една логистична система и да помогне при вземането на решение, относно пространственото планиране или стратегиите, които се приемат. Този подход дава възможност на модела да се адаптира към различни логистични системи и да се приложи за оптимизиране или изграждане на вериги за доставки. В моделирането се търси максимума на печалба в процеса на дистрибуция.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Ю. Варадинова – Милкова, Карагъзов, К., Т. Размов, Използване на интегралния подход при оптимизирането на структурата и елементите на логистичните вериги и при управление на логистичните системи, Годишник на ВТУ „Т. Каблешков, 2012, бр.3, ISSN 1314-362X, София
- [2] CM Macal, MJ North, Tutorial on agent-based modelling and simulation, Journal of Simulation (2010) 4(3):151-162. DOI:10.1057/jos.2010.3
- [3] МП Иванов, Съвременно приложение на многоагентните симулационни модели в изследванията и в практиката, (2017), <https://eprints.nbu.bg/id/eprint/3389/1/>
- [4] WanSup Um, Huitian Lu, Teresa J. K. Hall, A Study of Multi-Agent Based Supply Chain Modeling and Management. iBusiness, 2010, 2, 333-341 doi:10.4236/ib.2010.24043 (<http://www.scirp.org/journal/ib>)
- [5] Thibaut Demare, Cyrille Bertelle, Antoine Dutot, Laurent Leveque, Agent-based Approach and Dynamic Graphs to Model Logistic Corridor , 2014.

AN APPROACH TO APPLICATION FOR MULTI-AGENT SIMULATION IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Radoslav Dimitrov, Teodor Berov
asroma12@abv.bg, tberov@vtu.bg

**Todor Kableshkov University of Transport,
1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA**

Key words: *multi-agent simulation, modeling, agents, logistics system, simulation*

Abstract: *This article presents the possibilities of applying multi-agent simulation for supply chain optimization. Agent-based modeling and simulation (ABMS) is an approach that consists of autonomous, interacting agents. A supply chain is a complex logistics system in which raw materials are processed into finished products and distributed to end users or businesses. Attention is paid to the distinctive features of multi-agent systems, their main components and the tools for their development. A structure and flowchart of a typical agent-based model are presented. The supply chain is analyzed in terms of modeling and simulation capabilities through the ABMS toolkit - main elements involved in the distribution process and their representation as agents. Modeling seeks to maximize profit in the distribution process. The demonstrated agent-based method aims to look at how the logistics system is structured and help to decide on the spatial planning or strategies that are adopted. This approach allows the model to adapt to different logistics systems and be applied to optimize or build supply chains.*