

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

2 (36)

Донецк – 2024

УДК 004.3+004.9+004.2+51.7+519.6+519.7

**ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА, № 2 (36), 2024,
Донецк, ДонНТУ.**

Выпуск подготовлен по материалам XV Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование – 2024» (ИУСМКМ–2024), проведенной 29–30 мая 2024 г. в рамках X Научного форума Донецкой Народной Республики, а также результатам текущей научно-технической деятельности аспирантов, соискателей и научных работников. Статьи посвящены вопросам приоритетных направлений в области информатики, кибернетики, вычислительной техники и интеллектуальных систем.

Материалы предназначены для специалистов народного хозяйства, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

Главный редактор: Павлыш В. Н., д.т.н., проф.

Зам. глав. ред.: Мальчева Р. В., к.т.н., доц.

Ответственный секретарь: Лёвкина А. И.

Члены редакционной коллегии: Аверин Г. В., д.т.н., проф.; Аноприенко А. Я., к.т.н., проф.; Звягинцева А. В., д.т.н., доц.; Зори С. А., д.т.н., доц.; Карабчевский В. В., к.т.н., доц.; Криводубский О. А., д.т.н., доц.; Привалов М. В., к.т.н., доц.; Скобцов Ю. А., д.т.н., проф.; Сторожев С. В., д.т.н., доц.; Улитин Г. М., д.ф.-м.н., проф., Федяев О. И., к.т.н., доц.; Шевцов Д. В., д.т.н., доц., Шелепов В. Ю., д.ф.-м.н., проф.

Рекомендовано к печати ученым советом ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ. Протокол № 5 от 28 июня 2024 г.

Свидетельство о регистрации СМИ: серия ААА № 000145 от 20.06.2017.

Приказ МОН ДНР № 135 от 01.02.2019 о включении в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК ДНР.

Контактный адрес редакции

РФ, ДНР, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»,

4-й учебный корпус, к. 36., ул. Кобозева, 17.

Тел.: +7 (856) 301-07-35, +7 (949) 334-89-11

Эл. почта: infcyb.donntu@yandex.ru

Интернет: <http://infcyb.donntu.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

Информатика и вычислительная техника

Профессиональный поиск научной литературы для исследовательских работ магистрантов <i>Дацун Н. Н.</i>	5
Разработка имитационной модели работы микросервисного приложения <i>Мариничев И. И., Шуватова Е. А., Землянская С. Ю.</i>	16
Обзор эффективности применения технологии блокчейн в логистике и управлении цепочками поставок <i>Коржевнич В. В., Боднар А. В.</i>	23
Виртуальная образовательная IT-инфраструктура на базе персональных компьютеров <i>Жданович П. Б., Петрухина О. А.</i>	29
Одномассовая вибромашина с инерционным приводом и билинейной характеристикой упругих связей <i>Беловодский В.Н., Букин С.Л.</i>	35
Использование адаптивных методов оптимизации при обучении нейронной сети для задачи генерации текста <i>Парсаданян В. В., Боднар А. В.</i>	44
Стохастический хаос: проблемы моделирования <i>Мусаев А. А., Колосов М. А.</i>	51
Автоматизация инженерных расчетов <i>Зузанская С. В., Иванов С. А., Быков Н. С., Зарипова Р. Н.</i>	59
Анализ математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации <i>Шарибченко Е. И., Мальчева Р. В.</i>	66
Вариант имитационного моделирования технологического объекта в Simulink/Simscape <i>Тугашова Л.Г., Батыров А.Р., Мингалев М.Э., Мухаметшин Д.Д.</i>	76
Применение экономико-математических методов в анализе дебиторской задолженности <i>Уденеева Г.Н., Колсанова Н.Е., Губайдуллина Г.Т.</i>	83
<u>Об авторах</u>	90
<u>Требования к статьям, направляемым в редакцию научного журнала «Информатика и кибернетика»</u>	92

Профессиональный поиск научной литературы для исследовательских работ магистрантов

Н. Н. Дацун

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
ndatsun@inbox.ru, OrcID: 0000-0001-8560-7036, SPIN-код: 3896-4544

Аннотация

В статье рассматривается проблема повышения эффективности исследовательской работы ИКТ-магистрантов при профессиональном поиске научной литературы с помощью методологии систематического картографического исследования. Выявлены ограничения цифровизации процесса по этой методологии. Сформулирована постановка задачи цифровизации этого процесса. Представлена цифровизация процесса в системе BibReader для решения проблемы эффективности исследования. Применение рассмотренной методологии является перспективным направлением при поиске научной литературы для студентов других образовательных программ.

