

УДК 004.896

**А.В. ПРОХОРОВ, Ю.Н. СТРАШНЕНКО***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***АГЕНТНОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ РЕСУРСАМИ БАНКА**

Предложен подход к анализу и имитационному моделированию процессов принятия решений и управления финансовыми ресурсами коммерческого банка на основе интеллектуальных информационных технологий, реализуемых в виде мультиагентных систем. За счет этого появляется возможность реализации динамического поведения, которое может формироваться и изменяться в процессе моделирования, автономности и адаптации отдельных компонентов модели – интеллектуальных агентов, совместно функционирующих в распределенной системе.

**мультиагентные системы, финансовые ресурсы банка, знаниеориентированная имитационная модель, интеллектуальные агенты, модели знаний**

**Введение**

Расширение спектра услуг, усложнение процессов реализации банковских продуктов, а также рост конкуренции на финансовых рынках и объективно сопровождающие банковскую деятельность риски требуют поиска качественно новых подходов к систематизации, анализу и формированию управленческой информации в целях разработки стратегии развития, определения приоритетных задач и оптимизации текущей деятельности.

Первостепенное значение для финансовой стабильности и рыночной устойчивости коммерческих банков приобретает проблема эффективной организации процессов принятия решений и управления источниками финансовых ресурсов и эффективного распределения их между доступными финансовыми инструментами и направлениями инвестирования, что в свою очередь проявляется в необходимости создания и внедрения аналитических информационных банковских технологий. Однако, как показывает практика, в преобладающем большинстве случаев в отечественных коммерческих банках решения принимаются, исходя из личного опыта, интуиции высшего руководства, что оказывается практически невозможным в условиях, когда необходимо многопрофильное оптимальное управление финансовыми

потоками на различных рынках и в быстро меняющейся внешней среде.

В настоящее время банковская информатизация на Украине испытывает острый недостаток в инструментах анализа информации, прогнозирования развития и принятия решений по управлению финансовыми потоками. Внимание же отечественных фирм, работающих на рынке банковских информационных технологий, сосредоточилось в основном на создании интегрированных решений на основе хранилищ данных, средств многомерного анализа данных OLAP, систем кредитного скоринга, мобильного и Интернет-банкинга.

Таким образом, актуальным и важным направлением исследований в настоящее время продолжает оставаться создание методов и средств модельной и интеллектуальной поддержки принимаемых решений по управлению портфелем банка, что позволит выйти на принципиально новый уровень ведения бизнеса и получить конкурентные преимущества.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Автоматизация процессов моделирования и принятия решений по управлению банковскими ресурсами позволит в рамках единого информационно-аналитического программного комплекса осуществлять:

– динамический анализ финансового состояния банка;

– моделирование структуры активов и пассивов, а также ключевых показателей эффективности в любой момент времени, опираясь на их фактическое состояние, информацию по заключенным или прогнозируемым кредитно-депозитным операциям;

– моделирование финансовых потоков внутри филиальной сети банка, оптимизацию трансфертных операций между центральным управлением и филиалами;

– выдачу и оценку рекомендаций, а также формирование вариантов финансовых стратегий.

Сегодня для этих целей существуют различные математические модели, алгоритмы и компьютерные программы оптимального управления активами и пассивами (*Assets & Liability Management – ALM*), основанных на стохастических и оптимизационных методах. Во многие зарубежные автоматизированные банковские системы (АБС) встроены модули планирования оптимальных портфелей. У нас аналитика только начинает внедряться в АБС, где для оперативного и текущего управления применяются методы линейного и динамического программирования [1, 2]. Отсутствие аналитических систем на рынке информационных банковских технологий объясняется, также и банковской конкуренцией, которая ведет к эксклюзивным правам на использование подобных систем (например, система управления ресурсами Сбербанка Украины Allegro).

