

УДК 004.94

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМОДЕЛЬНОГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ НАДЕЖНЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Самойлова К.В., Замятина Е.Б. (Пермь)

Введение

В современных условиях бизнес все чаще сталкивается с ситуациями и событиями, которые могут негативно сказаться на его деятельности. Причем природа таких событий может быть разной, а кроме того, они могут служить триггерами друг друга. По этой причине становится актуальным проектировать бизнес-процессы, в которых учтено поведение описываемого объекта при наступлении нестандартной ситуации, приводящей к негативным последствиям.

В работе [1] авторы рассматривают риски как часть бизнес-процесса, определяя их как условия, процессы или события, препятствующие достижению целей бизнес-процесса. Под надёжными бизнес-процессами будем понимать такие бизнес-процессы, которые при наступлении риска смогут достичь поставленной цели. Для того чтобы бизнес-процесс был надежным, необходимо на этапе исследования идентифицировать узкие места (риски) и способы предотвращения их наступления с целью уменьшения отрицательного влияния.

Для проведения аналитического исследования бизнес-процесса необходимо построить и проанализировать его формальную модель. Обычно рассматривают несколько классов моделей, но чаще всего бизнес-процессы описывают бизнес-аналитики с помощью графических моделей в той или иной нотации: IDEF, BPMN, UML и т. д.

Работа является продолжением предыдущих исследований [2], которые предлагают программную систему, реализующую итеративный процесс трансформации формальной модели в имитационную для обнаружения рисков. При обнаружении рисков предполагается принять контрмеры. Контрмеры извлекают из заранее сформированных онтологий, в которых конкретным рискам соответствуют те или иные контрмеры.

В текущей работе к описанному выше алгоритму добавляют этап валидации и верификации моделей. Это необходимо так как конечная цель моделирования заключается в исследовании реального объекта мира, соответственно полученная модель должна быть максимальна близка описываемому процессу, а полученные результаты пригодны для дальнейшего использования.

Описание программной системы

Итак, рассмотрим программную систему, которая предполагает использование методов имитационного моделирования для изучения функционирования бизнес-процессов.

Исследование бизнес-процессов начинают с построения концептуальной модели M , определяют ее валидность, строят графическую модель M_x и осуществляют автоматизированное преобразование графической модели M_x , где $X = \{IDEF, BPMN, ..., UML\}$ (M_x - графическая модель бизнес-процесса, описание модели выполняют с использованием одной из нотаций: IDEF[3], BPMN[4], UML[5] и т.д.) в имитационную модель M_Y^Z , где $Y = \{GPSS, AnyLogic, ..., NetLogo\}$, M_Y - это имитационная модель бизнес-процесса, которую описывают с помощью одного из языков имитационного моделирования: GPSS[6], AnyLogic[7], NetLogo[8] и т.д. $Z = \{QT, PN, ..., MC\}$ - набор

математических схем, лежащих в основе системы имитационного моделирования (система массового обслуживания, сети Петри, цепи Маркова, теория графов и т.д.). После трансформации проводят валидацию имитационной модели, и, если модель соответствует высокому уровню адекватности запускают имитационный эксперимент для исследования процесса.

Для проведения валидации при помощи онтологий, будет использован метод, описанный авторами Ngom A., Kamara-Sangare F. В работе [9].

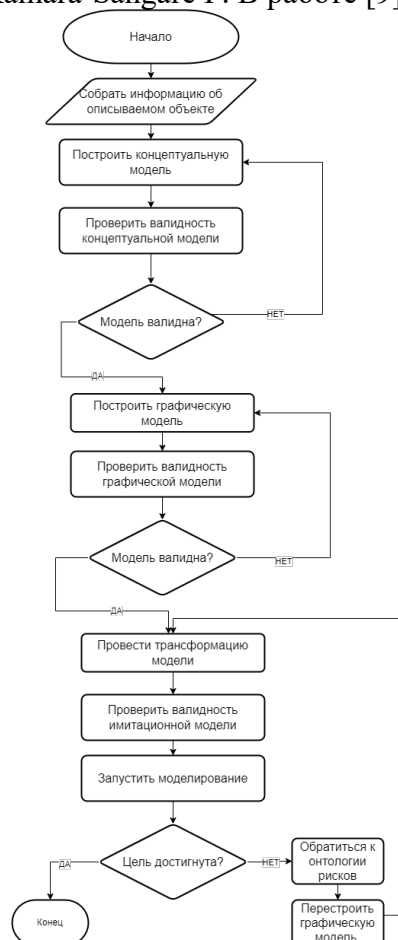


Рис.1. Алгоритм определения надежности бизнес-процесса, выявления и устранения рисков