Введение

Научная работа магистранта по образовательным программам магистратуры в области информационных и компьютерных технологий (ИКТ) должна начинаться с анализа состояния исследований предметной области, используемых подходов, методов и алгоритмов, применяемых архитектур, инструментальных и программных средств, фреймворков, библиотек и т. д. Результат такого «разведочного анализа» позволяет не только обнаружить пробелы, разрывы, ограничения в существующих методологиях и выявить системы-аналоги, но и уточнить формулировку требований к работе, а также детализировать постановку задачи.

Магистрантам необходимо усовершенствовать свои навыки профессионального поиска и анализа научных публикаций в процессе подготовки первого (аналитического) раздела своей выпускной квалификационной работы (ВКР).

В домене программной инженерии рекомендована к использованию методология систематического обзора литературы (Systematic Literature Review, SLR) [1] и ее «легковесный» вариант для обучающихся – систематическое картографическое исследование (Systematic Mapping Study, SMS).

В эпоху цифровизации актуальные результаты научных исследований доступны в профессиональных источниках: цифровых (электронных) библиотеках, реферативных базах данных, сайтах научных издательств и т.п. Таким образом, этап оцифровки этих результатов («digitization») уже выполнен. В данной статье фокус исследования сосредоточен на цифровизации (digitalization, дигитализации), т.е.

использовании оцифрованной информации и цифровых технологий для внесения изменений в процессе поиска научной литературы.

Анализ динамики проведения SMS

Результаты SMS представлены двумя видами публикаций. Первый из них – это диссертации, защищенные в университетах [2]. Второй – это научные публикации в журналах [3] или материалах научных мероприятий [4]. Для изучения публикационной активности в области SMS был выполнен поиск документов в ACM Digital Library (ACM DL) [5], IEEE Xplore Digital Library (IEEE Xplore DL) [6], ScienceDirect [7] и SpringerLink [8]. По поисковому запросу (НАЗВАНИЕ ДОКУМЕНТА = "Systematic Mapping Study" AND 2007<= ГОД <= 2024) было найдено 772 документа, из них 749 уникальных. Распределение публикаций о проведении SMS по годам показывает тенденцию роста интереса к рассматриваемой нами методологии проведения профессионального поиска литературы (рис. 1).



Рисунок 1 – Публикационная активность по теме SMS

Цель и задачи статьи

Объектом исследования этой статьи является профессиональный поиск литературы для проведения научного исследования в области ИКТ по методологии систематического картографического исследования. Предмет исследования – выявление проблем цифровизации этапов SMS, сравнение сервисов/систем автоматизации выполнения этих этапов.

Цель работы – проанализировать существующие методы и средства цифровизации профессионального поиска научной литературы при подготовке магистрантами аналитического раздела выпускной квалификационной работы.

Задачи статьи – проанализировать цифровые средства поддержки выполнения этапов методологии SMS, выявить ограничения цифровизации процесса SMS на основе опыта выполнения SMS студентами-магистрантами, предложить решение снятия этих ограничений.

Методология SMS

Методология систематического картографического исследования предусматривает выполнение пяти последовательных этапов (рис. 2). Результаты текущего этапа SMS являются исходными данными для следующего.

