

# Мультиагентная модель процесса управления взаимодействием реального и банковского секторов с учетом их кластерной декомпозиции

Е. А. Макарова

Факультет информатики и робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: [ea-makarova@mail.ru](mailto:ea-makarova@mail.ru)

Э.Р. Габдуллина

Факультет информатики робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
г.Уфа, Россия  
e-mail: [gabdullina\\_er@mail.ru](mailto:gabdullina_er@mail.ru)

А. Н. Павлова

Факультет информатики и робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: [pavlova.ugatu@gmail.com](mailto:pavlova.ugatu@gmail.com)

В. И. Возмилкин

Факультет информатики и робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: [vozmilkin95@mail.ru](mailto:vozmilkin95@mail.ru)

## Аннотация<sup>1</sup>

Разработана мультиагентная модель процесса управления взаимодействием реального и банковского секторов, которая включает модели поведения кластеров предприятий и кластеров банков, а также модель принятия решения государственным сектором. Представлены диаграммы для разработанной системы, которые выполнены в рамках объектно-ориентированной нотации, а также описание агент-ориентированных моделей кластера банков и кластера предприятия.

## 1. Введение

Одним из направлений исследований в области динамики поведения социально-экономических систем является разработка многоагентных систем имитационного моделирования, позволяющих проводить анализ сценариев макроэкономического регулирования [1]. Решению проблем прогнозирования и интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в социально-экономических системах (СЭС) посвящены исследования, проводимые на кафедре технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета, в рамках которых был разработан ряд агент-ориентированных

моделей поведения СЭС [2-5]. Однако существующие модели разрабатывались преимущественно в системе FLAME, не обладающей возможностями графической визуализации результатов. Поэтому рассматриваемая многоагентная система имитационного моделирования (МСИМ) поведения предприятий и банков разрабатывается в системе ANYLOGIC. МСИМ включает агент-ориентированную модель социально-экономической системы, агенты которой представляют кластеры – кластеры банков, кластеры предприятий, а также управляющий агент – Центробанк РФ. Банки подразделяются на четыре кластера в зависимости от капитала: очень крупные банки, крупные банки, средние и малые. Аналогично предприятия разделены на четыре кластера: очень крупные предприятия, крупные, предприятия со средним капиталом и малые.

## 2. Структура МСИМ поведения предприятий и банков при реализации инвестиционного процесса

МСИМ поведения кластеров предприятий и банков разработана с использованием платформы агент-ориентированного моделирования (АОМ) ANYLOGIC и включает в себя:

- компонент *Simulation: Main* – главная компонента системы, в свойствах которой задаются: время выполнения модели, единицы измерения модельного времени. Компонента предоставляет пользователю интерфейс для запуска процесса моделирования, а также запускает платформу агент-ориентированного

Труды Шестой всероссийской научной конференции "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", 28-31 мая, Уфа-Ставрополь, Россия, 2018

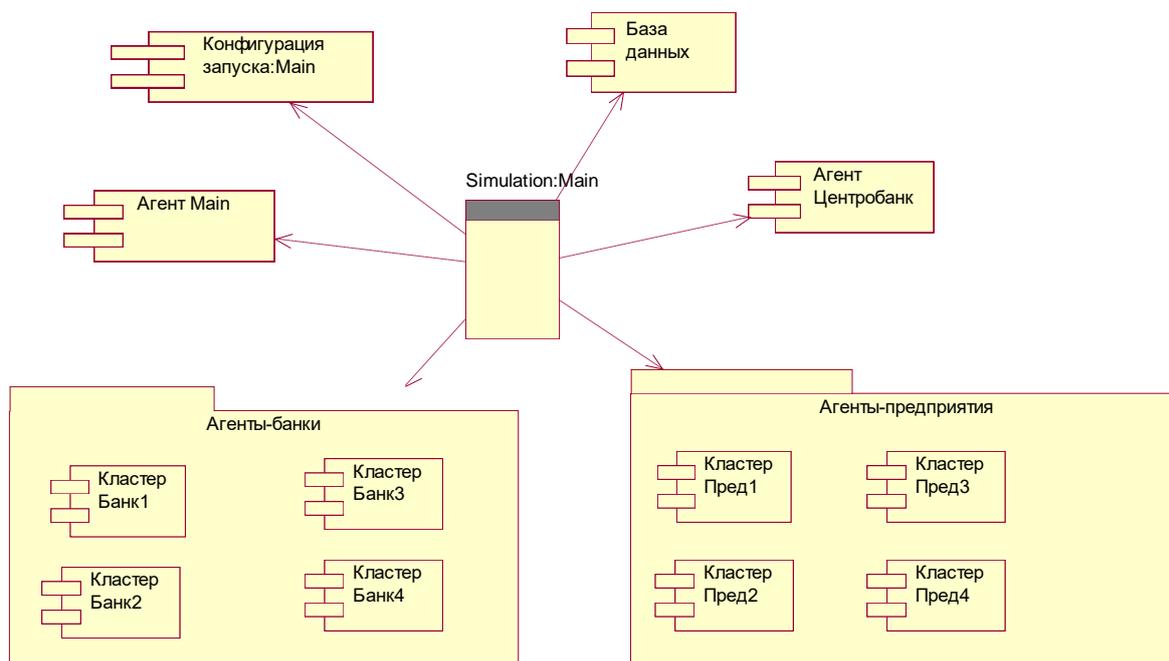
Мультиагентная модель процесса управления взаимодействием реального и банковского секторов с учетом их кластерной декомпозиции

