

5. *Глуцєвський В. В.* Проблема вибору типу математичної моделі в задачах оптимізації структури портфеля цінних паперів // Новое в экономической кибернетике: (Сб. науч. ст.) Под общ. ред. Ю. Г. Лысенко; Донецкий нац. ун-т. Модели экономических процессов трансформационной экономики. — Донецк: ДонНУ, 2001. — № 4. — С. 161—171.

6. *Порохня В. М., Глуцєвський В. В., Деревлев В. Л.* Динамічна модель оперативного управління портфелем цінних паперів // Економіка: проблеми теорії та практики. Міжвузівський збірник наукових праць. Вип. 77. — Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2001. — С. 10—15.

7. Основи інформаційних систем: Навч. посібник / Ситник В. Ф., Писаревська Т. А., Єршоміна Н. В. та ін. / За ред. В. Ф. Ситника. — К.: КНЕУ, 1997. — 252 с.

8. *Лаура Томсон, Люк Веллінг.* Разработка Web-приложений на PHP и MySQL. — К.: Издательство «ДиаСофт», 2002. — 672 с.

9. *Кириллов В. В.* Основы проектирования реляционных баз данных [Електр. ресурс]. — Спосіб доступу: URL:<http://www.citforum.ru/database/dbguide/index.shtml>. — Загол. з екрана.

10. *Кузнєцов С. Д.* Основы современных баз данных, информационно-аналитические материалы [Електр. ресурс]. — Спосіб доступу: URL: <http://www.citforum.ru/database/osbd/contents.shtml>. — Загол. з екрана.

Статтю подано до редакції 05.04.10 р.

УДК: 004.94

В. М. Гужва, канд. екон. наук, доц.,
ДВНЗ «Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана»

ТЕХНОЛОГІЯ АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ

АНОТАЦІЯ. Для вирішення проблем, що виникають у реальному світі — у техніці, виробництві, обслуговуванні, маркетингу, фінансах, охороні здоров'я, транспорті тощо — досить часто використовується моделювання. Воно застосовується у тих випадках, коли експерименти з реальними об'єктами/системами або їх прототипування є неможливими або ж дуже дорогими. Традиційно розрізняють аналітичне і імітаційне моделювання. Імітаційне моделювання виникло в 60-і роки минулого століття і на сьогодні воно включає чотири наступні типи: динамічні системи, системна динаміка, дискретно-подійне моделювання та агентне моделювання. Всі ці напрямки застосовуються, у тому числі, і для розв'язку економічних задач на різних рівнях абстракції. Агентне моделювання (АМ), розвиток якого прямо визначається обчислювальними можливостями сучасних комп'ютерів, дозволяє представити (змодельовати) систему практично будь-якої складності (наприклад, виробниче підприємство, банк, фондовий ринок тощо) з великою кількістю взаємодіючих об'єктів, не прибігаючи до їхнього агрегування.

Предметом розгляду цієї статті є методи імітаційного моделювання і, зокрема, агентно-орієнтоване моделювання ланцюгів постачання.

ABSTRACT. The modeling is frequently used to solve the problems that arise in the real world — in engineering, manufacturing, service, marketing, finance, health, transport, etc. It applies in cases where experiments with real objects/systems or their prototypes are impossible or too expensive. There are two types of modeling — analytical modeling and simulation. Simulation emerged in the sixties of last century and today it includes the following four types: dynamic system, system dynamics, discrete-event modeling and agent-based modeling. All these areas are used, including, for the solution of economic problems at different levels of abstraction. Agent-based modeling (AM), a development which is directly determined by the computing power of modern computers allows us to represent (simulate) a system of virtually any complexity (eg, production company, bank, stock market, etc.) with a large number of interacting objects, without resorting to aggregation.

Subject of this article is the method of simulation and, in particular, agent-based modeling of supply chains.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. імітаційне моделювання, системна динаміка, динамічні системи, дискретно-подійне моделювання, агент, агентна модель агентно-орієнтоване моделювання, ланцюги постачання.