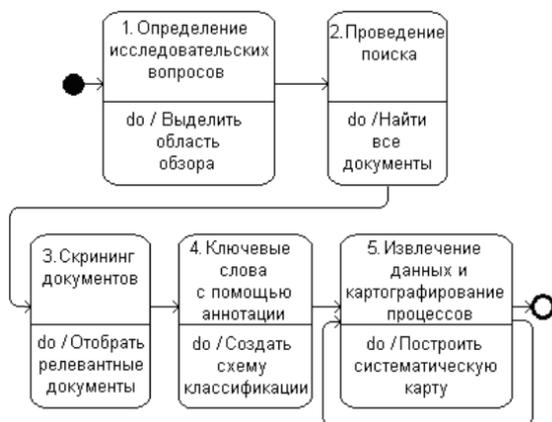


Рисунок 2 – Модель SMS в виде диаграммы состояний языка UML [9, с. 3]

Далее рассматриваются этапы SMS в контексте их сравнения с SLR, выделяются проблемы, с которыми могут столкнуться студенты при их выполнении, а также анализируются цифровые технологии для реализации соответствующих этапов исследования.

Этап 1: определение исследовательских вопросов

В отчете [1] выделены основные различия между SLR и SMS для каждого из этапов

методологии. В SMS на первом этапе часто ставится множество исследовательских вопросов, потому что в его основе лежат более широкие исследовательские задачи.

Магистрантам при работе над SMS рекомендуется сформулировать не менее трех исследовательских вопросов (ИВ) в соответствии с разделами ВКР. «ИВ1: Как выглядит ландшафт исследований по теме ВКР?» ориентирован на определение текущего состояния в этом домене. Ответ на «ИВ2: Какие подходы и методы используются для решения задач...?» помогает в формализации и оформлении научной составляющей ВКР, а ответ на «ИВ3: Какие инструменты / системы / платформы / фреймворки / библиотеки применяются для решения задач...?» – проектной составляющей.

Детальность формулировки исследовательских вопросов может быть пересмотрена по результатам выполнения этапа проведения поиска.

Этап 2: проведение поиска

На этом этапе определяется стратегия поиска и выполняется поиск научных публикаций в соответствии с ней.

Стратегия поиска включает:

- определение временной глубины поиска,
- выбор первоначального списка источников публикаций,
- формулировку поисковых запросов.

По сравнению в SLR поисковые запросы для SMS менее сфокусированные, потому что цель SMS состоит в обеспечении широкого охвата области исследования.

Для принятия решения о временной глубине поиска в проводимом SMS необходимо предварительно найти ранние SMS/SLR по близкой тематике и год их опубликования. Точки 1–5 на кривой популярности темы исследования соответствуют некоторым ранним SMS (рис. 3).

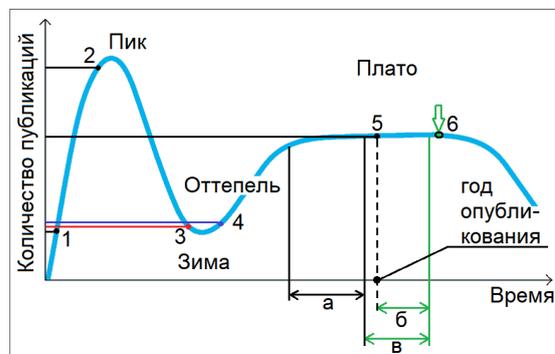


Рисунок 3 – Кривая популярности темы исследования

Часть из них может явно содержать информацию о временном диапазоне

исследованных публикаций в своем названии [10, 11]. В остальных случаях необходимо определить этот интервал из аннотации или текста соответствующей публикации. Это интервал «а» на оси времени для SMS с номером 5 (рис. 2). Следует учитывать, что временной промежуток между правой границей интервала «а» и годом опубликования SMS с номером 5 может составлять 1–3 года. Он включает время на индексирование публикаций, включенных в SMS, и время работы исследователей над SMS. Поэтому в стратегии поиска для проводимого SMS с номером 6 временная глубина поиска может соответствовать интервалам «б» или «в» (рис.2).

В отчете [1] обсуждаются два варианта списков источников публикаций (табл. 1).

Таблица 1 – Названия источников для SLR/SMS в области программной инженерии

Вариант 1	Вариант 2
IEEE Xplore DL	Inspec
ACM DL	EI Compendex
Google scholar	ScienceDirect *
Citeseer library	Web of Science
Inspec	IEEE Xplore DL
ScienceDirect	ACM DL
EI Compendex	
SpringerLink	
Scopus *	

В современных условиях доступ к источникам, помеченным символом «*» отсутствует, они далее в нашей статье не обсуждаются. Поэтому магистрантам рекомендуется основной список источников:

- электронные/цифровые библиотеки НЭБ [12], ACM DL [5], IEEE Xplore DL [6],
- платформа ScienceDirect [7],
- сайт издательства Springer (SpringerLink) [8].