моделирования ANYLOGIC для проведения имитации с указанными пользователем параметрами;

- среду агент-ориентированного моделирования ANYLOGIC, которая обеспечивает процесс моделирования, включая функционирование агентов и передачу сообщений между ними;
- компонент (агент) MAIN, который предоставляет пользователю возможности по настройке внешнего вида главной заставки при имитационном моделировании, по установке масштаба, по настройке отображения графических примитивов и их расположения в рамках модели;
- базу данных – это встроенная база данных, из которой можно считывать входные данные и куда можно записывать результаты экспериментов. База может экспортироваться вместе с моделью и, как и модель, использоваться на любых устройствах;
- компонент *Конфигурация запуска: Main*, который позволяет указать параметры, элементы палитры Статистика, а также файлы Excel, которые необходимо загрузить в AnyLogic Cloud при экспорте модели (в случае необходимости);

- агента Центробанк, который служит для имитации процесса принятия решений Центральным Банком России и содержит параметры и свойства присущие его поведению;
- агенты-банки – это пакет, объединяющий компоненты, предназначенные для имитации деятельности кластеров банков. Компоненты имеют свойства, присущие поведению банков и необходимые для моделирования, графическое изображение, диаграммы состояний и прочее;
- агенты-предприятия – это пакет, объединяющий компоненты, предназначенные для имитации деятельности кластеров предприятий. Компоненты имеют свойства, характерные для предприятий, необходимые для моделирования параметров, графическое изображение, диаграммы состояний и прочее.

Перечисленные компоненты и связи между ними представлены на диаграмме компонентов МСИМ поведения предприятий и банков при реализации инвестиционного процесса (рис.1).



**Рис. 1. Диаграмма компонентов МСИМ поведения секторов предприятий и банков при реализации инвестиционного процесса**

### 3. Объектно-ориентированные диаграммы МСИМ поведения предприятий и банков при реализации инвестиционного процесса

Варианты использования МСИМ поведения сектора предприятий и банков при реализации инвестиционного процесса отображены на диаграмме прецедентов (рис. 2).

С помощью отношения обобщения показано, что действующее лицо Пользователь может являться сотрудником аналитического отдела или сотрудником отдела макроэкономического прогнозирования министерств и ведомств.

С помощью МСИМ поведения кластеров предприятий и банков при реализации инвестиционного процесса пользователь может запускать среду моделирования, выполнять агент-ориентированное моделирование сценариев управления поведением кластеров предприятий и банков, формировать управленческие решения и тем самым влиять на имитационное моделирование, или же не вмешиваться в процесс моделирования и тем самым рассматривать неуправляемые сценарии. В завершение, пользователь может оценивать результаты имитационных экспериментов при реализации нескольких различных вариантов запуска модели.