Імітаційне моделювання та його основні парадигми. Імітаційне моделювання являє собою процес побудови узагальненої комп'ютерної моделі системи з алгоритмічним описом основних правил її поведінки та процесів. Зазвичай імітаційна модель створюється для відповіді на питання «що, якщо ...», тобто для дослідження можливих сценаріїв розвитку системи при варіації певних параметрів. Після створення моделі з нею проводять численні комп'ютерні симуляції — імітаційні експерименти. Під час них іде ітераційний процес уточнення або відкидання гіпотез, що використовувалися для опису системи. Такий підхід дозволяє отримати аналог експерименту в економіці, соціології, екології, при вирішенні задач оптимізації і планування в бізнесі.

Можливий перелік практичних задач, до яких ефективно застосовується імітаційне моделювання, наведений на рис. 1 [1].

Задачі ці розташовані на шкалі рівня абстракції, що використовується у відповідних моделях. На найдетальнішому рівні знаходиться так зване фізичне моделювання, де розглядаються конкретні матеріальні об'єкти з їх точними розмірами, відстанями, швидкостями, прискореннями та часом. Таким чином, внизу шкали розташовані моделі систем управління, вуличний і пішохідний рух, що моделюється на мікрорівні, та ін. Моделі виробництва з конвеєрами, верстатами, операторами розташовані вище, оскільки зазвичай тут є можливість абстрагуватися від точних фізичних траєкторій і часу та використовувати їх усереднені зна-

чення або стохастичні моделі. Це ж відноситься і до моделей складської логістики з автотранспортом, стелажми і тому подібним. Моделі бізнес-процесів і систем обслуговування оперують зазвичай лише часом і розкладами, хоча фізичне переміщення інколи також враховується. Наприклад, в охороні здоров'я при моделюванні звичайного відділення лікарні в основному важливі кількість і графік роботи персоналу, обладнання, потік пацієнтів і логіка роботи з ними, тоді як для відділення швидкої допомоги може бути врахована також конфігурація будівлі, довжини коридорів тощо.



Рис. 1. Додатки імітаційного моделювання на шкалі рівня абстракції

При моделюванні транспортних і комп'ютерних мереж важливими є розклади, затримки, потужності і ємкості, час завантаження/розвантаження/обробки. Макрорівень транспортно-пішохідно-мережевого моделювання абстрагується від індивідуальних машин, людей і пакетів даних і розглядає лише їх кількості. Ланцюжки постачань моделюються на різних рівнях абстракції, так що їх можна було б розташувати в будь-якому місці шкали від середнього до високого рівня.

До завдань у верхній частині шкали традиційно застосовують поняття впливів, зворотних зв'язків, тенденцій і тому подібне. Замість індивідуальних об'єктів, таких як клієнти, співробітники, машини, тварини, транзакції, товари, розглядають їх агрегати, кількості.

На рис. 2 показано основні підходи в імітаційному моделюванні: системна динаміка (СД), дискретно-подійне моделювання (ДП) та агентне моделювання (АМ) [1-3]. СД і ДП — традиційні сталі підходи, АМ — відносно новий. Область моделювання динамічних систем, будучи інженерною дисципліною, залишиться поза розглядом. Математично СД і ДП оперують в основному з безперервним у часі процесами, тоді як СД і АМ — в основному з дискретними.



Рис. 2. Підходи в імітаційному моделюванні на шкалі рівня абстракції

Динамічні системи, природно, знаходяться внизу шкали. Системна динаміка, замінюючи індивідуальні об'єкти їх агрегатами, навпаки, передбачає найвищий рівень абстракції. ДП-моделювання працює в низькому і середньому діапазоні.

Що ж до АМ, то воно може застосовуватися практично на будь-якому рівні і в будь-яких масштабах. Агенти можуть представляти пішоходів, автомобілі або роботів у фізичному просторі, клієнта або продавця на середньому рівні або ж конкуруючі компанії на високому.

Агентне моделювання. Основу цього підходу до моделювання складають агентно-орієнтовані моделі (АОМ). АОМ — спеціальний клас обчислюваних моделей, що базуються на індивідуальній поведінці агентів та створюються для комп'ютерних симуляцій.

Такі комп'ютерні симуляції тісно взаємозв'язані з наступними поняттями: складні системи, метод Монте-Карло, обчислювальна соціологія, системи з безліччю агентів і еволюційне програмування тощо.