Дополнительно могут быть использованы Google scholar [13], а с учетом мультидисциплинарности тематики ВКР магистрантов – Wiley Online Library [14] и Medline [15].

Поиск рекомендуется проводить по названиям публикаций. Поэтому базовый поисковый запрос по тематике распознавания диаграмм классов за последние пять лет может быть сформулирован так:

((YEAR >= 2020 AND YEAR <= 2024) OR (ГОД >= 2020 И ГОД <= 2024)) AND ((TITLE = "class diagram recognition") OR (НАЗВАНИЕ="распознавание диаграмм классов"))

Однако выполнение поиска с помощью базового запроса не обязательно будет удовлетворять его цели, и результат может быть:

- пустым,
- неполным,

- избыточным,
- неверным.

Если выполнение запроса по названиям публикаций не дало результата, то поиск необходимо повторить для ключевых слов (при отсутствии таковых в публикации часть источников извлекает их на основе своих внутренних словарей [6]) и/или для аннотаций. В этом случае в базовом запросе необходимо изменить наименование метаданного «TITLE» на «KEYWORDS», «ABSTRACT» или «ALL».

Если при выполнении поискового запроса результатов мало (не более трех), то рекомендуется добавить к значениям метаданного варианты синонимов. Например, ((TITLE = "class diagram recognition") OR (НАЗВАНИЕ="распознавание диаграмм классов")) OR ((TITLE = "extracting model class diagram from images") OR (НАЗВАНИЕ="извлечение модели диаграммы классов из изображения"))

Также следует учитывать, что результаты запросов с ключевыми словами в единственном и множественном числе у некоторых источников отличаются [5, 6]. Так, одинаковые результаты будут для двух запросов

(TITLE = "MOOC")

(TITLE = "MOOCs"),

но будут отличаться для запросов

(TITLE = "massive open online course")

(TITLE = "massive open online courses")

Поэтому запрос с комбинацией ключевых слов в единственном и множественном числе дает более полный результат. Для SMS с номером 1 (рис. 2) результатов поиска будет немного, т.к. исследования по этой теме только начинаются. Поэтому для более широкого охвата рекомендуется применить метод снежного кома (snow-ball), изучая ссылки в списках литературы публикаций, найденных с помощью базового поискового запроса.

Если при выполнении поискового запроса получены избыточные данные, то их удаление производится на этапе 3 применением критериев исключения.

Если при выполнении поискового запроса получены данные, не соответствующие предметной области, то некоторые источники [5, 6, 8] позволяют отфильтровать их до экспорта. Самым распространенной ситуацией, которая приводит к неверным результатам, является использование аббревиатур в качестве значений метаданных запроса. Например, в SMS по тематике обучения/образования/педагогике сокращение «SPOC» обозначает термин «Small Private Online Course» (небольшой закрытый онлайн-курс). Однако в других предметных областях смысл этого сокращения иной: «State and Parameters Observability Canonical», «Statistical Process Optimisation and Control», «Spatial Planar Optical Circuit», фреймворк

«Secure and Privacy-preserving Opportunistic Computing», лэптоп «Shuttle Portable On-Board Computer», «Space Operations Center» (SpOC) в Колумбии, «Scientific data Processing Operations Center», «Single Point of Contact» и т.д. Также аббревиатура может являться частью другого сокращения, например, «SPOC» как часть «iSPOC»/«i-SPOC» (Industry Single Point of Contact), «ISPOC» (IS Student Presentations Over the Cloud) и т.п. Удаление таких результатов производится на этапе 3.

Выполнение поиска в соответствии с выбранной стратегией производится на сайтах соответствующих источников. Результаты поиска представляются браузером в человеко-читаемом виде. Метаданные найденных публикаций в машиночитаемом виде можно получить с помощью сервисов экспорта. Источники позволяют выполнить экспорт в одном или нескольких форматах (табл. 2). Любой из этих форматов, кроме CSV, представляет собой набор пар: имя_тега и значение_тега.

