

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.142>Сеньков А.В.¹, Сорокин Е.В.², Марголин М.С.³¹ORCID: 0000-0001-9707-4425, кандидат технических наук, ²аспирант, ³аспирант,

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-37-60059, а также Совета по грантам Президента РФ в рамках научного проекта МК-6184.2016.8***АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ****Аннотация**

В работе предложена архитектура интеллектуальных имитационных программных средств для моделирования сложных организационно-технических систем, рассмотрены функции отдельных элементов такой системы, а также процесс её функционирования. Построенные подобным образом программные средства могут применяться как самостоятельно для моделирования сложных организационно-технических систем, так и в составе программных комплексов в условиях автоматического взаимодействия различных моделей между собой.

Ключевые слова: сеть Петри, бизнес-процесс, интерпретатор диаграмм, среда моделирования нечетких бизнес-процессов.

Senkov A.V.¹, Sorokin E.V.², Margolin M.S.³¹ORCID: 0000-0001-9707-4425, PhD in Engineering, ²Postgraduate student, ³Postgraduate student,

Branch of FSBEI of HE Moscow Power Engineering Institute (National Research University) in Smolensk

*The work was carried out with the partial financial support of the Russian Foundation for Basic Research, project No. 16-37-60059, as well as the Grant Council of the President of the Russian Federation within the framework of the scientific project MK-6184.2016.8***ARCHITECTURE OF INTELLECTUAL IMITATION SOFTWARE FOR MODELING COMPLEX ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS****Abstract**

The paper proposes the architecture of intellectual simulation software for modeling complex organizational and technical systems, considers the functions of individual elements of such system, as well as the process of its functioning. The software tools constructed in this way can be used both independently for modeling complex organizational and technical systems, and as part of software complexes in the conditions of automatic interaction of different models.

Keywords: Petri net, business process, diagram interpreter, modeling environment of fuzzy business processes.

Решению задач моделирования сложных систем посвящено множество работ, как отечественных [1], [2], [3], так и зарубежных авторов [4], [5]. Однако, в современных условиях, на первый план, при проектировании имитационных программных средств выходит не эффективность решения задачи моделирования конкретного типа системы, а возможность гибкой настройки системы моделирования вплоть до выбора нужных библиотек моделей, реализованных сторонними специалистами.

Решение такой задачи требует применения в ходе реализации интеллектуальных имитационных программных средств для моделирования сложных организационно-технических систем единых стандартов, паттернов или программных интерфейсов, которые, во-первых, будут достаточно универсальными и обеспечат программную реализацию различных видов интеллектуальных моделей, имеющих различающиеся способы применения. Во-вторых, обеспечат различные виды гибридизации интеллектуальных моделей.

За последний год был разработан ряд моделей, реализующих возможности по моделированию сложных систем с совершенно новых точек зрения.

Модель нечетких растущих сетей Петри [6] позволяет моделировать систему, каждый элемент которой, во-первых, обладает индивидуальным поведением, описанным некоторым процессом (например, роботизированный конвейер), а во-вторых взаимодействует с другими элементами системы. При этом, сама модель имеет заложенные механизмы адаптации как структуры, так и процессов к изменяющимся внешним условиям функционирования, системным факторам и факторам, носящим непредсказуемый характер (например, отказам).

Модель нечетких бизнес-процессов [7] открывает совершенно новые возможности по моделированию нечетких бизнес-процессов, характеризующихся комплексным воздействием рискообразующих факторов, неопределенностью системных и внешних параметров. Переход к моделированию нечетких бизнес-процессов позволяет оценивать, как состояние отдельных элементов системы, так и системы в целом с учетом обозначенных выше факторов.