Перша АОМ була розроблена в кінці 1940-х рр. Надалі розвиток мікрокомп'ютерів сприяв подальшому розвитку цього напрямку і можливості проводити комп'ютерні симуляції. Основна ідея, що лежить в основі АОМ, полягає в побудові «обчислювального інструменту» (сукупності агентів з певним набором властивостей), що дозволяє проводити симуляції реальних явищ. Кінцева мета процесу по створенню АОМ — відстежити вплив флуктуацій агентів, що діють на мікрорівні, на показники макrorівня. Прийнято вважати, що агенти-орієнтовані моделі беруть свій початок з обчислювальних машин Джона фон Неймана (Von Neumann), що є теоретичними машинами, здатними до відтворення. Джон фон Нейман запропонував використовувати машини, які слідуєть детальним інструкціям для створення точних копій самих себе. Згодом даний підхід був вдосконалений другим фон Неймана — Станіславом Уламом, який запропонував відтворювати машину на папері, — як набір кліток на ґратах. Даний підхід став початком розвитку клітинних автоматів.

Найбільш відомою реалізацією кінцевого автомата стала гра «Життя», запропонована Джоном Хортоном Конвеєм (John Horton Conway), відрізняється від машини фон Неймана досить простими правилами поведінки агентів. Використання АОМ для соціальних систем взяло свій початок з роботи програміста Крега Рейнолдса (Craig Reynolds), в якій він зробив спробу моделювання діяльності живих біологічних агентів (модель «Artificial life» — Штучне життя).

В основі агентно-орієнтованих моделей лежать три основні ідеї:

- 1) *об'єктна орієнтованість;*
- 2) *здатність агентів до навчання (або їх еволюція);*
- 3) *складність обчислень.*

Домінуючим методологічним підходом є підхід, при якому обчислюється рівновага або псевдорівновага системи, що містить у собі безліч агентів. При цьому, власне моделі, використовуючи прості правила поведінки, можуть видавати вельми цікаві результати. АОМ складаються з агентів, що динамічно взаємодіють за певними правилами. Середовище, в якому вони взаємодіють, може бути достатнє складним.

Основними властивостями агентів в АОМ є:

1) *інтелектуальність*. У той же час, ця властивість має бути помірною для того, щоб агенти не могли пізнати щось більше, що виходить за рамки правил гри;

2) *наявність життєвої мети*;

3) *розташування в часі і просторі*. Мається на увазі деяке «місце існування», яке може бути представлена і у вигляді ґрат, так і у вигляді набагато складнішої структури. Інколи результат взаємодії агентів у «місці існування» — рівновага, інколи — безперервний процес еволюції, а інколи — нескінченний цикл без певного рішення.

Вважається, що АОМ доповнюють традиційні аналітичні методи. Останні дозволяють нам охарактеризувати рівновагу системи, а АОМ — досліджувати можливість отримання такого стану. АОМ можуть пояснити причину виникнення таких явищ, як: терористичні організації, війни, обвалення ринку акцій та ін. В ідеалі АОМ можуть допомогти ідентифікувати критичні моменти часу, після настання яких надзвичайні наслідки матимуть незворотній характер.

З середини 1990-х років АОМ стали використовувати для вирішення безлічі комерційних і технологічних проблем. Прикладами можуть послужити завдання:

- оптимізації мережі постачальників і логістика;
- моделювання споживчої поведінки (у тому числі соціальні мережі);
- розподілених обчислень;
- менеджменту трудових ресурсів;
- управління транспортом;
- управління інвестиційними портфелями.

У цих та інших додатках стратегії поведінки визначаються з урахуванням поведінки безлічі індивідуальних агентів–атомів і їх взаємодій. Таким чином, АОМ можуть допомогти у вивченні впливу індивідуальної поведінки агентів на еволюцію всієї системи.

