

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ВРЕМЕНЕМ В ПОДСИСТЕМЕ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕЛОВЫХ ИГР

О.Л. Викентьева, Н.С. Мезевцова  
НИУ ВШЭ, г. Пермь

**Аннотация:** Предлагаются средства управления временем при проведении деловых игр в студии компетентностных деловых игр. Описываются алгоритмы компонентов системы, основанные на методах распределённого имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** деловая игра, учебный бизнес-процесс, распределённое имитационное моделирование, управление временем.

### *Введение*

Компьютерная деловая игра (ДИ), практическое применение которой можно увидеть как в системах образования, так и в корпоративных пространствах, – один из современных и эффективных методов активного обучения. Компьютерная ДИ представляет собой учебную компьютерную систему, имитирующую реальную деятельность.

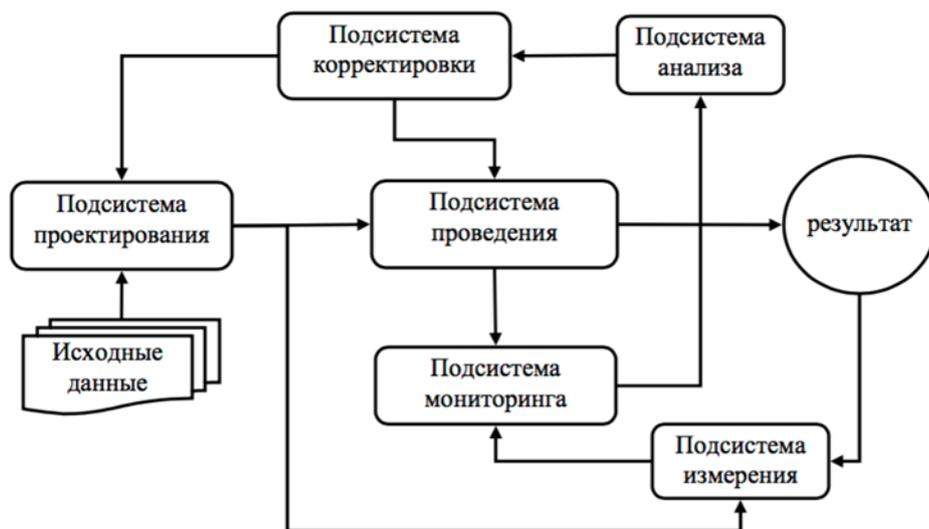
Компетентностная ДИ – это деловая игра, во время прохождения которой игрок приобретает компетенции, заложенные в сценарий ДИ. Сценарий автоматически формируется подсистемой проектирования на основе моделей бизнес-процессов (БП); выполнение сценария происходит в подсистеме проведения игры.

На данный момент на кафедре информационных технологий в бизнесе НИУ ВШЭ – Пермь разрабатывается проект «Студия компетентностных деловых игр» (СКДИ). СКДИ является инструментальной средой для проектирования и проведения компетентностных деловых игр [1, 2].

Структурная схема СКДИ представлена на рис. 1.

В процессе игры необходимо следить за тем, чтобы операции БП выполнялись строго в хронологическом порядке. Если же текущий БП сначала должен получить ответ от модуля «Активный ресурс», то система сначала должна дождаться этого ответа и только потом – в зависимости от него – предложить доступные для выполнения очередной операции БП ресурсы. Очередная операция может оказаться доступной для выполнения, когда все ресурсы, необходимые для ее осуществления, доступны пользователю для выбора, и операция должна выполняться до наступления окончания времени, выделенного на операцию.

Разработанный на данный момент прототип не позволяет настроить время выполнения операций и осуществить моделирование БП с учётом времени. Предлагается решить эту проблему с помощью механизма управления временем, который будет контролировать процесс своевременного выполнения всех операций.