Традиционные подходы банковского менеджмента основаны на раздельном управлении активами и пассивами. Большинство коммерческих банков в области управления активами использует метод общего фонда денежных средств, который предполагает мобилизацию средств с последующим направлением их на потребности, которые возникают в данный момент. Альтернативой ему является метод распределения активов, или конверсии, который предполагает размещение денежных средств в тот или иной вид активов в зависимости от источника средств. Хотя оба эти метода имеют свои недостатки, тем не менее могут рассматриваться как общая

схема для построения аналитических банковских решений. Теория управления пассивами, развивает и дополняет политику управления ликвидности коммерческих банков, которые широко привлекают заемные средства: межбанковские кредиты, резервные фонды, займы на рынке евродолларов.

Кроме того, сочетание эффективности и стабильности функционирования банковской системы заставляет банк считаться с высоким уровнем финансовых рисков [2]. Сюда относятся кредитные риски, риски изменения процентных ставок, рыночные риски и т.д. Наиболее эффективные результаты динамического описания потоковых процессов, оценки и анализа неопределенности вообще и финансовых рисков в частности дает метод имитационного моделирования [3].

Однако, рассмотренные особенности приводят к тому, что модель финансовых потоков банковской системы должна иметь возможность динамической перестройки за счет создания/удаления элементов и связей между ними, пополнения или уточнения «на ходу», включения различных сценариев поведения и принятия решений с механизмами адаптации. Автоматизация данных задач может быть реализована с помощью интеллектуальных информационных технологий, реализуемых в виде агентноориентированных систем [3, 4], имеющих возможность реализации динамического поведения, автономности и адаптации отдельных компонентов модели.

**Целью данной работы** является разработка знаниеориентированной системы имитационного моделирования процессов управления финансовыми ресурсами коммерческого банка, на основе агентного подхода, в составе которой функционируют интеллектуальные агенты, осуществляющие принятие решений и взаимодействие с помощью онтологической базы знаний и механизма логического вывода. В статье рассматриваются вопросы построения системы с учетом механизмов организации взаимодействия интеллектуальных агентов для моделирования финансовых потоков банка.

## **1. Структура агентной имитационной модели анализа процессов управления финансовыми ресурсами банка**

Агентное моделирование предполагает, что модель включает множество взаимодействующих между собой и с внешней средой агентов – информационных (программных) элементов, которые имеют свои цели и задачи, внутреннее состояние и правила поведения. Таким образом, поскольку каждый отдельный агент выполняет свою задачу, а общая задача выполняется множеством агентов, необходимо иметь способы взаимодействия и синхронизации действий различных агентов. Агенты обмениваются друг с другом информацией посредством переговоров. Протокол взаимодействия агентов определяет схему (распределенный алгоритм), по которой ведутся переговоры.

Архитектура предлагаемой системы моделирования – основанная на знаниях (имеет базу знаний и принятие решений о действиях агентов осуществляется на основе механизмов логического вывода) и иерархическая, поскольку имеются агенты «мета-уровня», осуществляющие координацию распределенного решения задач другими агентами (рис. 1). При формировании агентного представления имитационной модели мы исходили из выделения элементов с индивидуальным поведением.

В данной работе система моделирования процессов управления финансовыми ресурсами банка, рассматривается как мультиагентная. В ней агенты обладают определенным уровнем интеллекта и имеют право принимать решения, используя для этого доступную информацию и знания. Имеет место коллективное поведение интеллектуальных агентов, при котором они общаются между собой для обмена ресурсами, необходимыми для прибыльного функционирования банковской системы.

Финансовые ресурсы в общем случае имеют два основных параметра: местонахождение и состояние. Для получения или рассмотрения возможности по-

лучения ресурса, агент должен точно знать значение этих параметров. Однако в условиях, когда данные параметры постоянно изменяются и множество ресурсов очень велико это сложно. Поэтому необходимо создать гибкий механизм инициализации обмена ресурсами. Также необходимо иметь механизм динамической корректировки параметров процесса обмена ресурсами во время функционирования системы моделирования.

Во-первых, надо попытаться переложить знания о структуре и состоянии ресурсов на сами ресурсы (или места их возникновения).