На відміну від системної динаміки або дискретно-подійних моделей у рамках агентно-орієнтованого моделювання не існує такого місця, де б централізовано визначалася поведінка (динаміка) системи в цілому. Замість цього аналітик визначає поведінку на індивідуальному рівні, а глобальна поведінка виникає (emerges) як результат діяльності багатьох (десятків, сотень, тисяч, мільйонів) агентів, кожен з яких слідує своїм власним правилам, живе в загальному середовищі і взаємодіє з середовищем і з іншими агентами. Тому АМ називають ще моделюванням від низу до

верху. Рисунок 3 можна умовно розглядати як агентну модель динаміки населення країни. У цій моделі один з аспектів поведінки агента заданий картою станів (statechart), а модель середовища може включати житло, робочі місця, транспортну інфраструктуру та ін.



Рис. 3. Типова архітектура агентної моделі. Поведінка (карта станів) в пакеті AnyLogic Побудова агентних моделей. Побудова агентних моделей здійснюється здебільшого так, як і побудова будь-якої іншої моделі в процесі моделювання

Автори [6] відзначають характерні риси в побудові агентних моделей. На додаток до стандартних задач побудови моделі, практичне AM потребує виконання наступних кроків:

- визначення агентів і теоретичних основ поведінки агентів;
- визначення взаємовідносини між агентами і теоретичних основ таких відносин;
- пошук платформи для AM і розробка стратегії AM моделі;
- отримання необхідних даних для агентів,
- перевірка (етап валідації) моделі поведінки агентів (на додаток до всієї моделі в цілому);
- запуск моделі та аналіз вихідних даних з точки зору зв'язку між поведінкою агентів на мікрорівні та поведінкою всієї системи в цілому.

Розглянемо кожен з етапів більш детально.

1) Визначення агентів.

Визначення агентів з точним завданням їхньої поведінки та взаємодії з іншими агентами — це основа для розробки достовірних агентних моделей. Агенти — це ті, хто зазвичай приймають рішення в системі (особа, що приймає рішення — ОПР). В такій якості можуть виступати:

- традиційні ОПР;
- менеджери;
- нетрадиційні ОПР (складні комп'ютерні системи зі складною поведінкою);
- групи (якщо це продиктовано цілями агентного моделювання).

2) Як тільки агенти визначені, наступним головним завданням стає визначення поведінки агентів. Тут можна рекомендувати наступне:

а) знайти теоретичні основи поведінки агентів. Наприклад, можна почати з нормативної моделі і використовувати цю модель в якості відправної точки для розробки простої і наочної евристичної моделі поведінки;

б) можна також почати з поведінкової моделі, якщо є підходяща поведінкова теорія та результати її застосування виглядають адекватними. Наприклад, є велика кількість теорій для моделювання поведінки покупця, заснованих на емпіричних знаннях;

в) коли поведінка окремих особистостей (людей) використовується в якості основи для агентних моделей існуючих або гіпотетичних систем, корисні техніки для застосування можна запозичити з інженерії знань і загального моделювання.

Загальна АМ поєднує парадигму агентного моделювання із ідеями з організаційної теорії, щоб визначити модель, яка є керованою цілями і яка повністю складається з учасників-людей, котрі грають ролі, подібно до гри, але набагато більш структурованої. Загальне моделювання корисно використовувати на початковій стадії розробки агентної моделі. Використовуючи правильну структуру, інструкції та дисципліну, люди в загальному АМ можуть виявити набагато більше інформації про поведінку агентів, а саме:

— наскільки багато інформації люди здатні обробити за заданий час для прийняття рішень?

— які чинники і ознаки люди вважають найважливішими для прийняття рішень?

— яким чином минулий досвід людей впливає на процес прийняття рішень?

— які стратегії з тих, що сформульовані людьми, є найбільш ефективними?

Загальне агентне моделювання може бути використано для поліпшення розуміння та перевірки правильності функціонування агентних моделей, для визначення, наскільки ці моделі правдоподібні, для демонстрації концепцій агентного моделювання всім зацікавленим сторонам і для тестування ідей про поведінку агентів у нестандартних ситуаціях.

Засоби розробки систем АМ. Агентне моделювання може бути реалізовано на невеликих, настільних комп'ютерах, або з використанням великих кластерів комп'ютерів, або ж на будь-якому іншому варіанті між першими двома.