Таким образом, для исследования бизнес-процессов может быть применен многомодельный подход [10]. Более подробно: модель бизнес-процесса преобразуют в имитационную модель, которую строят на основе одного из математических формализмов (в нашем случае это системы массового обслуживания и сети Петри). Преобразование осуществляют с помощью программного средства MetaLanguage, основанного на технологиях DSM (Domain Specific Modeling) [11, 12].

В результате имитационного эксперимента выявляют риски бизнес-процессов. Для идентификации и устранения рисков используют онтологический подход [13] (онтологии используют для извлечения знаний по предотвращению рисков и принятию контрмер). Затем выполняют автоматизированную модификацию исходной модели M_x в соответствии с заданными контрмерами (извлеченными из онтологии) и повторяются действия: преобразование графической модели M_x в имитационную, имитационный эксперимент, идентификация рисков, применение контрмер для реинжиниринга бизнес-

процесса и т. д. Итак, построение надежного бизнес-процесса носит итерационный характер.

Отличительной особенностью предложенной авторами системы построения надежного бизнес-процесса является возможность использования многомодельного подхода, предполагающего применение различных математических средств для исследования функционирования бизнес-процесса в динамике, анализа эффективности контрмер, онтологического подхода, который может быть использован для идентификации рисков. Кроме того, для исследования может быть использован любой доступный исследователю инструмент имитационного моделирования, а для описания бизнес-процесса – одна из используемых бизнес-аналитиками нотаций. На каждом этапе трансформации выполняют валидацию моделей.

Далее рассмотрим существующие решения для построения надежных бизнес-процессов, правила трансформации, онтологический подход для идентификации рисков и контрмер для их устранения, и результаты имитационных экспериментов.

Существующие методологии построения надежных бизнес-процессов

Существует ряд работ направленных на изучение методологий для построения надежных бизнес-процессов.

В работе [14] авторы рассматривают модель ROPE, которая объединяет в себе проектирование бизнес-процесса и управление рисками. Методология предлагает использовать трехслойную модель, которая состоит из:

- описания процесса;
- диаграммы-прецедентов;
- описания угроз и контрмер.

По причине того, что модель рассматривает только некоторые типы рисков, ее применение не подходит для всестороннего исследования и может быть применима только для простых процессов. На основе модели ROPE и с учетом необходимости проведения оценки рисков на основе нескольких подходов, оценок и представлений была разработана методология INMOTOS [15].

Методология INMOTOS предлагает более детальное исследование процесса благодаря проведению декомпозиции диаграммы прецедентов, а также отмечает ресурсы, которые нужны для реализации процесса. Риски и следствия их реализации выявляют на этапе прогнозирования рисков, благодаря чему эти риски и их последствия предотвращаются. Однако методология не рассматривает ситуации, когда реализация одного риска служит условием для осуществления другого риска.

Еще один подход к проектированию надежных бизнес-процессов рассматривает методология POSeM (Process Oriented Security Models) [16]. Благодаря встроенному языку SEPL описывают требования к надежному бизнес-процессу, а использование баз правил выполняет проверку бизнес-процесса на надежность при возникновении риска.

В приведенных выше работах не рассматривают функционирование бизнес-процессов во времени и не используют методы имитационного моделирования.

Чаще всего, при применении методов имитационного моделирования используют такую математическую схему, как системы массового обслуживания. Однако следует отметить, что исследователи часто прибегают к интеграции сетей Петри в системы имитационного моделирования. В работе [17] представлена интеграция цветных сетей Петри с программой имитационного моделирования SIMIO. Кроме того, для проектирования и построения надежных бизнес-процессов исследователи используют подход MDD (Model Driven Development) [18, 19] и трансформацию имитационных моделей [20].

Проектирование бизнес-процесса

Для демонстрации работы предложенной программной системы представлен бизнес-процесс регистрации на рейс. Процесс начинается, когда пассажир подходит к стойке регистрации и предъявляет паспорт. Далее сотрудник сверяет данные в системе и либо печатает посадочный талон, либо обнаруживает несоответствие в документах. Процесс считается завершенным в двух случаях: когда пассажир получает посадочный талон или когда сотрудник обнаруживает несоответствие в документах.