Далее, необходимо организовать взаимодействие ресурсов и наконец переложить заботу об обеспечении компонентов ресурса на него самого. То есть мы превращаем ресурс в активный компонент, который так же можно представить в виде интеллектуального агента.

Основными агентами имитационной модели являются: агенты доходов (привлеченных срочных ресурсов, мгновенных ликвидных активов, доходов по кредитованию, доходов по резервам и аккумуляции дохода), агенты расходов (текущих платежей, процентных расходов по вкладам, налоговых платежей), агенты резервов (по балансовым активам, по кредитным обязательствам, по срочным сделкам, на прочие потери) и агенты мета-уровня, состав которых в рамках данной работы с учетом решения задач моделирования финансовых потоков банка в условиях дефицита ликвидности.

Агенты доходов, обладающие совокупностью формализованных знаний о привлечении денежных средств банка, имеют своей целью максимизацию привлеченных ресурсов.

Агенты расходов, обладающие совокупностью формализованных знаний о платежах банка, имеют своей целью выполнение всех обязательств, стоящих перед банком, в требуемом объеме и в срок в преобладающей степени за счет привлеченных средств.

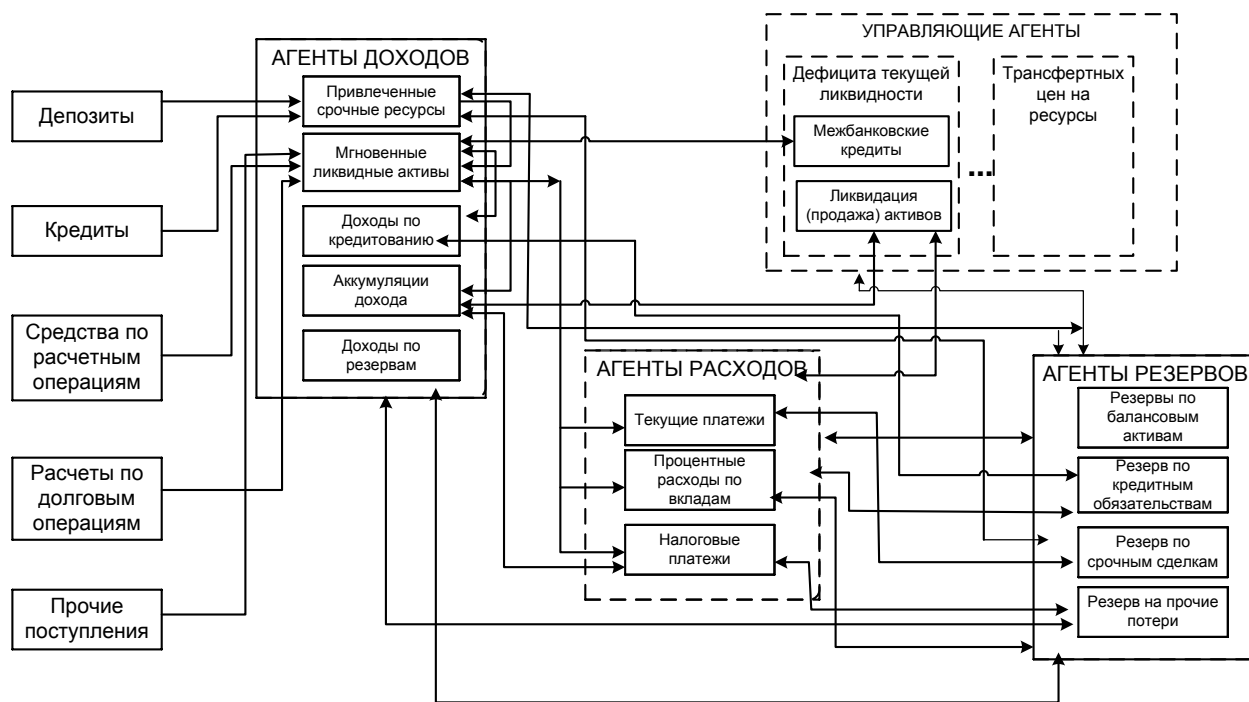


Рис. 1. Структура агентной имитационной модели анализа процессов управления финансовыми ресурсами банка

Агенты резервов, обладающие совокупностью формализованных знаний о составе ресурсов, подлежащих резервированию в фонд обязательных резервов банка Украины, имеют своей целью формирование в требуемом объеме необходимых резервов и обеспечение устойчивости системы с минимизацией расходов накопленных средств.