Перечисленные модели являются взаимодополняющими и не могут в полной мере заменять одна другую. На примере представленных моделей, могут быть сформированы требования к архитектуре интеллектуальных имитационных программных средств для моделирования сложных организационно-технических систем (ИИПС). Архитектура ИИПС должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать возможность применения произвольных моделей в качестве имитационных моделей (при условии реализации моделей на базе строго определенного интерфейса взаимодействия моделей с средством моделирования);

- обладать возможностью настройки имитационной модели с использованием некоторых стандартизированных данных;

- иметь открытый для внешних систем интерфейс взаимодействия (как по данным, так и по структуре моделей);

- не должна выполнять функции интерпретации результатов моделирования, эта функция должна лежать на той системе, которая обеспечивает решение прикладных задач, например, на системе управления эффективностью или системе управления рисками.

ИИПС, таким образом, должна включать интерфейс взаимодействия, интерпретатор, графический редактор, непосредственно средства моделирования.

Графическое представление архитектуры системы приведено на рис. 1.

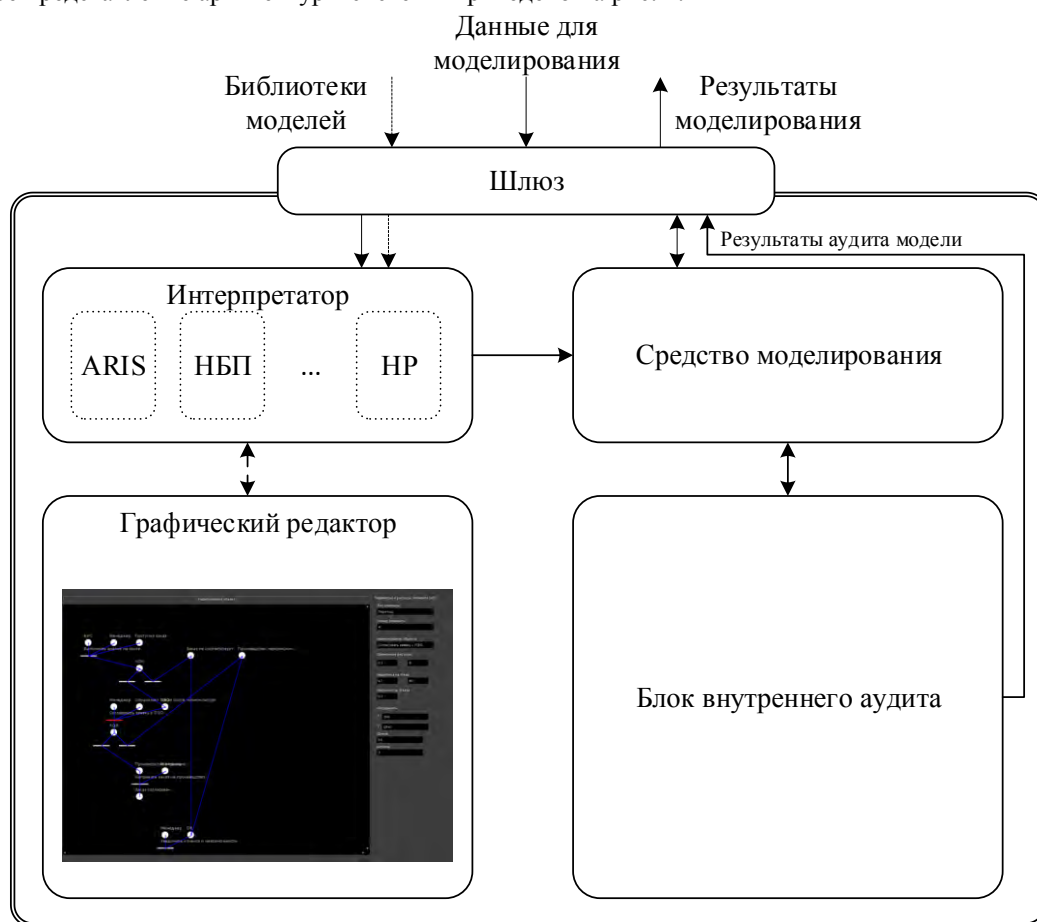


Рис. 1 – Графическое представление архитектуры системы

Рассмотрим функции, способы взаимодействия и особенности отдельных элементов архитектуры ИИПС.