*Рис. 1 Структурная схема СКДИ*

### **Описание моделей бизнес-процессов и схема функционирования СКДИ**

Чтобы учитывать время выполнения операций при проведении игры с помощью СКДИ, необходимо проанализировать разработанные в рамках СКДИ языки описания моделей бизнес-процессов, которые не отображают временные характеристики БП на данный момент. Как подсистема проведения ДИ, так и модуль «Активный ресурс» предполагают наличие автоматной (АМ) и операционной моделей (ОМ). В АМ происходит выполнение алгоритма, заложенного в сценарий ДИ. В качестве такой модели используется полученная на этапе проектирования логическая схема алгоритма (ЛСА), представляющая собой текстовую строку со сценарием игры, описанном на специальном языке. В ОМ формируется деловая обстановка на основе команд, поступающих из АМ. ОМ представляет собой ресурсы деловой игры и отношения между ресурсами и операциями БП, хранящиеся в базе данных (БД) [1, 2]. Подробное описание прототипа ППДИ приведено в [4].

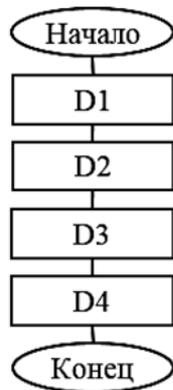
В СКДИ используются три типа моделей бизнес-процессов: реального (существующего на предприятии), унифицированного (промежуточного, «очищенного» от специфики предприятия) и учебного унифицированного (реализуемого в игре). В рабочем БП имеются определённые действия, их исполнители и различные ресурсы, необходимые для осуществления действий или получаемые в результате реализации действий.

Модель учебного БП (УБП) состоит из двух частей: «Последовательность операций» и «Операция». «Последовательность операций» представляет собой строгий алгоритм выполнения операций, который можно представить в виде блок-схемы (рис. 2). Для построения такой модели необходимо выделить операции исполнителя. «Операция» – это модель, которая описывает каждый элемент УБП детально (рис. 3). Здесь D1...D4 – это действия (или операции), осуществляемые в бизнес-процессе, R1...R3 – ресурсы на входе и выходе

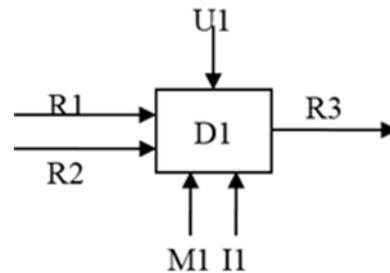
действий, U1 – управление действиями, П1 – исполнитель действий, М1 – механизм.

На основе УБП строится модель учебного унифицированного бизнес-процесса, которая представляет собой модель карты операций – дерева, состоящего из множества операций и множества точек принятия решений (ТПР). ТПР позволяет перейти от одной операции к другой, причём из одной точки можно перейти к нескольким операциям (рис. 4). Таким образом, получается иерархическая структура, каждая ветвь которой – это возможный путь (вариант реализации сценария) в ДИ [2].

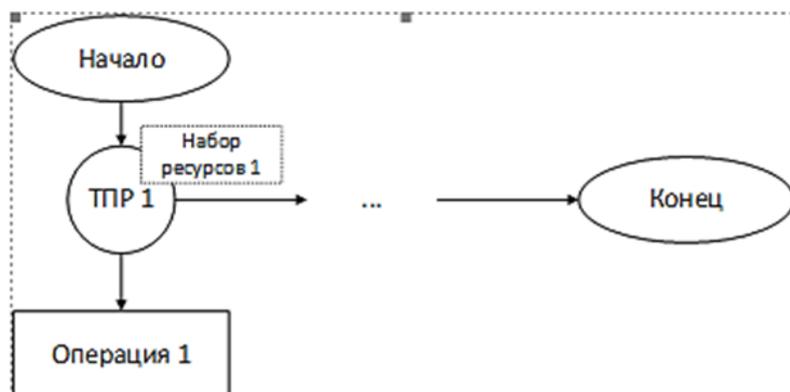
Как видно из приведённых примеров, языки описания моделей не отражают время выполнения операций, в связи с чем требуется дополнение используемых языков моделирования средствами представления времени. Для учёта временных характеристик операций БП в модели БП и при проведении деловой игры было решено использовать алгоритмы управления временем в системах имитационного моделирования (ИМ).