Особое внимание отводится моделированию динамики состояния банка и внешней среды, в которой функционируют агенты. Это приводит к необходимости учитывать доходности рынков, доходности населения, курсов валют, ставки НБУ, спросы на кредиты, ставки по кредитам, ставки по депозитам, банковские риски. На этот случай в модели предусмотрены специальные возможности, которые включают в себя подключение функциональных и регрессионных зависимостей, добавление/изъятие доли финансовых средств, смещение ставок, временные задержки и др. Для моделирования наступления рискованных ситуаций предусматриваются агенты риска. При этом на этапе идентификации рисков (указывается возможность присутствия риска из классификационного перечня) задается вероятность

данного риска, опасность данного риска, т.е. насколько существенными окажутся последствия наступления неблагоприятного события, важность риска как произведение вероятности на опасность его наступления. Создание нового агента-риска в системе будет соответствовать наступлению рискованного события.

На агентов мета-уровня возлагаются обязанности, связанные с координацией действий других агентов при разрешении (перепланирование, перераспределение ресурсов, использование резервов и др.) возникающих конфликтных или рискованных событий в системе. Если имеет место дефицит ликвидности, то он может быть ликвидирован произвольной комбинацией следующих способов: оперативное привлечение недостающих ресурсов на рынке межбанковских кредитов, в том числе и под залог определенной части ликвидных активов; продажа (ликвидация) части финансовых инструментов из состава портфеля высоколиквидных активов.

Все перечисленные агенты принимают активное участие в переговорах (обмене сообщениями) по моделированию финансовых потоков банка. Прото-

кол описывает формальные правила, которым должны следовать участники переговорного процесса (использующие разные стратегии), чтобы их сообщения были понятны каждой стороне.

Основными протоколами взаимодействия (Interaction Protocol, IP) в рамках стандарта FIPA (The Foundation for Intelligent Physical Agents) являются *Request IP* (запрос на выполнение действия), *Request When IP* (запрос на действие при выполнении определенного условия), *Query IP* (запрос на выполнение информ-действия, связанного с ответом на некоторое предложение или передачей описаний объектов), *Contract Net Protocol* (поиск агента для выполнения действия). Пример взаимодействия агентов в условиях дефицита текущей ликвидности изображен на рис. 2.

## 2. Реализация системы моделирования

Для построения прототипа системы была выбрана платформа JADE (*Java Agent Development Framework*), которая упрощает создание мультиагентных систем с помощью реализованных FIPA-

спецификаций, а также поддержки фаз отладки и внедрения. Каждый запущенный экземпляр JADE runtime-окружения называется контейнером и может содержать нескольких агентов. Набор активных контейнеров называется платформой. Архитектура платформы JADE включает: AMS (Agent Management System) – служба имен и сервис авторизации; DF (Directory Facilitator) – сервис “желтых страниц”, который позволяет агентам производить поиск других агентов по типу предоставляемого сервиса. Агенты в JADE могут взаимодействовать друг с другом, посылая сообщения. Для передачи сообщений используется язык FIPA ACL. JADE предлагает графический интерфейс платформы администрирования с использованием RMA-агента. Этот агент показывает состояние агентной платформы и предлагает разнообразные инструменты администрирования, исправление ошибок и тестирование приложений, базирующихся на JADE. На рис. 3 показано окно агента *Sniffer* созданное для слежения за сообщениями, обмен которыми происходит в среде.