1) **Настільне АМ.** Настільні агентні моделі можуть бути простими. Зазвичай вони розробляються програмістом за допомогою утиліт, який може вивчити їх за кілька тижнів. Настільні системи АМ можуть бути використані для навчання тому, як моделювати з використанням агентів, протестувати концепції розробки агентних моделей та проаналізувати результати. Настільні утиліти включають у себе електронні таблиці та математичні обчислювальні системи. Одна з ключових переваг настільних систем АМ полягає в тому, що вони є середовищами, що можуть інтерпретуватися, не вимагають кроків компіляції і компоновки, які необхідно виконувати при використанні традиційних мов програмування. Для побудови агентних моделей використовують електронні таблиці (зокрема, Excel) та математичні обчислювальні системи (МВС) такі, як Mathematica і MATLAB. Застосування настільних АМ систем обмежено максимальною кількістю керованих агентів, яке зазвичай знаходиться в діапазоні від кількох десятків до кількох сотень.

2) **Великомасштабне АМ.** Великомасштабне АМ розширює можливості простих агентних настільних моделей і дозволяє більшій кількості агентів (від тисяч до мільйонів) брати участь у складних взаємодіях. Великомасштабне агентне моделювання зазвичай виконується з використанням спеціальних середовищ моделювання. Ці середовища традиційно включають у себе:

- планувальника (за часом);
- механізми комунікації;
- гнучкі топології взаємодій агентів;
- широкий вибір пристроїв для зберігання і відображення стану агентів.

Великомасштабні агентні моделі можуть бути запущені на настільних комп'ютерах у додаток до високопродуктивних обчис-

лювальних систем. Як би то не було, великомасштабні агентні моделі в основному вимагають значних навичок і великих ресурсів на розробку в порівнянні з настільними середовищами. Завдяки значним відкритим розробкам та інвестицій в розробку, багато із середовищ для АМ доступні широкому користувачеві. Це Repast, Swarm, NetLogo, MASON, AnyLogic та ін [4—5].

Технологія агентно-орієнтованого моделювання ланцюгів постачань та її реалізація за допомогою UML-діаграм. Розглянемо технологію агентно-орієнтованого моделювання ланцюга постачань та її реалізацію за допомогою UML-діаграм. Ланцюг постачань складаються з чотирьох частин: виробництво, дистриб'ютори, оптові торговці та роздрібні торговці, які відповідають на запити кінцевих споживачів.

Для спрощення моделі пропонується наступні умови:

- існує тільки один продукт,
- не відбуваються перетворення товарів,
- також неприпустимим і не потрібним є складання різних матеріалів в кінцевий продукт.

Потоки товарів та інформації відображені у формі заявок між різними етапами (агентами), в модель включені перекази (грошей), але відсутні потоки оплати, а також переговори та фінансові розрахунки. При цьому слід зазначити, що ці аспекти поведінки агентів ланцюгів постачань легко можуть бути згодом включені в кінцеву агентну версію моделі.

Агентами в рамках ланцюгів постачань виступають споживачі (customers), роздрібні торговці (retailers), оптові торговці (wholesalers), дистриб'ютора (distributors) та виробники (factories) (рис. 4). У кожний період часу агенти ланцюгів постачань виконують дії, керуючись наступними правилами своєї поведінки:

- 1) споживач подає заявку роздрібному торговцю;
- 2) роздрібний торговець задовольняє заявку негайно з відповідних запасів, якщо має достатньо запасів на складі (якщо запаси закінчилися, то заявка споживача поміщається в невиконані і виконується за умови поповнення складу);
- 3) роздрібний торговець отримує чергову партію вантажу від оптового торговця у відповідь на попередні заявки. Роздрібний торговець вирішує, скільки вантажу замовити оптовому торговцеві, ґрунтуючись на «правилах заявок». Він також оцінює майбутні замовлення споживачів, використовуючи правила «прогнозу вимог (заявок)». Потім роздрібний торговець замовляє товар у оптового торговця, щоб покрити очікувані вимоги і будь-який дефіцит щодо запасів і цілей, які задаються явно;

4) аналогічно кожен оптовий продавець отримує товар від виробника та подає заявки дистриб'юторам, ґрунтуючись на заявках роздрібних торговців. Цей процес продовжується далі вгору по ланцюжку до виробника, який вирішує, скільки виробити продукції.