*Рис. 2. Блок-схема основной программы*



*Рис. 3. Модель операции – элемента УПП*



*Рис. 4. Пример карты операций*

## ***Подходы к управлению временем в имитационном моделировании***

Имитационные модели – это модели, основанные на продвижении времени. Распределённая модель – это модель, состоящая из нескольких последовательных подмоделей, называемых логическими процессами (ЛП), и одной коммуникационной подсистемы, которая реализует синхронизацию логических процессов. ЛП содержит собственные часы локального времени. Так как в СКДИ за логику выполнения отвечает ЛСА, то из имитационного моделирования необходимо заимствовать только алгоритмы, отвечающие за управление временем.

Существует три основных алгоритма управления временем: моделирование с фиксированным шагом; моделирование, управляемое событиями; моделирование, управляемое часами реального времени. При реализации продвижения времени в системе первым способом состояние системы не зависит изменения состояния системы [5, 6]. В каждый такт времени происходит проверка наличия запланированных событий в течение предыдущего интервала времени. Второй способ предполагает «особый» шаг продвижения времени, который определяется наступлением событий. В качестве следующего значения часов модельного времени может выбираться запланированное событие с минимальной временной меткой. Если же известен закон распределения интервалов между событиями, шаг может определяться с помощью соответствующего датчика. Также при таком подходе могут наличествовать события, для выполнения которых в каждый квант времени необходимо вычислять логические условия, и, если такое условие истинно, событие выполняется. Моделирование, управляемое часами реального времени, определяется синхронизацией модельного времени с процессорным, однако чаще здесь управление временем в системе зависит от скорости происходящих событий в реальном времени [5, 6].

Изучив подходы к реализации времени в ИМ, можно связать имитационную модель (распределённую ИМ) и подсистему проведения ДИ.

### ***Связь ИМ с подсистемой проведения ДИ***

Выполнение действий, требующих реакции, в ППДИ производится с помощью модуля «Активный ресурс», который должен реагировать на действия пользователя. Этот модуль выступит в качестве логического процесса, с которым будет взаимодействовать ППДИ. Активных ресурсов, взаимодействующих с ППДИ, может быть несколько, как и логических процессов, используемых при распределённом ИМ. Функции работы самой подсистемы, связанные со временем выполнения операций и событиями, возьмёт на себя так называемая управляющая модель (УМ). Работу УМ можно сравнить с управляющей программой в распределённом ИМ, предназначенной для синхронизации выполняемых асинхронно логических процессов.

Взаимодействие активных ресурсов с ППДИ должно осуществляться с помощью событий, т.е. вызов активного ресурса должен происходить во время выполнения операции, а результат окончания работы АР – сообщение подсистеме, которое имеет форму события. Предлагается сделать событие в ППДИ видом ресурса. Рассматриваются события двух видов: входной ресурс-

событие (РС) и выходной РС. Входной РС – сигнал для начала выполнения операции, т.е. операция может начать выполняться при наличии входного РС, даже если не наступило время начала операции. Выходной РС необходим для перехода к следующей операции. Выходной РС для одной операции является входным РС для другой. Наличие входного или выходного РС для каждой операции задаётся на этапе проектирования ДИ. Создание выходных РС обеспечивает гарантированный выход из состояния выполнения операции. Также при возникновении АР в процессе выполнения операции БП необходимо, чтобы при окончании ЛСА каждого АР формировалось событие, которое имеет значимость при выполнении операции в основной программе.

Выполнение операции начинается только тогда, когда есть входной ресурс-событие и текущее время меньше или равно времени наступления выполнения операции. При этом нужно определить, как будет осуществляться продвижение времени при разработке ППДИ. Из рассмотренных выше алгоритмов продвижения времени наиболее подходящим является моделирование с продвижением времени при наступлении события, т.к. в подсистему добавлены РС, наличие которых позволит перейти к следующей операции. Однако, если не был сформирован выходной РС у одной операции, то следующая за ней операция не сможет начаться, т.к. она не будет иметь входного РС.

