

необхідну для компенсації переміщень конструкції різницю потенціалів на електродах актуаторів, що при невідомих збуреннях конструкцій видається неможливим. У таких умовах невизначеності зміна різниці потенціалів може проводитись за допомогою застосування адаптивних систем штучного інтелекту.

### Література

1. Bolotin V. V. Random Vibrations of Elastic Systems / V. V. Bolotin. – Springer-science+Busines Media, B.V., 1984. – 468 p.
2. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2011. – 604 с.
3. Documentation MatLAB. Fourier Analysis and Filtering [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mathworks.com/help/matlab/ref/fft.html>.
4. Дубенец В. Г. Колебания демпфированных композитных конструкций / В. Г. Дубенец, В. В. Хильчевский. – К.: Вища школа, 1995. – Т. 1. – 226 с.
5. Савченко Е. В. Пассивное демпфирование колебаний композитных конструкций: моно-графия / Е. В. Савченко. – Нежин: ООО “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2006. – 232 с.
6. Dubenets V. H. Active damping of nonstationary vibrations in a beam with electro-viscoelastic patches / V. H. Dubenets, O. V. Savchenko, O. L. Derkach // Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки»: наук. зб. – Чернігів: Черніг. нац. технол. ун-т, 2014. – № 1 (71). – С. 43-49.
7. Lu F. Symplitic Analysis of Vertical Random Vibration for Coupled Vehicle-Track Systems / F. Lu, D. Kennedy, F. W. Williams, J. H. Lin // Journal of Sound and Vibration, 2008 – P. 236-249.

УДК 004

## **МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПІДХІД ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В УПРАВЛІННІ ФІНАНСОВИМИ РЕСУРСАМИ БАНКУ**

В.В. Храпов, Н.О. Рудь

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Імітаційне моделювання є відомим, широко поширеним, а іноді і єдиним методом дослідження явищ, процесів, ситуацій або складних динамічних систем. Протягом приблизно вже двох десятиліть розробники систем імітаційного моделювання (СІМ) поряд з класичними методами імітаційного моделювання широко використовують методи штучного інтелекту (експертні системи, нейронні мережі, генетичні алгоритми, мультиагентний підхід, онтології).

На відміну від системної динаміки і дискретно-подієвих моделей, агентні моделі децентралізовані. Тут не визначається поведінка систе-

ми в цілому, поведінка агентів визначається на індивідуальному рівні, а динаміка системи виникає як результат діяльності багатьох агентів. Агентне моделювання є підходом більш універсальним і потужним, адже воно дозволяє врахувати будь-які складні структури та поведінки. Інша важлива перевага агентного моделювання в тому, що розробка моделі можлива у відсутності знання про глобальні залежності: потрібно визначити індивідуальну логіку поведінки учасників процесу для того, щоб побудувати агентну модель і вивести з неї глобальну поведінку. Агентно-модель простіше підтримувати: уточнення зазвичай робляться на локальному рівні і не вимагають глобальних змін.

Мультиагентні системи складаються з безлічі штучних агентів, які працюють спільно. Агент - це еволюція поняття «об'єкт». Існує багато визначень агента. Спільним у них є те, що агент – це деяка сутність, яка володіє активністю, автономною поведінкою, може приймати рішення відповідно до певного набору правил, може взаємодіяти з оточенням і іншими агентами і може змінюватися. Можна сказати, що агент - це об'єкт, що володіє певними властивостями. Наведемо основні властивості, притаманні агенту[1]:

- автономність: агенти функціонують без прямого втручання в їх дії, вони можуть самостійно контролювати свій стан і реагувати на зміни;
- методи спілкування: агенти взаємодіють один з одним за допомогою певної мови;
- реактивність: агенти здатні сприймати навколишнє середовище;
- активність: агенти володіють цілеспрямованою поведінкою і здатні самі проявляти ініціативу;
- інтелектуальна поведінка: агент здатний до навчання, знаходити оптимальні способи поведінки;
- індивідуальна картина світу: кожен агент по своєму сприймає навколишнє середовище;
- мобільність: здатність до передачі коду агента.

Для того щоб агент міг вести себе певним чином, він повинен мати спеціальні «пристрої»: ефектори - органи, що впливають на середу, рецептори - отримують інформацію від дії середовища і процесор - він буде обробляти дану інформацію. Побудова агентних моделей вимагає визначення безлічі агентів і основ їхньої поведінки, визначення взаємовідносин між агентами і теоретичних основ цих відносин, вибору платформи для агентного моделювання [3]. Визначення агентів з точним завданням їх поведінки і взаємодії з іншими агентами - це основа для розробки адекватних агентних моделей.