Декомпозиция варианта использования «Сформировать управляющие воздействия»

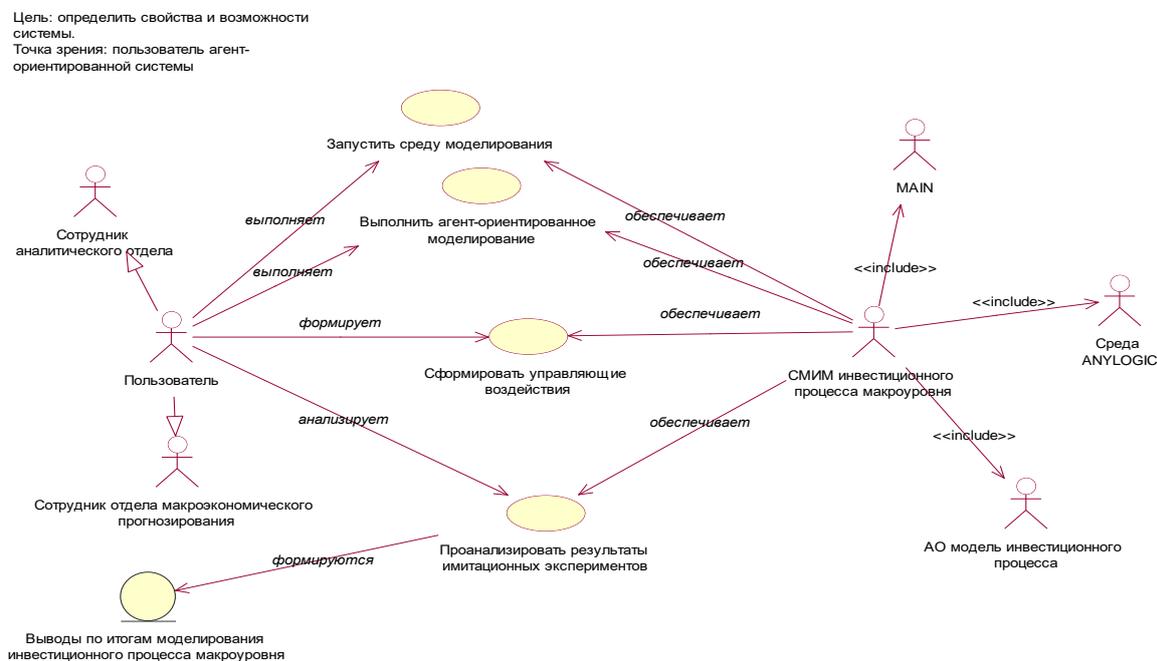


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования МСИМ поведения секторов предприятий и банков при реализации инвестиционного процесса макроуровня

представлена на рис. 3. Агент-ориентированная (АО) модель инвестиционного процесса предоставляет возможность моделирования управляемых сценариев. Настройка сценариев выполняется путем внесения изменений в текущую модель. При настройке параметров для управляемого сценария пользователю необходимо оценить текущее состояние модели, сформировать управляющие воздействия, изменить параметры модели и оценить результаты возмущений. Рассматриваются два варианта реализации управляемых сценариев. В первом случае воздействия оказывают благоприятное влияние на состояние инвестиционных процессов, в другом же случае возмущения приводят к неблагоприятным последствиям.

### 4. Агент-ориентированная модель функционирования кластера банков

Для разработки МСИМ поведения кластеров предприятий и банков при реализации инвестиционного процесса использована платформа агент-ориентированного моделирования ANYLOGIC. Данная платформа предъявляет следующие требования к разработке моделей:

1. Поведение каждого класса агентов описывается специальными инструментами; разрабатываются диаграммы состояний и действий как в нотации UML, а также выполняется разработка программы поведения агентов посредством встроенного языка программирования Java.

2. Структура модели описывается в конкретном проекте. Данный файл представляет собой описание каждого из классов агентов путем: задания его «внутренней памяти» (набора переменных, которыми оперируют агенты данного класса) и набора его функций, а также формирования всех типов сообщений, отправляемых или получаемых агентами.

3. Каждый класс агентов имеет набор состояний (представленные в виде диаграммы), переход между которыми осуществляется при выполнении соответствующих условий. Все действия внутри состояния описываются на языке Java.

4. Набор функций в состояниях – это последовательность действий, выполняемая каждым агентом данного класса в рамках нахождения в таком состоянии в текущий момент времени.