Время выполнения операций должно задаваться на этапе проектирования ДИ, модельное время выполнения операций рассчитывается перед проведением игры, на основе предварительного спроса игрока, определяющего, за какое время он хочет пройти эту игру. Также на этапе проектирования должны задаваться входные и выходные ресурсы-события и активные ресурсы для операций.

Выполнение операции вместе с ее предусловием и постусловием можно представить в виде последовательности нескольких шагов:

1. Проверка выбранных ресурсов на соответствие операции в ЛСА (с помощью данных в БД).
2. Проверка операции на наличие входного РС.
3. Формирование выходного РС.
4. Смена статусов ресурсов.

Таким образом, определив основные составляющие рассматриваемой подсистемы и обозначив принцип управления временем, можно перейти к следующему шагу разработки системы – необходимо разработать новые алгоритмы управления частями ППДИ.

### ***Алгоритм работы подсистемы проведения деловых игр***

Алгоритм работы ППДИ, разделённый на работу отдельных модулей, выглядит следующим образом:

1. АМ выполняет запрос к БД, загружает ЛСА.
2. АМ выделяет команду с первой моделью сцены.
3. АМ отправляет команду ОМ.
4. ОМ получает команду, выводит на экран все доступные для выполнения очередной операции ресурсы согласно ЛСА.

5. ОМ формирует условие, отвечающее действиям пользователя, для перехода к следующей сцене. Лист ресурсов обновляется после выбора ресурсов игроком: ресурсы, которые выбрал пользователь, меняют статус с «0» на «1».
6. ОМ выполняет запрос к БД, проверяет выбранные ресурсы на наличие операции, имеющей на входе такой набор входных ресурсов: если такая операция есть, то выполняется переход к п. 7; если такой операции найдено не было, то на экран выводится сообщение с информацией об ошибке и происходит переход к п. 8.
7. Выполнение операции:
  - 7.1. УМ проверяет наличие входного ресурса-события в операции и проверяет время: если есть входной ресурс-событие и текущее время меньше или равно времени начала операции, то переход к п. 7.2, иначе вывод сообщения об ошибке и переход к п. 8.
  - 7.2. УМ формирует выходной ресурс-событие.
  - 7.3. ОМ отправляет условие, содержащее статусы ресурсов, АМ.
  - 7.4. АМ принимает условие, выполняет запрос к БД.
  - 7.5. АМ находит ЛСА, выделяет команду со следующим набором ресурсов из ЛСА.
  - 7.6. АМ отправляет команду ОМ. Смена статусов ресурсов: входные ресурсы становятся недоступными (статус «-»); выходные ресурсы становятся доступными (статус «0»).
  - 7.7. УМ проверяет время, выделенное на выполнение операции: если время не закончилось, то переход к п. 8, иначе на экран игроку выводится сообщение с информацией об ошибке, переход к проверке конца игры.
8. Пока не конец игры, повторять п. 4-7.