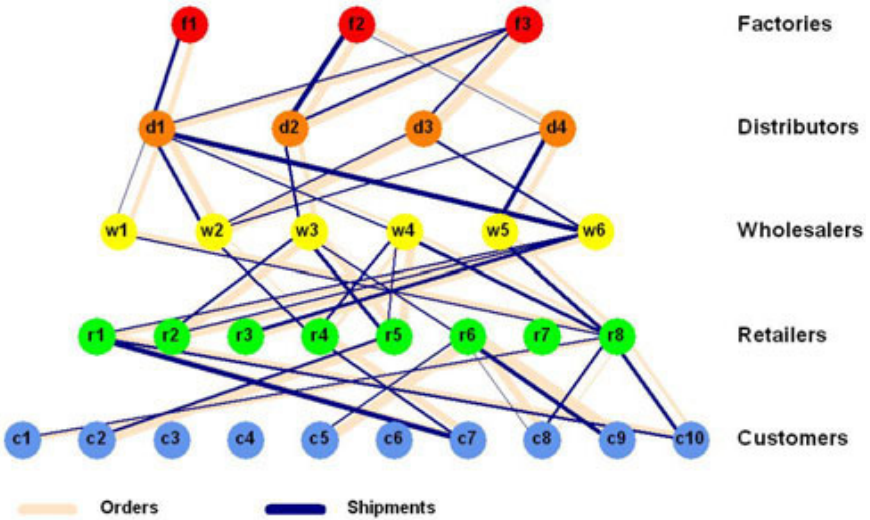


Рис. 4. Типова мережа ланцюгів постачань та агенти (orders — замовлення; shipments — вантажі (товари))

Метою агентів у цьому моделюванні є управління їх власними запасами таким чином, щоб мінімізувати їх вартість за допомогою раціональних рішень, що ґрунтуються на тому, скільки товару слід замовляти в кожний період часу. Коли запаси практично незначні і існує загроза їх спустошення, агенти замовляють більше; коли запасів занадто багато і агенти несуть великі витрати на зберігання цих запасів, вони замовляють менше товарів. Кожен агент несе витрати на зберігання товару на складі. Агенти також несуть накладні витрати, коли вони отримують заявку (замовлення) і не можуть її відразу ж виконати через відсутність запасів на складі. Кожен агент робить вибір між занадто великими запасами на складі, які збільшують витрати на зберігання, і занадто маленькими запасами на складі, що збільшує ризик того, що закінчатися товари і йому доведеться нести накладні витрати. На

рис. 5 наведено схему інформаційних та товарних потоків агента оптової торгівлі при його функціонуванні в рамках ланцюга постачань.

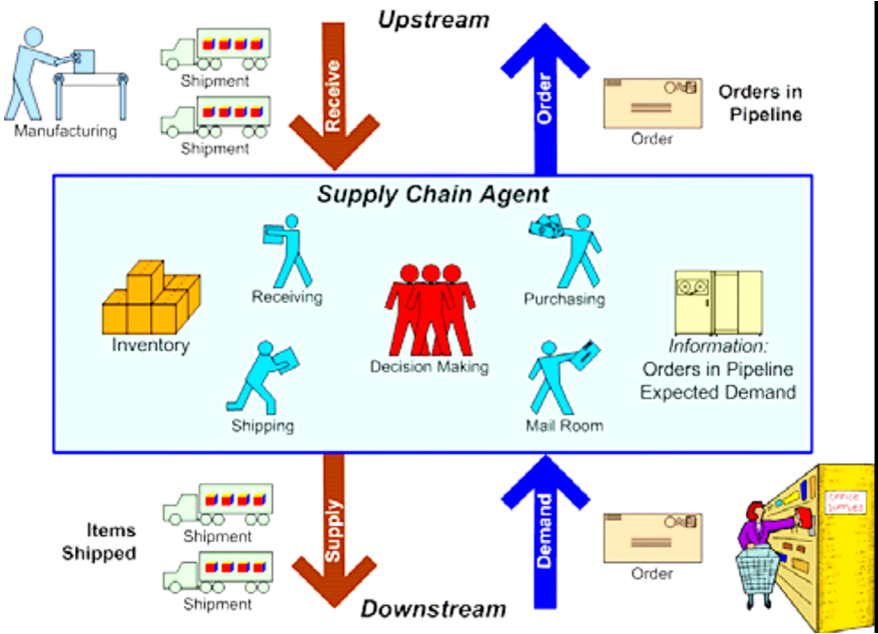


Рис. 5. Схема потоків (інформаційних та товарних), яка відображає функціонування агента оптової торгівлі в рамках ланцюга постачань