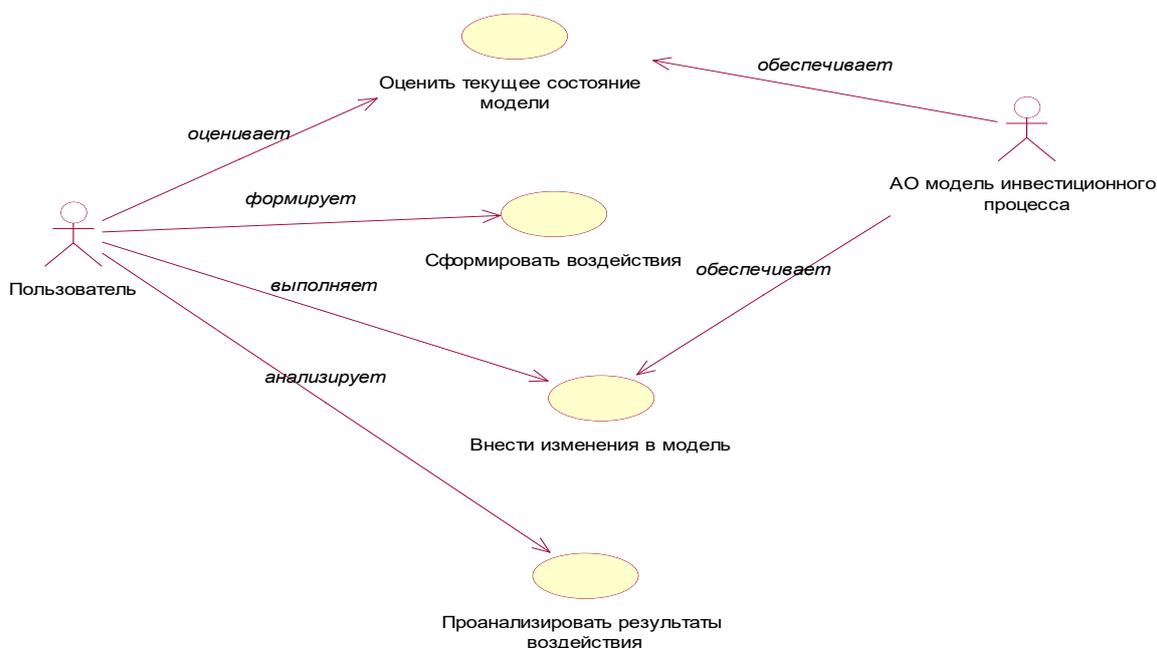
5. Поскольку среда ANYLOGIC не использует механизм конечного автомата, поэтому не существует требования конечности модели поведения агентов, как это было в среде FLAME.

Суть заключается в том, что набор функций, описывающих поведение класса агентов, может содержать циклы. То есть в рамках одной итерации агент способен выполнять одну и ту же функцию более одного раза или возвращаться к выполнению любой из предыдущих функций.

6. Сообщения, используемые для передачи данных между агентами, могут отправляться агентом-отправителем напрямую агенту-получателю, либо в конкретную диаграмму состояний этого агента.

7. Все входящие и исходящие сообщения описываются в модели системы.

8. При описании функций класса агентов в каждой функции должны быть указаны входящие сообщения, содержащие данные, необходимые для выполнения этой функции, а также исходящие сообщения, содержащие данные, полученные в результате выполнения функции и необходимые для выполнения функций других классов агентов.



**Рис. 3. Декомпозиция варианта использования «Сформировать управляющие воздействия»**

9. Начальное состояние системы описывается в диаграмме состояний и представляет собой описание значений переменных каждого агента системы в момент начала моделирования.

10. Управляющие и возмущающие воздействия, моделируемые в системе, прописываются в программном коде функций, при выполнении которых данные воздействия учитываются.

С учётом требований, предъявляемых платформой ANYLOGIC к разработке многоагентных моделей, была разработана агент-ориентированная модель функционирования кластера банков.

Всероссийская научная конференция "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", Уфа-Ставрополь, Россия, 2018

АО модель функционирования кластера банков основана на АО модели функционирования кластера банков из работы [4], расширенной путем разделения сектора финансовых учреждений на четыре кластера. Таким образом, банковский сектор представлен четырьмя классами агентов – кластерами банков.

Диаграммы состояний AnyLogic соответствуют стандарту UML. Они сохраняют графический вид, атрибуты и семантику выполнения, определенную в UML.

С помощью диаграмм состояний можно графически задать поведение агентов любой сложности, куда

более разнообразные, чем элементарные состояния свободен/занят (idle/busy), открыт/закрыт (open/closed), исправен/неисправен (up/down) и т.п., предлагаемые большинством блочных инструментов моделирования. Диаграмма состояний, разработанная для кластера банков, отображена на рис. 4.

Диаграмма содержит 8 состояний: начальное, ожидание запроса, выплата получена, проверка, проверка 2, отказано в кредите, готов выдать кредит, выдал кредит.

Начальное состояние предназначено для инициализации переменных непосредственно в момент запуска имитации. После этого банк переходит в состояние ожидание запроса, в котором

находится до прихода запроса на кредит от предприятия.