#### *Алгоритм работы модуля «Активный ресурс»*

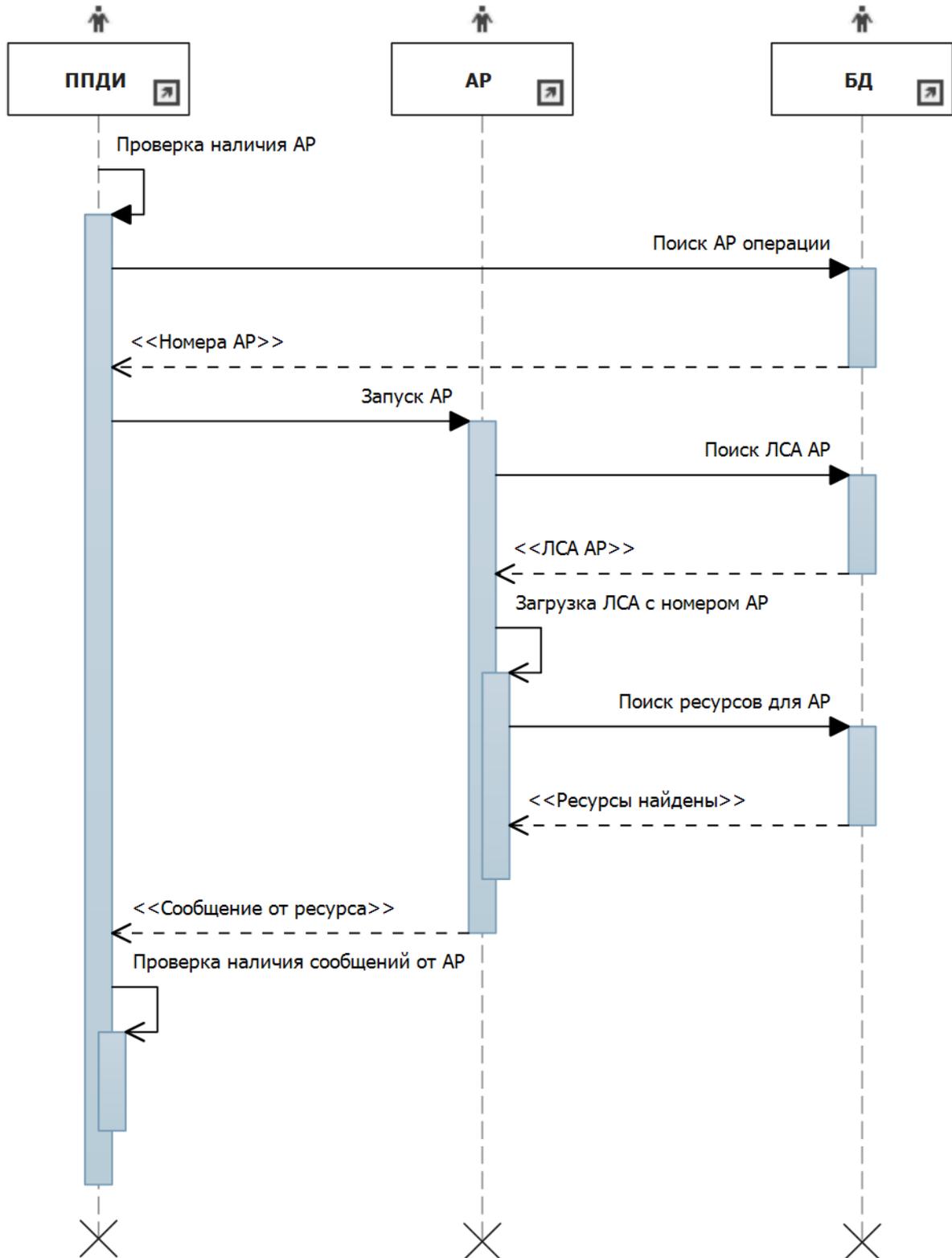
Выполнение АР происходит на этапе выполнения операции при наличии АР у операции (т.е. проверка происходит в п. 7.1 алгоритма работы ППДИ). \

Алгоритм включает следующие шаги:

1. ОМ выполняет запрос к БД, проверяет на использование в операции активного ресурса: если в операции задействован активный ресурс (активные ресурсы), то АМ загружает ЛСА АР, иначе переход к проверке конца игры.
2. УМ проверяет наличие сообщений от всех АР: если есть в наличии сообщения от всех активных ресурсов, задействованных в операции, переход к формированию события, если в наличии сообщения не от всех активных ресурсов, то переход к следующему пункту (п. 3).
3. УМ проверяет время, выделенное на выполнение операции: если время не закончилось, то УМ ждёт сообщения, переход к п. 2; иначе на экран выводится сообщение с информацией об ошибке, переход к проверке конца игры.

**Алгоритм взаимодействия между ППДИ и модулем  
«Активный ресурс»**

Взаимодействие между ППДИ и АР представлено ниже в виде диаграммы последовательностей (рис. 5). В процессе взаимодействия регулярно происходит обращение к базе данных, которая содержит события, операции, ресурсы, а также ЛСА.