Этот процесс представлен в нотации BPMN 2.0 (рис. 2). После этого выполняют его трансформацию в имитационную модель на языке AnyLogic [7], а в качестве математического формализма для исследования используют сети Петри [21]).

Трансформацию модели осуществляют с помощью метаязыка платформы DSM MetaLanguage [12]. MetaLanguage разработан в Пермском государственном университете и отвечает всем основным требованиям, предъявляемым к DSM-платформам. Инструментарий позволяет разрабатывать языки моделирования любой предметной области с возможностью быстрого редактирования, реализовывать многоуровневое и многоязычное моделирование.

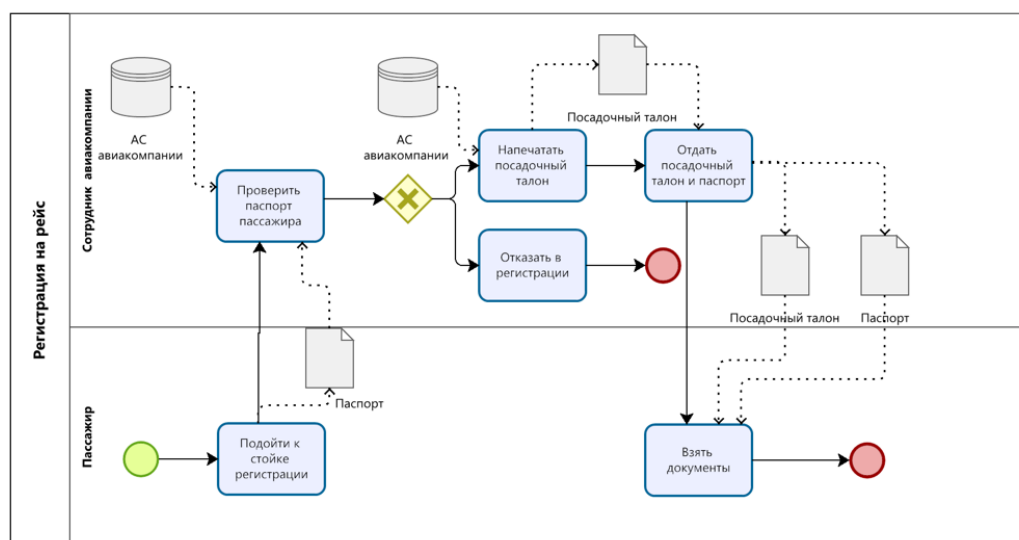


Рис.2. Процесс получения посадочного талона

Предложенный подход предполагает трансформацию процесса, описанного в нотации BPMN, в модель, которая может быть представлена сетью Петри (математический формализм, выбранный для исследования надежности процессов) (см. рис. 3) с использованием набора правил (аналогично правилам в [21]). Затем модель, описанную в терминах сетей Петри, преобразуют в имитационную модель, представленную в среде AnyLogic.

Наименование правила	Левая часть правила	Правая часть правила
Позиция0Переход0Позиция1- Задание		
Переход_Событие		
Позиция0 Позиция1Переход0Позиция2 - Параллельный шлюз		
Позиция0Переход0Позиция1 Позиция2_ Параллельный шлюз		

Рис. 3. Фрагмент правил трансформации

В результате преобразований исходный процесс приобретает следующий вид (рис. 4.)

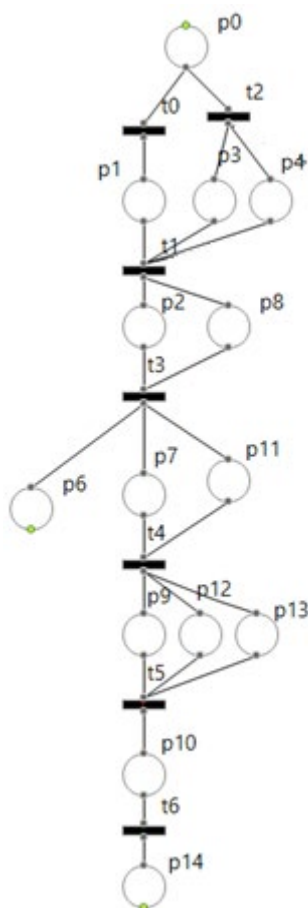
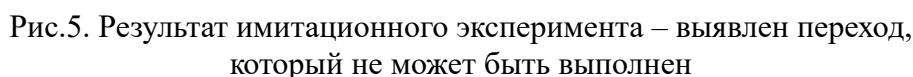