Шлюз является средством взаимодействия ИИПС с внешними системами и предназначен для передачи:

- библиотеки, содержащей интеллектуальную имитационную модель;
- формализованных исходных данных для настройки модели;
- исходных данных для проведения моделирования.

Программный интерфейс библиотеки, содержащей интеллектуальную имитационную модель, как уже было отмечено выше, должен обеспечивать единые интерфейсы взаимодействия ИИПС с моделью.

Исходные же данные, как для настройки модели, так и для выполнения моделирования на её основе должны быть также стандартизованы, однако, такая стандартизация может ограничиваться стандартными средствами для решения конкретных прикладных задач, например, формализованным описанием графической нотации рисков [8, 9] или формализованным описанием нечетких бизнес-процессов [10].

Данные из шлюза попадают в интерпретатор, основной задачей которого является увязывание библиотеки модели, данных, полученных для её настройки или обучения и графического представления модели. Интерпретатор выдает структуру модели в графический редактор.

Графический редактор предназначен для визуального представления пользователю модели, а также, при необходимости, динамического отображения процесса функционирования модели (если это предусмотрено библиотекой модели). Кроме того, графический редактор позволяет изменить структуру модели путем добавления в неё (или удаления) отдельных элементов и/или связей между ними.

Полученная модель передается в средство моделирования, обладающее возможностями по запуску моделирования с использованием полученных данных и знаний.

Перед проведением моделирования, блок внутреннего аудита должен провести тестирование модели. Цель такого тестирования – убедиться в «функциональности» модели, а также оценить оперативность её функционирования.

Рассмотрим процесс функционирования такой системы.

Этап 1. Подготовка к моделированию

Шаг 1. На шлюз подается программная библиотека модели, которая передается во все блоки системы в требуемой им части.

Шаг 2. На шлюз подаются данные для настройки имитационной модели. Как уже было отмечено выше, эти данные должны быть переданы в едином стандартизованном формате, будь то нотация рисков или нотация нечетких бизнес-процессов. На основании данных, строится имитационная модель.

Пользователь может в ручном режиме отредактировать модель с использованием графического редактора.

Шаг 3. Внутреннее тестирование модели. Модель должна быть протестирована перед началом моделирования. Для этого специализированный блок внутреннего аудита выполняет тестирование модели: заполнение её данными, удовлетворяющими входным требованиям модели (сформированными, например, по xsd схеме, а также по

дополнительным параметрам, заложенным в модель), загрузку данных в модель и её тестирование путем моделирования системы. Этот шаг призван оценить, во-первых, степень работоспособности модели, а во-вторых, её интерактивность, в результате чего, пользователю могут быть выданы предложения по организации взаимодействия средства моделирования с внешней средой, например, в интерактивном режиме с выдачей результатов моделирования по мере их получения, либо же в отложенном режиме, когда результаты выдаются по окончании моделирования.

Шаг 4. Проверка корректности настройки модели пользователем. Пользователь может провести незначительное моделирование, для этого он вводит или загружает исходные данные для моделирования в рамках графического редактора, после чего данные передаются в средство моделирования. Если модель реализована таким образом, что обеспечивает графическое представление процесса моделирования, такое представление предъявляется пользователю. По окончании моделирования пользователю выдаются результаты моделирования.

Шаг 5. Адаптация модели. По результатам графического моделирования, пользователь может сделать вывод о необходимости дополнительной настройки модели. Такую настройку он может выполнить либо изменив файл исходных данных для настройки модели (вне рамок ИИПС), либо в рамках графического редактора настроить параметры модели или изменить её структуру.

Шаги 4 и 5 могут повторяться до получения пользователем удовлетворительных результатов предварительного моделирования.

Этап 2. Проведение моделирования.

Шаг 1. На шлюз подаются данные для проведения моделирования. Как и данные настройки, исходные данные должны быть переданы в рамках одного из predetermined ранее форматов.

Шаг 2. Непосредственно моделирование. Данные поступают в блок моделирования, где выполняется моделирование. При этом само по себе моделирование может быть интерактивным, то есть выдавать результаты моделирования на шлюз по мере их получения, либо не интерактивным, то есть данные будут выданы по достижению моделью точки останова.