Традиційні підходи імітаційного моделювання розглядають об'єкти моделювання як щось середнє арифметичне або як пасивні заявки або ресурси в процесі. Ці методи не враховують індивідуальних особливостей кожного з об'єктів, що моделюються. У той же час, саме в силу цих особливостей, може змінюватися динаміка всієї системи в цілому. Агентне моделювання позбавлене цих недоліків, воно розглядає об'єкти як активні, взаємодіючі між собою елементи, здатні виявляти індивідуальні властивості.

З цієї причини можна вважати, що агентне моделювання є найбільш кращим традиційним підходом. При мультиагентному моделюванні є можливість впливати на об'єкти моделювання, а значить можна знайти такі керуючі впливи на агенти, які можуть призвести до бажаної динаміки в обраній системі або явищі.

Застосування мультиагентного підходу в задачах імітаційного моделювання банківських систем вимагає рішення в тій чи іншій мірі наступних основних завдань[5]:

- визначення складу і розподілу ролей агентів серед основних компонент системи;
- формування розподіленої бази знань агентів і побудова загальної онтології, що поділяється між всіма агентами;
- створення інтелектуальних агентів з механізмами логічного висновку рішень;
- організація і планування дій інтелектуальних агентів;
- розробка механізмів взаємодії агентів, включаючи такі як, кооперація, конкуренція, компроміс, конформізм, ухилення від взаємодії, вироблення стратегій агентів при колективній поведінці.

При формуванні агентного уявлення імітаційної моделі необхідно враховувати відмінності функціональної спрямованості діяльності структурних підрозділів банку та їх відношення до системи фінансових потоків, де розглядаються залучення та розміщення підрозділів, доцільно забезпечити модельне уявлення внутрішньобанківського обороту грошових коштів, коли фінансові ресурси передаються від агентів залучення до агентів розміщення за внутрішньою трансфертною ціною. Банк отримує доходи від надання послуг за плату, надання у використання активів за плату, торгівлі цінними паперами та іноземною валютою, від участі в капіталі та продажу активів.

Основними функціями агентів прибутку ProfitAgents є продаж банківських продуктів зовнішнім клієнтам банку, включаючи залучення і розміщення ресурсів, а основним завданням - отримання доходу. До агентам прибутку можуть відноситися відділи: кредитні, цінних папе-

рів, електронних роздрібних послуг, проектного, торгового фінансування, тощо.

Витрати виникають при оплаті винагороди за використання активів, запозичених у інших осіб, оплаті отриманих послуг або придбаних товарів (собівартість реалізації), купівлі матеріальних цінностей для забезпечення діяльності, утриманні персоналу, оплату податків та інших обов'язкових платежів, нарахування резервів, участі в капіталі, спонсорство і благодійних заходах, тощо.

Агенти витрат CostAgents моделюють центри відповідальності, які виконують функції забезпечення, управління та обслуговування функціонування підрозділів банку, діяльність яких зазвичай оцінюють, враховуючи дотримання встановлених внутрішніх нормативів за витратами, термінами і якістю послуг, але не враховуючи дохід і прибуток. Тут виділяються агенти загальнобанківських витрат і агенти витрат операційної підтримки - надають послуги тільки агентам прибутку.

Прибутковими агентами є як агенти, які залучають ресурси, так і ті, що розміщують ресурси на зовнішньому ринку. При цьому якщо агент залучає ресурси, то він повинен отримати дохід, розмістивши ці ресурси на внутрішньому ринку, а якщо агент розміщує ресурси, то він повинен купити відповідно їх на внутрішньому ринку. Даний механізм купівлі / продажу ресурсів реалізується за допомогою трансфертних угод, що укладаються між розглянутими агентами і агентом-казначейства TreasuryAgent, на якого покладається роль внутрішнього управління ресурсами банку та укладення трансфертних угод. Усе разом це забезпечує планування і контроль ефективності використання та розподілу фінансових ресурсів банку, сприяє управлінню ліквідністю і банківськими ризиками, а також є інструментом аналізу доходу та витрат банку і його окремих підрозділів. Важливою особливістю пропонуваної моделі є також об'єднання розглянутих агентів в групи по бізнес-напрямах. Критеріями виділення окремих груп агентів в моделі є: виконання комплексу взаємопов'язаних і близьких послуг і операцій, які становлять єдиний технологічний ланцюжок; наявність власного ринку діяльності; наявність органу, керуючого і координуючого діяльність. Передбачається виділення різних груп агентів, виходячи з розвитку тих чи інших банківських продуктів або послуг (кредитування, розрахункове обслуговування; касові операції; депозити фізичних осіб; дилінгові операції; цінні папери; пластикові картки; консультаційні послуги), ефективного обслуговування за видами клієнтів (корпоративний бізнес, міжбанківський бізнес, індивідуальний бізнес, інвестиційний бізнес), за територіальним принципом. У загальному випадку агент може належати кільком групам[3].