Если банк уже выдал кредит, то из начального состояния может выполняться переход в состояние «Выплата получена». Переход срабатывает при получении сообщения от предприятия при выплате им части кредита. При получении запроса на кредит состояние «Ожидание запроса» передаёт управление начальному состоянию, и начинаются проверки показателей предприятий (состояния «Проверка» и «Проверка 2»), на основе которых принимается решение о выдаче кредита (состояния «Готов выдать кредит» и «Выдал кредит») или отказе (состояние «Отказано в кредите»). О любом из своих решений банк информирует соответствующее предприятие.

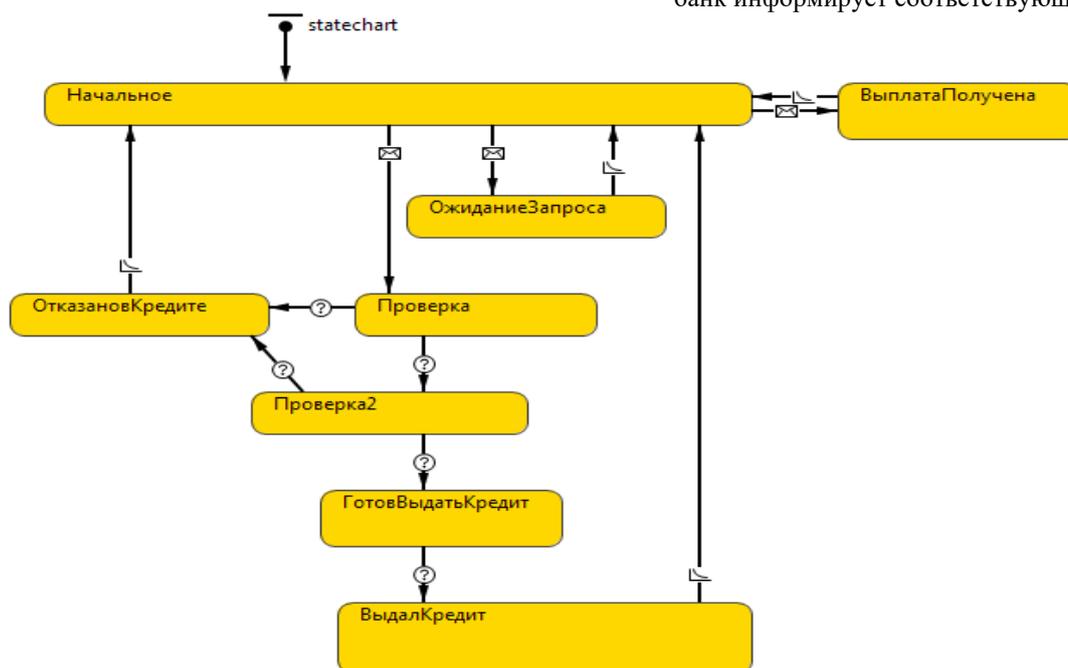


Рис. 4. Агент-ориентированная модель функционирования кластера банков

## 5. Агент-ориентированная модель функционирования кластера предприятий

Для кластеров предприятий разработаны диаграммы состояний, описывающие их деятельность (рис. 5). Так как деятельность предприятий связана с производством товаров и услуг, а также их реализацией, то для описания их жизнедеятельности потребуется несколько диаграмм.

Первая диаграмма включает в себя следующие состояния: «Проверка инвестиционного фона», «Запрос кредита», «Кредит получен». Диаграмма предназначена для осуществления действий по получению кредита. Сначала предприятие анализирует собственное состояние и текущую экономическую ситуацию, при необходимости

запрашивает кредит и, если он одобрен, получает необходимую сумму.

Вторая диаграмма отображает состояния предприятия, которое уже получило хотя бы один кредит и теперь обязано его выплачивать. Состояние «Проверка наличия кредита» имеет место, когда ещё ожидается получение кредита. Как только кредит получен, становится активным состояние «Кредит есть». Оно запускает состояние «Выплата произведена» до тех пор, пока сумма кредита не будет погашена полностью.

Третья диаграмма самая немногочисленная по количеству состояний. Состояние «Проведение финансовых операций» соответствует процессу функционирования предприятия и расчетам прибыли, затрат, и прочих показателей. «Распределение финансов» предполагает выяснение вопроса, каким статьям бухгалтерского баланса соответствуют те или

Мультиагентная модель процесса управления взаимодействием реального и банковского секторов с учетом их кластерной декомпозиции

иные виды денежных поступлений и на какой счёт их записывать.