Рис. 4. Процесс получения посадочного талона (Сеть Петри)

Затем проводят имитационный эксперимент, в результате которого определяют ошибки на участке p1-t1-p2 (см. рис. 5). Переход t1 не сработал из-за отсутствия токенов в позициях p3, p4 в BPMN-нотации эти позиции соответствуют артефактам "Паспорт" и "Система регистрации". В реальной жизни это означает, что задача проверки документов не будет выполнена из-за отсутствия паспорта либо при сбое в системе регистрации.



The diagram illustrates the process of online registration through a passenger's LK (ЛК пассажира) and the associated risks and controls. It is structured as a flowchart with nodes and connecting arrows.

Legend:

- Репутационные риски (Reputational risks)
- Риски (Risks)
- Отсутствие билета (No ticket)
- Отсутствие бронирования (No booking)
- Отсутствие паспорта (No passport)
- Сбой АС (AS failure)

Flowchart Structure:

- Репутационные риски** (Reputational risks) leads to **Последствия** (Consequences) and **Риски** (Risks).
- Последствия** (Consequences) leads to **Отсутствие бронирования** (No booking) and **Отсутствие билета** (No ticket).
- Риски** (Risks) leads to **Отсутствие бронирования** (No booking) and **Отсутствие билета** (No ticket).
- Отсутствие бронирования** (No booking) leads to **Онлайн-регистрация через ЛК пассажира** (Online registration through passenger LK) via the action **для** (for).
- Отсутствие билета** (No ticket) leads to **Онлайн-регистрация через ЛК пассажира** (Online registration through passenger LK) via the action **для** (for).
- Онлайн-регистрация через ЛК пассажира** (Online registration through passenger LK) leads to **Сбой АС** (AS failure) via the action **для** (for).
- Сбой АС** (AS failure) leads to **Репутационные риски** (Reputational risks) via the action **запустить** (start).
- Онлайн-регистрация через ЛК пассажира** (Online registration through passenger LK) leads to **Отсутствие паспорта** (No passport) via the action **для** (for).
- Отсутствие паспорта** (No passport) leads to **Риски** (Risks) via the action **для** (for).
- Отсутствие паспорта** (No passport) leads to **Контрмеры** (Countermeasures) via the action **для** (for).
- Контрмеры** (Countermeasures) leads to **Онлайн-идентификация** (Online identification) and **Регистрация через единую биометрическую систему** (Registration through a unified biometric system).
- Онлайн-идентификация** (Online identification) leads to **Отсутствие паспорта** (No passport) via the action **для** (for).
- Регистрация через единую биометрическую систему** (Registration through a unified biometric system) leads to **Отсутствие паспорта** (No passport) via the action **для** (for).
- Отсутствие паспорта** (No passport) leads to **Риски** (Risks) via the action **для** (for).
- Отсутствие паспорта** (No passport) leads to **Контрмеры** (Countermeasures) via the action **для** (for).

Рис.6. Онтология рисков

Рис.7. Результат SPARQL запроса

Итак, используя меры по предотвращению возникновения рисков, основной процесс реструктурируют, и все этапы повторяют заново (см. рис. 8).