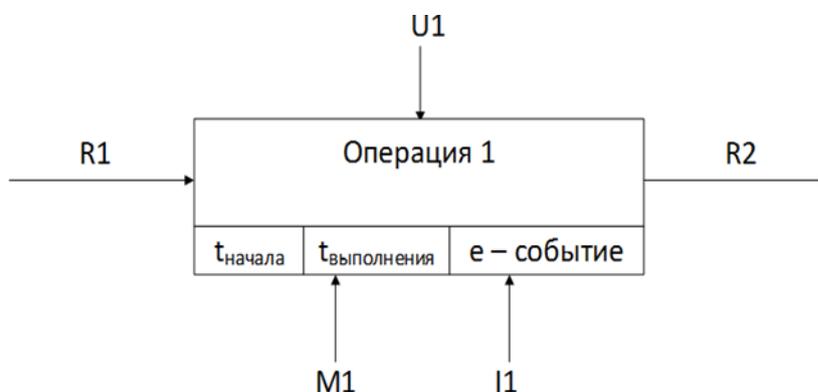


**Рис. 5. Диаграмма последовательностей прецедента «Выполнение операции»**

### ***Проектирование моделей бизнес-процессов для построения сценария, выполняемого подсистемой проведения ДИ***

В связи с необходимостью добавления времени в алгоритмы СКДИ должен измениться язык описания моделей бизнес-процессов СКДИ. Изменения внесены в язык описания унифицированного бизнес-процесса: кроме названия операции в модели операции указано время начала операции, время ее выполнения (длительность) и событие, формирующееся в процессе выполнения операции или после ее завершения. Время начала и время выполнения операции задаются на этапе проектирования деловой игры с указанием единиц времени, событие также определяется на этапе проектирования, где необходимо указать, какие ресурсы являются событиями.

На рис. 6 представлена модель операции для основной программы. Модели операций для АР также содержат дополнительные параметры, как и модели операций для основной программы (время начала, время выполнения, событие).



***Рис. 6. Модель операции с учётом времени***

### ***Заключение***

Для решения проблемы с отсутствием настройки и моделирования времени при проведении ДИ были решены следующие задачи:

1. Проанализированы существующие на данный момент алгоритмы для проектирования и проведения ДИ в СКДИ, а также подходы к управлению временем в имитационном моделировании, в результате анализа была выбрана схема управления временем с учётом событий.
2. В языки описания БП СКДИ были внесены изменения, позволяющие задавать продвижение времени в модели при проведении ДИ.
3. С учётом проведённого анализа были разработаны алгоритмы для усовершенствования подсистемы проведения деловых игр СКДИ, реализующих хронологический порядок выполнения операций.

### **Библиографический список**

1. *Викентьева О.Л.* Концепция студии компетентностных деловых игр / *О.Л. Викентьева, А.И. Дерябин, Л.В. Шестакова* // *Современные проблемы науки и образования*, № 2, 2013. (URL: <http://www.science-education.ru/108-8746>).
2. *Викентьева О.Л.* Формализация предметной области при проектировании деловой игры / *О.Л. Викентьева, А.И. Дерябин, Л.В. Шестакова* // *Информатизация и связь*. – 2014. – № 1. – С. 58-61.
3. *Викентьева О.Л.* Проектирование и разработка модуля «Активный ресурс» для информационной системы проведения деловых игр / *О.Л. Викентьева, Н.С. Мезеветова, А.А. Полуянов* // *Информатизация и связь*. – 2016. – № 19. – С. 28-40.
4. *Викентьева О.Л.* Проектирование и разработка информационной системы проведения деловых игр / *О.Л. Викентьева, Н.С. Мезеветова, А.А. Полуянов* // *Журнал магистров*. – 2016. – № 2. – С. 159-165.
5. *Окольнишников В.В.* Представление времени в имитационном моделировании / *В.В. Окольнишников* // *Вычислительные технологии*. Т. 10, № 5. Сибирское отделение РАН, 2005. – С. 57-77.
6. *Замятина Е.Б.* Современные теории ИМ. Специальный курс для магистров второго курса специальности «Прикладная математика и информатика» / *Е.Б. Замятина* // Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2007.