В ходе непосредственного моделирования, система должна оставаться к внешним сигналам прерывания моделирования.

Шаг 3. Выдача данных моделирования на шлюз.

Выдаваемые во внешнюю среду данные могут быть представлены в каком-либо особенном формате, удобном для разработчика библиотеки, однако, целесообразной является выдача результатов в том же стандартизированном формате, что и получение.

Таким образом, в работе рассмотрена архитектура интеллектуальных имитационных программных средств для моделирования сложных организационно-технических систем, рассмотрены функции отдельных элементов такой системы, а также процесс её функционирования. Архитектура обеспечивает независимость средств моделирования от применяемых моделей. Построенные подобным образом программные средства могут применяться как самостоятельно для моделирования сложных организационно-технических систем, так и в составе программных комплексов в условиях автоматического взаимодействия различных моделей между собой.

Список литературы / References

1. Советов, Б. Я. Моделирование систем. Практикум : учебное пособие для бакалавров/Б.Я. Советов, С. А. Яковлев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 295 с.
2. Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных систем. – М.: Дело, 2003. – 336 с.
3. Горелова Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 3 (140). С. 239-250.
4. Vemuri, V. Modeling of Complex Systems: An Introduction. Academic Press, 1978.
5. Sayama H. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. Geneseo: State University of New York at Geneseo, 2015. — 498 p.
6. Senkov A.V. Application of growing nested Petri nets for modeling robotic systems operating under risk / Senkov A.V., Sorokin E.V. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 87 (2017) 082046 doi :10.1088/1755-1315/87/8/082046
7. Senkov A. Risk assessment in fuzzy business processes based on High Level Fuzzy Petri net / Senkov A., Borisov V. // International Journal of Applied Engineering Research Volume 11, Number 16 (2016) pp 9052-9057
8. Сеньков А.В. Формат базы знаний системы поддержки принятия решений для интеллектуального управления комплексными рисками в сложных организационно-технических системах // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2017. – Т.2 №3(5) с. 23-34
9. Сеньков А.В., Графическая нотация для представления процесса управления комплексными рисками // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 12-1. – С. 72-81
10. Сорокин Е.В. Формальный язык описания нечетких бизнес-процессов / Сорокин Е.В., Сеньков А.В., Марголин М.С. // Научный альманах. – 2016. – № 10-3(24). С. 278-284

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sovetov B. Ya. Modelirovanie sistem. Praktikum: uchebnoe posobie dlja bakalavrov [Modeling of systems. Practical work: a tutorial for bachelors]/. B. Ja. Sovetov, S. A. Jakovlev. – 4-th edition, revised and enlarged. – М. : Izdatel'stvo Jurajt, 2014. – 295 p. [in Russian]
2. Koblelev N.B. Osnovy imitacionnogo modelirovanija slozhnyh system [Fundamentals of simulation of complex systems]. – М.: Delo, 2003. – 336 p. [in Russian]
3. Gorelova G.V. Kognitivnyj podhod k imitacionnomu modelirovaniju slozhnyh sistem [Cognitive approach to simulation of complex systems] // Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki [Bulletin of Southern Federal University]. 2013. № 3 (140). p. 239-250. [in Russian]
4. Vemuri, V. Modeling of Complex Systems: An Introduction. Academic Press, 1978.