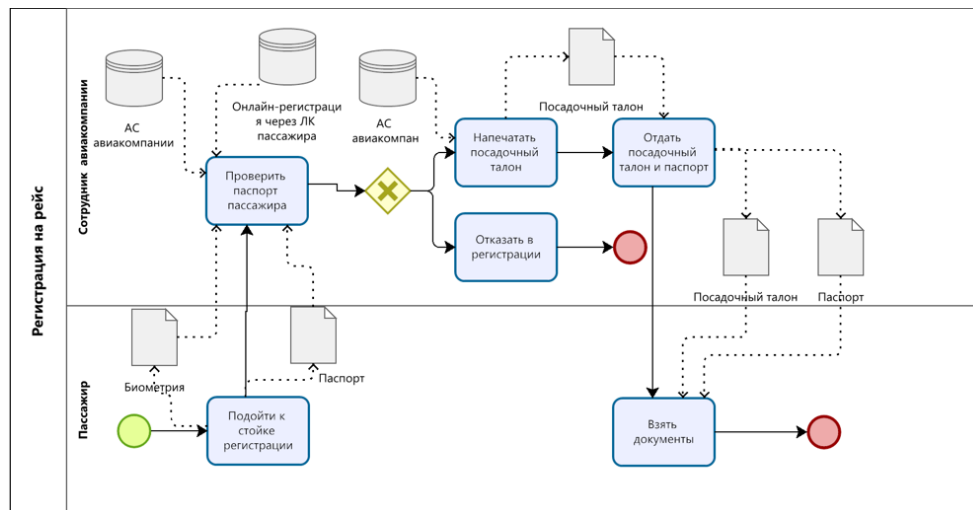


Рис.8. Реструктуризация процесса

Анализ имитационных моделей

При построении надежного бизнес-процесса необходимо преобразовать модель, представленную в нотации BPMN, в имитационную модель (в данном случае это имитационная AnyLogic-модель). Имитационные эксперименты предполагают наличие такого этапа, как экспертиза имитационной модели. Следует отметить, что экспертизе построенной имитационной модели исследователями уделяется большое внимание [22, 23, 24]. Экспертиза подразумевает выполнение этапов верификации и валидации модели, чтобы доказать, что этой модели можно доверять [24], и что качество информации, полученной в результате имитационного эксперимента, соответствует необходимому уровню, позволяющему принять правильное решение.

Таким образом, под верификацией понимают контроль правильности переноса концептуальной модели, разработанной исследователем, в среду имитационного моделирования. Валидация может быть определена как проверка правильности действий и представления концептуальной модели.

Более подробно методы верификации и валидации описаны в работе американского исследователя Османа Балчи [24].

Итак, построение бизнес-процессов в данном случае представляет собой трансформацию моделей, представленных в нотации (например BPMN), в имитационные модели на одном из языков имитационного моделирования (в данном случае это был AnyLogic). Чтобы быть уверенным в достоверности полученных в результате трансформации моделей, необходимо провести их валидацию.

Для определения валидности моделей предлагается применять онтологический подход [25].