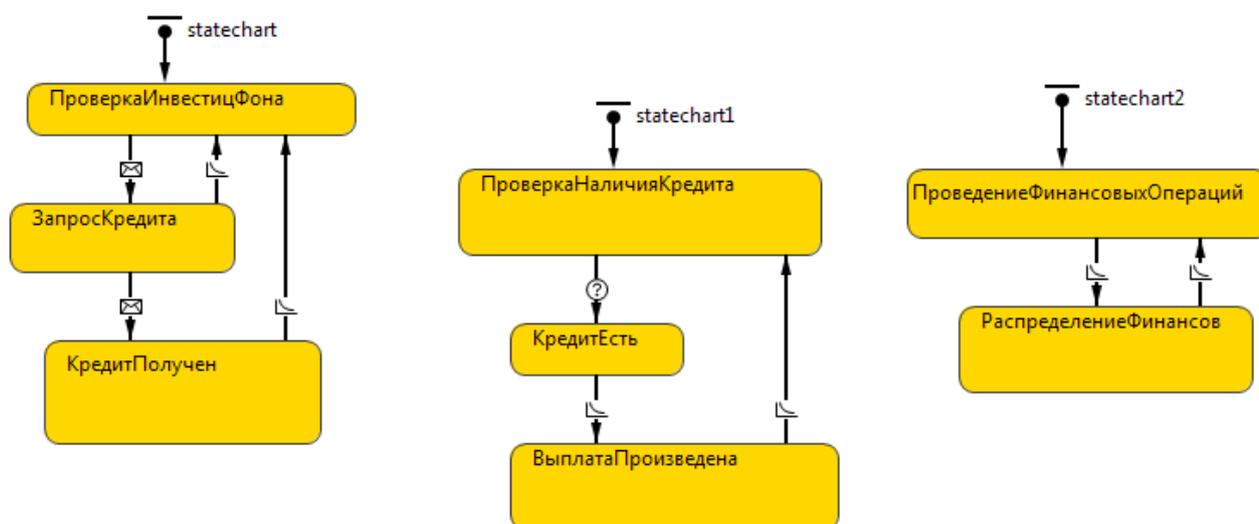


Рис. 5. Агент-ориентированная модель функционирования кластера предприятий

## 6. Заключение

Таким образом, предложены диаграммы вариантов использования многоагентной системы имитационного моделирования взаимодействия предприятий и банков при реализации инвестиционного процесса. Разработаны агент-ориентированные модели поведения кластера банков и кластера предприятий. Разработанная МСИМ управления взаимодействием кластеров предприятий и банков позволяет проводить экспериментальные исследования эффективности принятия инвестиционных решений на основе многовариантного анализа управляемых сценариев.

## Список используемых источников

1. Виттих В. А. Мультиагентные модели взаимодействий для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах / В. А. Виттих, П. О. Скобелев // Автоматика и телемеханика. – 2003. – №1. – С. 177-185.
2. Макарова Е.А., Ефтонова Т.А., Булатова Р.Н., Гатиятуллина В. Р. Исследование сценариев управления взаимодействием предприятий и банков на мезоуровне с использованием мультиагентных технологий // «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений»: сб. науч. тр. III. междунар. конф., Уфа: УГАТУ, 2015г. Т. 2. С.205-210.
3. Ильясов Б. Г. , Дегтярева И. В. , Макарова Е. А. , Валитов Р. Р. Система интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении макроэкономическим воспроизводственным

процессом на основе имитационного моделирования // Вестник УГАТУ. 2012. № 3. С. 217–229.

4. Макарова Е. А. Динамические модели функционирования экономических агентов и их взаимодействия в рамках воспроизводственного процесса с учетом запасов капитала / Инфокоммуникационные технологии. / Том 13, №2. 2015. С. 164-176.
5. Ильясов Б. Г., Димов Э. М., Макарова Е. А., Ефтонова Т. А. Нейросетевой анализ динамически неравновесных ситуаций взаимодействия секторов экономики с использованием имитационной модели. // Инфокоммуникационные технологии // Инфокоммуникационные технологии. Самара: Изд. ПГУТИ, 2016. Том 17, №3. С. 285-300.

## Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-08-01155

Всероссийская научная конференция "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", Уфа-Ставрополь, Россия, 2018