У цьому прикладі агенти ланцюгів постачань мають доступ тільки до локальної інформації. Ніхто з агентів не бачить всього ланцюга постачань або не може оптимізувати всю систему в цілому. Адаптивні правила прийняття рішень агентів використовують тільки локальну інформацію для прийняття рішень.

Для побудови розглянутої агентної моделі скористаємося формалізмами об'єктно-орієнтованої мови UML. Як було зазначено раніше, модель ланцюга постачань включає в себе агентів споживачів, роздрібних торговців, оптових торговців, дистриб'юторів та виробників. Будь-яка складова моделі може бути або агентом, або об'єктом; окремими об'єктами при моделюванні виступають таймер та набір вихідних звітів. Агентів дистриб'юторів, роздрібних та оптових торговців можна об'єднати в одну групу з назвою

«MiddleAgents» (середні або проміжні агенти), оскільки всі вони мають подібну структуру з точки зору набору атрибутів та методик.

Кожний клас агентів подається за допомогою набору атрибутів та методик (операцій), що можуть здійснюватися над класами. Наприклад, агент виробника може бути представлений за допомогою таких атрибутів, як: ім'я агента; рівень запасів; бажаний рівень запасів; кількість товарів у системі збуту; кількості товарно-матеріальних цінностей отримані, відвантажені та замовлені; різні параметри для прийняття рішень тощо.

В процесі моделювання слід враховувати вплив на поведінку агентів і факторів зовнішнього середовища (неагентів). Наприклад, змінною величиною впливу зовнішнього середовища можуть бути показники оплати праці та їх залежність від географічного положення.

Також при моделюванні необхідно враховувати і те, що показники атрибутів агентів можуть змінюватися в результаті між-агентних взаємодій чи взаємодії агентів із зовнішнім середовищем. Наприклад, у рамках моделі ланцюга постачань рівень запасів є атрибутом кожного із агентів. Такий рівень змінюється в результаті надходження замовлень чи відвантаження товарів.

Для опрацювання замовлень чи реалізації відвантаження товарів можуть використовуватися такі операції (або методики), як *arriveOrder()*, *sendOrder()*, *arriveShipment()* та *sendShipment()*.

На рис. 6 наведена UML-діаграма класів для агентів у рамках ланцюга постачань.

Висновки. Для вирішення проблем, що виникають у реальному світі — у техніці, виробництві, обслуговуванні, маркетингу, фінансах, охороні здоров'я, транспорті тощо — дуже часто використовують моделювання. Воно застосовується у тих випадках, коли експерименти з реальними об'єктами/системами або їх прототипування є неможливими або ж дуже дорогими. Традиційно розрізняють *аналітичне* і *імітаційне* моделювання. Імітаційне моделювання являє собою процес побудови узагальненої комп'ютерної моделі системи з алгоритмічним описом основних правил її поведінки та процесів. Основними парадигмами імітаційного моделювання є системна динаміка, дискретно-подійне моделювання, динамічні системи та агентне моделювання.

Матеріал статті присвячений сучасному підходу в рамках імітаційного моделювання — агентному моделюванню. Зокрема, в статті розглянуто суть такого підходу, його особливості, можливу процедуру реалізації.