5. Sayama H. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. Geneseo: State University of New York at Geneseo, 2015. - 498 p.
6. A.V.Senkov Application of growing nested Petri nets for modeling robotic systems operating under risk / A.V.Senkov, E.V.Sorokin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 87 (2017) 082046 doi :10.1088/1755-1315/87/8/082046
7. Senkov A. Risk assessment in fuzzy business processes based on High Level Fuzzy Petri net / Senkov A., Borisov V. // International Journal of Applied Engineering Research Volume 11, Number 16 (2016) p 9052-9057
8. Senkov A.V. Format bazy znanij sistemy podderzhki prinjatija reshenij dlja intellektual'nogo upravlenija kompleksnymi riskami v slozhnyh organizacionno-tehnicheskikh sistemah [Format of the knowledge base of the decision support system for the intellectual management of complex risks in complex organizational and technical systems]// Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh tehnologij i jenergojeffektivnosti [International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency]. – 2017. – V.2 №3(5) p. 23-34. [in Russian]
9. Senkov A.V., Graficheskaja notacija dlja predstavlenija processa upravlenija kompleksnymi riskami [Graphical notation for the presentation of the process of managing complex risks] // Sovremennye naukoemkie tehnologii [Modern high technology]. – 2016. – № 12-1 . – p. 72-81. [in Russian]
10. Sorokin E.V. Formal'nyj jazyk opisaniya nechetkih biznes-processov [Formal language for describing fuzzy business processes] / Sorokin E.V., Senkov A.V., Margolin M.S. // Nauchnyj al'manah [Scientific almanac]. – 2016. – № 10-3(24). p. 278-284. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.122>

Середа С.Н.

ORCID: 0000-0002-9982-5875, кандидат технических наук, Доцент,

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

К ВОПРОСУ АППРОКСИМАЦИИ ЭМПИРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Аннотация

В статье представлены результаты математического моделирования эмпирических зависимостей на примере аппроксимации частотной характеристики акустической камеры. Предложена оригинальная модель функции аппроксимации амплитудно-модулированного затухающего сигнала. Приводятся количественные оценки параметров модели с использованием линеаризации нелинейных функций. Результаты исследования могут быть использованы для разработки шумозащитных экранов и решении прикладных задач математической статистики.

Ключевые слова: функция аппроксимации, линеаризация, математическая модель, частотная характеристика, шумозащита.

Sereda S.N.

ORCID: 0000-0002-9982-5875, PhD in Engineering, Associate Professor,

Murom Institute (Branch) of the Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov

TO THE QUESTION OF EMPIRICAL DEPENDENCIES APPROXIMATION

Abstract

The article presents the results of mathematical modeling of empirical dependencies on the example of the approximation of acoustic chamber frequency characteristic. An original model of the approximation function of an amplitude-modulated damped signal is proposed. Quantitative estimates of the model parameters using the linearization of nonlinear functions are given. The results of the research can be used to develop noise shielding screens and solve applied problems of mathematical statistics.

Keywords: approximation function, linearization, mathematical model, frequency response, noise protection.

Во многих областях науки и техники возникает задача обработки результатов эксперимента и идентификации зависимостей между параметрами процесса или системы, которая может сводиться к поиску некоторой аналитической функции аппроксимации табличных эмпирических данных, что позволяет в дальнейшем проводить расчеты путем интерполяции и экстраполяции функции и прогнозировать динамику процесса. Хотя разработаны различные методы решения задачи аппроксимации, как-то кусочно-линейная аппроксимация, аппроксимация тригонометрическими функциями, полиномами Чебышева и др., в некоторых случаях не удается с помощью таких подходов получить приемлемо хорошее приближение, либо аналитическая функция не позволяет получить общую математическую модель исследуемого процесса как, например, при использовании сплайнов. При этом выдвижение гипотезы о виде функции аппроксимации должно учитывать дополнительную информацию о характере процесса, что скорее является искусством. Кроме того, определение значений параметров функции аппроксимации, обеспечивающих наилучшее приближение в смысле минимизации критерия среднеквадратического отклонения, может проводиться как аналитически, так и алгоритмически [1, С. 292], [2, С. 145], [8], [10].

Рассмотрим задачу поиска функции аппроксимации частотной характеристики акустической камеры, используемой в качестве лабораторного макета для оценки эффективности звукопоглощающих экранов [5, С. 18].

Цель исследования заключалась в определении собственной амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) акустического экрана на основе резонатора Гельмгольца, установленного в лабораторную акустическую камеру [6]. Измерения уровня шума в камере проводились с помощью шумомера ВШВ-003. В качестве источника звука использовался генератор звуковой частоты TR-0157/002, усилитель звуковой частоты и акустическая система из двух