Для кожної сформованої групи здійснюється генерація агента-координатора (кредит, депозит, цінні папери, грошові операції, тощо). Багатовимірний і детальний розподіл фінансових показників в рамках подібної структури дає можливість оцінювати ефективність і впливати на окремі напрями бізнесу і продукти.

Створення в моделі агента-кредиту CreditAgent пов'язано з ініціацією нової кредитної операції у банку - видача кредитів юридичним і фізичним особам. Такий підхід, пов'язаний з можливістю динамічної структурної зміни моделі дає незаперечні переваги в порівнянні з традиційними підходами, при цьому не потрібно щоразу програмувати нову кредитну операцію - досить додати в модель ще одного агента з певним визначенням параметрів його поведінки. Сформована заявка на кредит (величина, тривалість, вид позики, тощо) відправляється активному агенту (наприклад, кредитний відділ філії). Відповідно з лімітом кредитування - гранично можлива сума коштів, що спрямовуються на кредитні операції, визначаються параметри кредитування - терміни, графік, ставка відсотка та інші умови.

Створення в моделі агента-депозиту DepositAgent пов'язано з ініціацією нової депозитної операції в банку. Депозитні операції є основним джерелом формування ресурсної бази банку. Дією агента-депозиту є розміщення заощадження певного виду і величини на депозитному рахунку в банку (відповідному пасивному агента) з урахуванням значення процентної ставки і деякою ймовірністю успіху операції з вкладення коштів.

Після успішно завершених переговорів між агентами їх поведінка пов'язана з наступними діями: можливість поповнення вкладу; нарахування та виплата відсотків; вилучення депозиту, тощо.

Агенти коштів до запитання CashAgents пов'язані з поточними і розрахунковими рахунками банку. Потоки депозитів, запитів на кредит і касові операції моделюються за допомогою імовірнісного розподілу за законом Пуассона і на основі історичних даних.

Розглядаючи основні переваги агентного підходу при імітаційному моделюванні процесів управління фінансовими ресурсами банку, слід відзначити наступне:

- принцип автономності різних частин моделює програми (агентів), спільно функціонуючих в розподіленій системі, де одночасно протікає безліч взаємопов'язаних процесів;
- наявність елементів індивідуальної поведінки (від простих умов і обмежень, до складних, які враховують цілі та стратегії);

- агенти мають можливість навчатися, адаптуватися і міняти свою поведінку, мати динамічні зв'язки з іншими агентами, що можуть формуватися і зникати в процесі функціонування, тощо.

Таким чином, відмінною особливістю мультиагентного підходу до досліджуваних завдань, є те, що побудована в підсумку агентна модель дозволяє здійснювати аналіз та управління фінансовими ресурсами банку в режимі реального часу. На відміну від більшості підходів, де створюється якесь віртуальне середовище, в яке поміщається модель об'єкта, і проводяться численні експерименти, тут агенти моделі запускаються і працюють в режимі реального часу в середовищі об'єкта управління.

### Література

1. Борщев А.В. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты. URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>
2. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 400 с.
3. Кельтон Д.В., Лоу А.М. Имитационное моделирование. СПб.: Питер, 2004. - С. 847.
4. Кудрявцев Е.М. Основы имитационного моделирования различных систем. М.: ДМК пресс, 2014. – с. 320
5. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование: Теория и технологии. М.: Альтекс-А, 2012. - с. 384

УДК 517.8

## ОБОБЩЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ЗАДАЧ БЕСКОНЕЧНОМЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Л.С. Коряшкина

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Украина*

В настоящей работе представлены новые постановки непрерывных задач оптимального разбиения множеств (ОПМ)  $n$ -мерного евклидова пространства, являющихся неклассическими задачами бесконечномерного математического программирования с булевыми переменными [1, 2]. Типичными представителями изученных до настоящего времени задач этого класса являются задачи размещения сервисных центров с одновременным разбиением данного региона, непрерывно заполненного клиентами, на области потребителей (заказчиков), каждая из которых обслуживается **одним** сервисным центром, с целью минимизации затрат на предоставление или получение той или иной услуги.