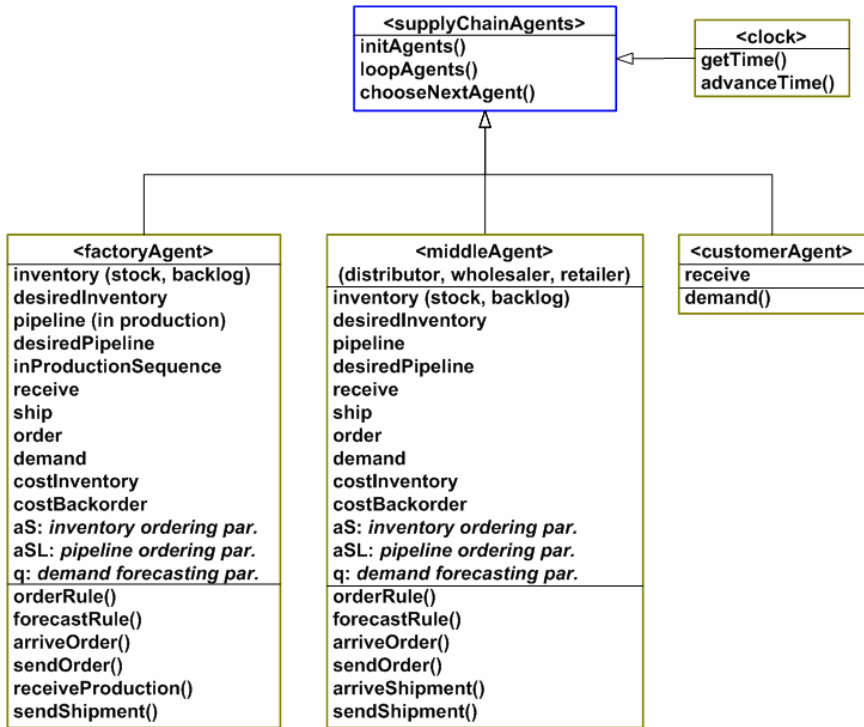


Рис. 6. UML-діаграма класів для агента ланцюга постачань (supplyChainAgent — агент ланцюга постачань, middleAgent — середній або проміжний агент, factoryAgent — агент виробника, customerAgent — агент споживача, clock — таймер)

В якості прикладу практичної реалізації описано технологію агентного моделювання ланцюгів постачання.

Література

1. Борщев А. От системной динамики и традиционного ИМ — к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты. — Электрон. дан. — Режим доступа: www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf.
2. Gordon G. A. General Purpose Systems Simulation Program. // McMillan NY, Proceedings of EJCC, Washington D. C., 1961, p. 87—104.
3. Forrester J. Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. Harvard Business Review, 1958, vol. 36, №. 4, p. 37—66.

4. General software and toolkits. Agent Based Computational Economics (ACE) and Complex Adaptive Systems (CAS). — Электрон. дан. — Режим доступу: www.econ.iastate.edu/tesfatsi/acencode.htm.

5. Dunham J. B. An Agent Based Spatially Explicit Epidemiological Model in MASON. // Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2005, vol. 9, no. 1.

6. Uhrmacher A. M. Simulation for Agent-Oriented Software Engineering/ www.thesimguy.com/GC/papers/WMC02/G067_UHRMA-CHEP.pdf

Статтю подано до редакції 18.05.10 р.

УДК 004.822.004.5

Н. К. Самченко, аспірантка,
ДВНЗ «Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана»

ПЕРЕДУМОВИ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

АНОТАЦІЯ. У статті сформульовано передумови та принципи структурно-функціонального моделювання, які складають теоретичні засади побудови відповідної балансової моделі.

ABSTRACT. The article defines the preconditions and principles of structural-functional modeling, which constitute the theoretical basis for building the appropriate balance model.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. структурно-функціональне моделювання, балансова модель, таблиці «витрати-випуск», коефіцієнти матеріальних витрат.

Класична модель «витрати—випуск» має досить жорстку побудову в тому розумінні, що в ній подано результати взаємодії елементів структури економіки на даний момент (у статистиці), але не відображено механізм формування цих результатів, тобто не відтворені наявні структурно-функціональні зв'язки в їх динаміці. Крім того, недоліком моделі Леонтьєва [1], яка поклала початок розвитку теорії «витрати-випуск», а також моделей його послідовників [2, 3, 6] є те, що технологічні коефіцієнти (коефіцієнти прямих матеріальних витрат) передбачаються постійними при будь-яких змінах обсягу випуску продукції, що наглядно демонструється відомим співвідношенням

$$x_{ij}=a_{ij} X_j, \quad (1)$$