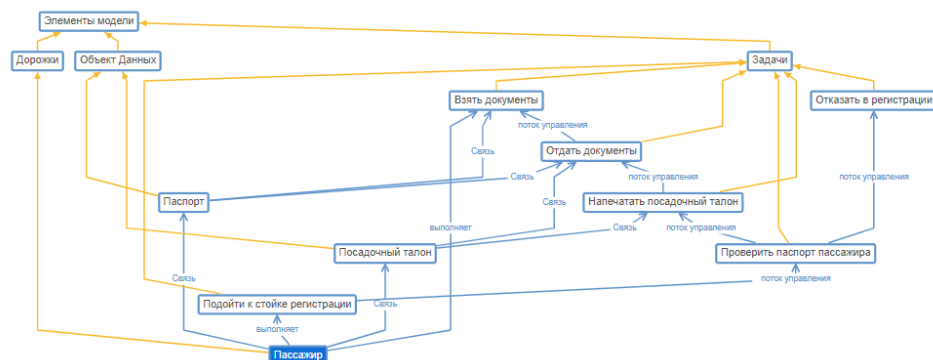


Рис.9. Онтология модели, представленная в нотации BPMN

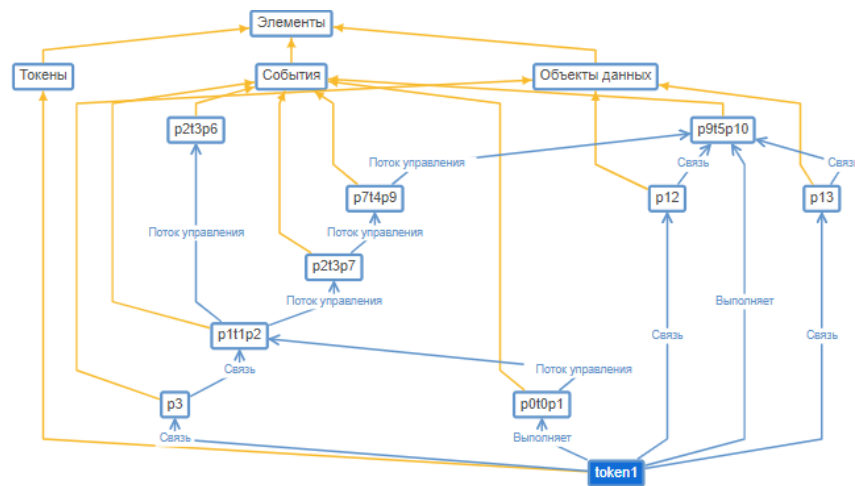


Рис.10. Онтология имитационной модели

Онтологии моделей состоят из класса «Элементы», который содержит все задачи нотации BPMN 2.0 и элементы, полученные в результате ее преобразования. Фактически это будет комбинация "позиция-переход-позиция", соответствующая элементу "Задача" в исходной модели, а также подклассы артефактов и автоматизированных систем. Согласно правилам трансформирования, пулы BPMN в сетях Петри представляют в виде токенов. В результате проведенной трансформации помимо самих элементов были перенесены и их отношения друг с другом, что позволит сохранить их при разработке онтологии имитационной модели. Итоговые онтологии представлены на рисунках выше (см. рис. 9, рис. 10).

Таким образом, разработав онтологию модели, описывающей реальную систему, и онтологию имитационной модели, можно выполнять расчеты их семантической близости для проведения валидации полученной имитационной модели.

Для проведения валидации с помощью онтологий воспользуемся методом, описанным в своей работе авторами Ngom A., Kamara-Sangare F. [9]. Этот подход состоит из нескольких этапов:

1. На первом этапе определяют набор классов, которые есть в онтологии концептуальной модели и нет в онтологии имитационной модели ($O1 \setminus O2$) и наоборот ($O2 \setminus O1$). Также определяют набор классов, представленных как в онтологии концептуальной модели, так и в онтологии имитационной модели ($O1 \cap O2$).
2. Затем вычисляют семантическую близость для элемента каждого набора.
3. После этого происходит расширение обеих онтологий. Для этого элементы, отсутствующие в одной из онтологий, выбирают из классов общего набора и добавляют в качестве их потомков в другую онтологию.
4. Определяют класс общего набора расширенных онтологий $O'1 \cap O'2$.
5. Выполняют оценку сходства расширенных онтологий.

Итоговое семантическое сходство онтологий составляет 98%, что свидетельствует о достоверности разработанной имитационной модели. Такой высокий процент сходства ожидаем и может быть объяснен тем, что при трансформации модели передается каждый ее элемент и связи между ними.

Заключение

Рассматриваемый программный комплекс, использует многомодельный подход для проектирования надежных бизнес-процессов, т. е. таких процессов, которые при наступлении риска достигнут цели или минимизируют последствия их реализации. Принятие контрмер выполняется благодаря заранее созданной онтологии рисков,

которая содержит классы «Риски», «Контрмеры», «Последствия». Обращение в онтологии позволяет выбрать нужные контрмеры и применить их при проектировании процесса.

В отличие от рассматриваемых в обзорной части методик, комплекс позволяет использовать бизнес-процессы, представленные при помощи известных нотаций. Использование технологий DSM позволяет выполнить трансформацию в имитационную модель, основанную на одном из математических формализмах (например, сеть Петри), что позволяет более подробно рассмотреть исследуемый процесс. Проведение валидации позволяет убедиться в достоверности построенной модели и оценить адекватность предложенного надежного бизнес-процесса.