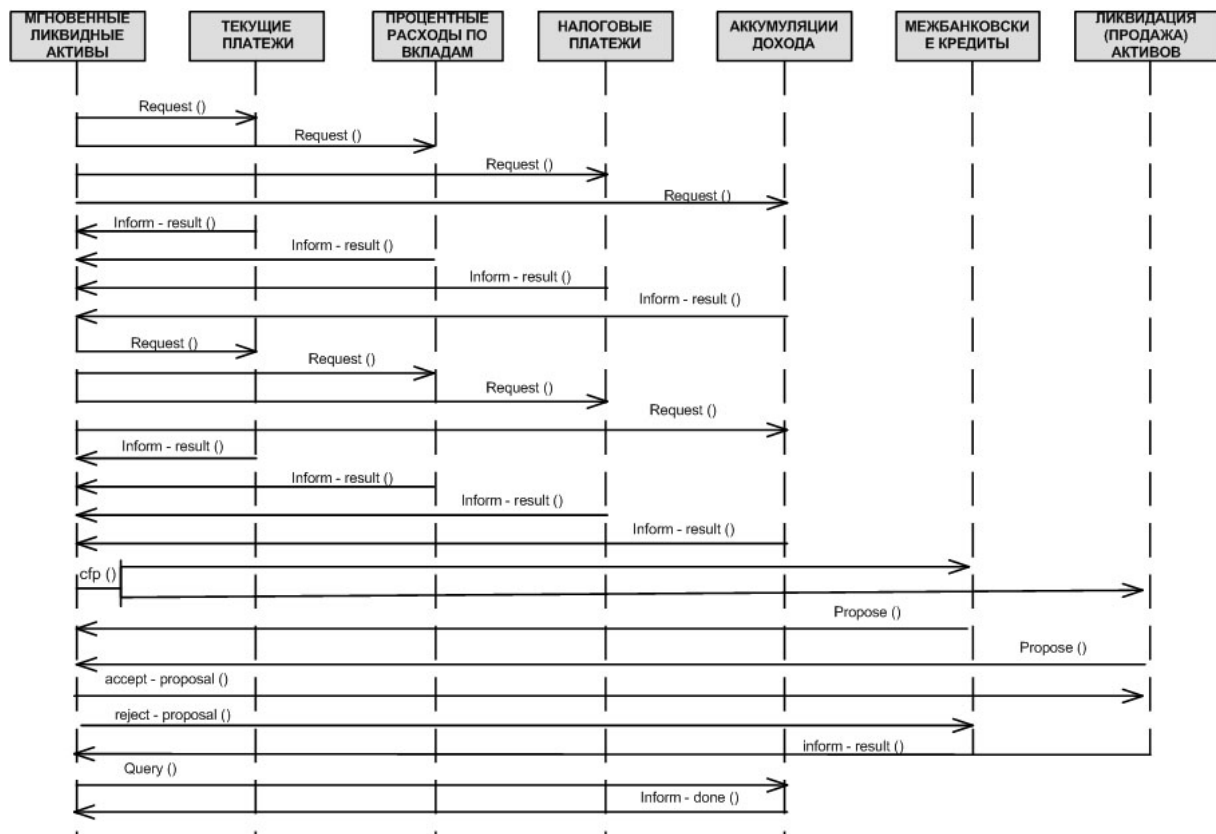


Рис. 2. Диаграмма взаимодействия агентов в условиях дефицита текущей ликвидности

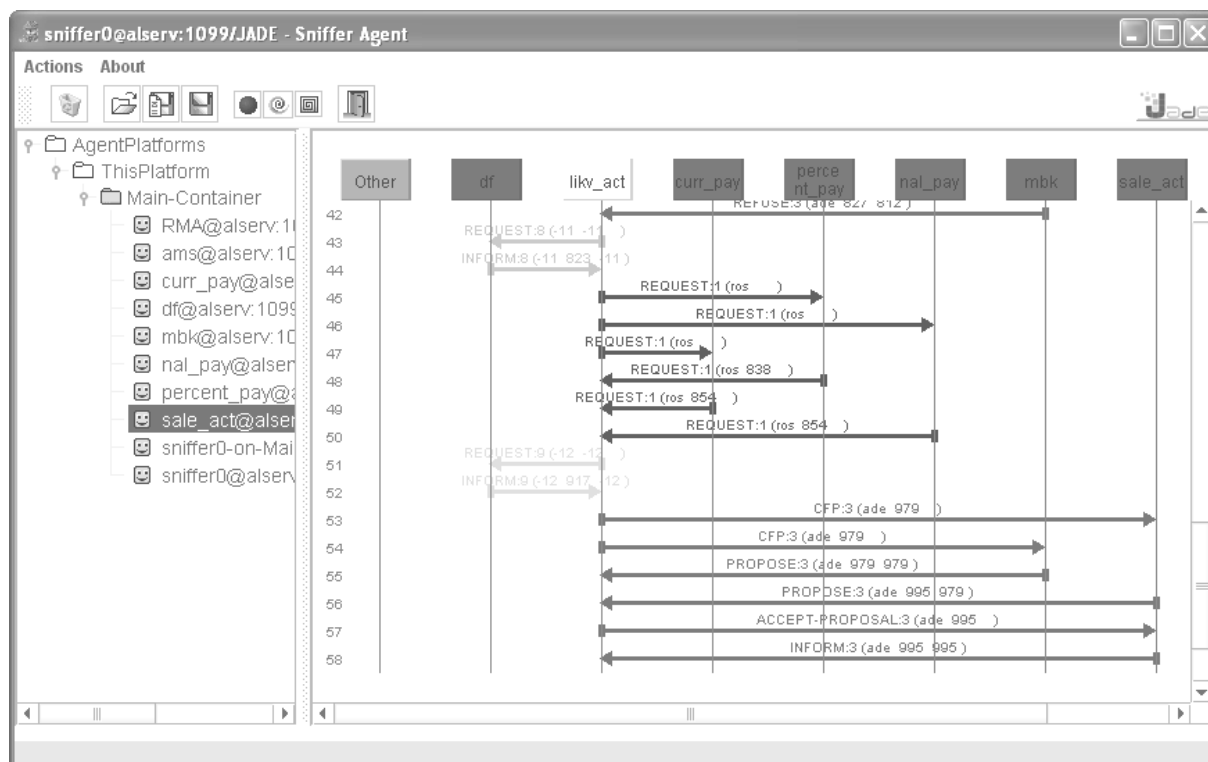


Рис. 3. Пример взаимодействия агентов в условиях дефицита ликвидности

## Заключение

Таким образом, в данной работе предложена имитационная модель анализа процессов управления финансовыми ресурсами банка на основе агентного подхода, что позволяет достичь следующих преимуществ: автономность различных частей моделирующей программы (агентов), совместно функционирующих в распределенной системе, где одновременно протекает множество взаимосвязанных процессов; наличие элементов индивидуального поведения, заложенных в систему в виде моделей знаний; агенты имеют возможность обучаться, адаптироваться и менять свое поведение, иметь динамические связи с другими агентами, которые могут формироваться и исчезать в процессе моделирования и др. В настоящее время модель совершенствуется, добавляются новые возможности моделирования сценариев поведения в условиях проявления факторов риска, механизмы трансфертного преобразования цен на ресурсы, расширяется круг задач практического применения разработанной имитационной модели анализа.

## Литература

1. Завадська Д. Оптимізація кредитно-депозитної стратегії комерційного банку // Банківська справа. – 2004. – № 3. – С. 87-91.
2. Лаптырев Д.А. Система управления финансовыми ресурсами банка: Процессы – задачи – модели – методы. – М.: БДЦ-пресс, 2005. // 193 с.
3. Borshchev A., Filippov A. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools // The 22<sup>nd</sup> International conference of the system dynamics society. – Oxford, England, 2004. – P. 128.
4. Виттих В.А., Ржевский Г.А., Скобелев П.О. Мультиагентные модели взаимодействия в процессах принятия решений. // Труды 4-й Международной конференции по проблемам управления и моделирования сложных систем. – Самара: СНЦ РАН, 2002. – С. 116-126.

Поступила в редакцию 6.02.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.П. Гамаюн, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.