Литература

1. **Rosemann M., zur Muehlen M.** Integrating Risks in Business Process Models. ACIS 2005 Proceedings - 16th Australasian Conference on Information Systems, 2005
2. **Samoylova K., Zamyatina E.** Architecture of a software system for designing robust business processes, Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS. 34. 10.15514/ISPRAS-2022-34(2)-6, 2022, 67-76.
3. **Menzel C., Mayer R.J.** The IDEF family of languages//Handbook on Architectures of Information Systems, Springer. 1998.
4. **Chinos M., Trombetta A.** BPMN: an introduction to the standard// Computer Standards & Interfaces. 2012. vol. 34, no. 1. C. 124–134.
5. **Booch G. et al.** The unified modeling language user guide – covers UML 2.0 Addison Wesley object technology series, Addison-Wesley, 2nd edn., 2005.
6. **Varzhapetyan A.** Simulation modeling on GPSS/H //M: University book. 2018.
7. **Карпов Ю.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с ANYLOGIC 5. – Санкт-Петербург, 2005. С. 390.
8. **Chaudhry Q.A.** An introduction to agent-based modeling modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo: a review//Complex Adapt Syst Model 4, 11.2016. DOI:10.1186/s40294-016-0027-6.
9. **Ngom A., Kamara-Sangare F.** Assessing Similarity Value between Two Ontologies. In: IC3K 2018 Proceedings of the 10th International Joint Conference on Knowledge Discovery. 2018. C.343–350.
10. **Соколов Б. В., Юсупов Р.М.** Концептуальные и методические основы квалиметрии моделей и полимодельных комплексов. // Труды СПИИРАН. 2004. С. 10–35.
11. **Rodríguez A., Durán F., Rutle A., Kristensen L.M.** Executing Multilevel Domain-Specific Models in Maude. Journal of Object Technology. 2019, 18(2): 4:1–21. DOI:10.5381/jot.2019.18.2. a4.
12. **Sukhov A.O., Lyadova L.N.** Horizontal Transformations of Visual Models in MetaLanguage System. In: Proceedings of the 7th Spring/Summer Young Researchers' Colloquium on Software Engineering (SYRCoSE 2013). 2013. С. 31-40.
13. **Zamyatina E., Mikov A., Lanin V.** Automation of Simulation Steps using Ontological Approach // In: Proceedings of the 10th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (IC3K 2018). 2018.
14. **Jakoubi S., Tjoa S., Quirchmayr G.** Rope: A Methodology for Enabling the Risk-Aware Modelling and Simulation of Business Processes. In: 15th European Conf. Information Systems. 2007. C. 1596-1607.
15. **Zechner L., Kieseberg P., Weippl E.** INMOTOS: Extending the ROPE-methodology// In: IIWAS '12 Proceedings of the 14th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services. 2012. C. 272-277.

16. **Rohrig S.** Using Process Models to Analyse IT Security Requirements// Dissertation. 2003.
17. **De La Mota, I.F., Guasch, A., Mota M.M., Piera M.A.** Robust Modelling and Simulation. Integration of SIMIO with Coloured Petri Nets. Springer Cham.1st edn. 2017.
18. **Cetinkaya D., Verbraeck A.** Metamodeling and Model Transformations In Modeling And Simulation. In: Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference. S. Jain, R. R. Creasey, J. Himmelspach, K. P. White, and M. Fu, eds. 2011. C.3046-3059
19. **Ledet J., Teran-Somohano A., Butcher Z., Yilmaz L., Smith A.E., Oguztuzun H., Dayibas O, Gorur B.K.** Toward Model-Driven Engineering Principles and Practices to Support Model Replicability // Proceedings of the Summer Simulation Multi-Conference (SummerSim'14). 2014. V. 46. № 10. C. 34–41.
20. **Bocciarelli P., D'Ambrogio A., Giglio, A., Paglia, E.** Bpmn-Based Business Process Modeling and Simulation. In: Proceedings of the 2019 Winter Simulation Conference. N. Mustafee, K.-H.G. Bae, S. Lazarova-Molnar, M. Rabe, C. Szabo, P. Haas, and Y.-J. Son, eds. 2019. C. 1439–1453.
21. **Kalenkova A.A, van der Aalst WMP, Lomazova I.A., Rubin V.A.** Process mining using BPMN: relating event logs and process models//Software & Systems Modeling 16 (4). 2015. C. 1019-1048.
22. **Sargent R.G.** An Introductory Tutorial On Verification And Validation Of Simulation Mod-els // Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference L. Yilmaz, W. K. V. Chan, I. Moon, T. M. K. Roeder, C. Macal, M. D. Rossetti, eds. 2015. C.1729-1740
23. **Sargent R.G.** Verification and Validation of Simulation Models» // Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference S. G. Henderson, B. Biller, M.-H. Hsieh, J. Shortle, J. D. Tew, and R. R. Barton, eds., 2007. C. 124–137
24. **Balci O.** Quality Assessment, Verification, And Validation Of Modeling And Simulation Applications // Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference R.G. Ingalls, M. D. Rossetti, J. S. Smith, and B. A. Peters, eds., 2004. C. 246–249.
25. **Zamyatina E., Churin D., Lanin V., Lyadova L., Matta N.** Simulation Model Validation Based on Ontological Engineering Methods, in: Proceedings of the 14th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management - (Volume 2) KEOD Vol. 2: KEOD. Lisbon, Portugal: SciTePress, 2022. C. 237–244.