Таблица 2 – Форматы экспорта данных из источников

Формат	Источник				
	НЭБ	ACM DL	IEEE Xplore DL	Science Direct	Springer Link
ACM Ref	-	+	-	-	-
Bib-TeX	-	+	+	+	-
CSV	-	-	+	-	+
End-Note	-	+	-	+	-
html	+	-	-	-	-
Plain Text	-	-	+	-	-
Ref-Works	-	-	+	+	-
RIS	-	-	+	-	-

Далее для обозначения ограничений цифровизации процесса SMS используются идентификаторы, которые содержат номер этапа SMS и порядковый номер выявленного ограничения.

Ограничением O2.1 на этапе проведения поиска является выбор формата данных для экспорта. O2.2 заключается в том, что файлы одного формата с метаданными публикаций, полученные из различных источников, имеют различную структуру.

Таким образом, результатом этапа 2 после проведения поиска является корпус первичных документов (ПД) – файлы метаданных о всех найденных публикациях).

Этап 3: скрининг документов

На этом этапе выполняется удаление повторяющихся работ и отбор релевантных документов.

Дублирование информации о публикациях происходит в случае проведения совместных научных мероприятий (например, организаторы – ACM и IEEE, и каждый из них размещает материалы в своей цифровой библиотеке) или при индексировании опубликованных работ в библиотеках (НЭБ). Результатом удаления повторяющихся публикаций на этом этапе SMS является корпус уникальных документов (УД) – файл метаданных о неповторяющихся публикациях).

Для отбора релевантных документов формулируются критерии включения и исключения, которые затем применяются к корпусу уникальных публикаций.

Критерии включения позволяют оставить только те публикации, которые соответствуют исследовательским вопросам. Если SMS посвящено исследованию восприятия диаграмм UML студентами-программными инженерами российских вузов, то критерии включения можно сформулировать так:

- тематика публикаций связана с использованием диаграмм UML в профессиональном высшем образовании направления подготовки «Software engineering»/«Программная инженерия»,
- публикации подготовлены авторами из России.

Критерии исключения:

- документы представляют собой прелиминарии, оглавления, предисловия или аннотации книг, сопроводительные части изданий, постеры докладов на научных мероприятиях,
- публикации в научно-популярных изданиях (Magazines),
- публикации являются обзорами литературы,
- объем публикации менее пяти страниц текста.

Последний из критериев следует применять, чтобы исключить из рассмотрения тезисы докладов. Однако в случае использования источника Medline [15], который содержит в основном аннотации публикаций, этот критерий применять нет необходимости. Особые случаи расширения перечня критериев исключения были рассмотрены в предыдущем разделе.

Скрининг метаданных первичных документов в машиночитаемом виде можно выполнить с помощью библиографических менеджеров (БМ, «Reference Manager») Mendeley [16], Zotero [17] и систем автоматизации профессионального поиска литературы BibReader [18], SMS-Builder [19].

Ограничением О3.1 на этапе скрининга является объединение нескольких исходных файлов метаданных в один для удаления повторяющихся публикаций. Некоторые БМ работают только с одним файлом [17].

В системах [16, 17] дубликаты удаляются по одному, а не все сразу. Это существенно увеличивает время обработки корпуса

первичных из десятков документов, что является ограничением О3.2 при получении корпуса уникальных публикаций. О3.3 на этапе скрининга – это отсутствие в экспортированных файлах значений метаданных, необходимых для автоматизации отбора релевантных документов при применении критериев исключения (табл. 3): диапазон/количество страниц [8].

Таблица 3 – Теги, используемые источниками публикаций в файлах экспорта

Тег		Источник				
id тега	Название	НЭБ	ACM DL	IEEE Xplore DL	ScienceDirect	SpringerLink
T1	Content Type	+	+	+	+	+
T2	author	+	+	+	+	+
T3	title	+	+	+	+	+
T4	publication title	+	+	+	+	+
T5	number	+	+	+	+	+
T6	pages	+	+	+	+	-
T7	year	+	+	+	+	+
T8	DOI	-	+	+	+	+
T9	URL	+	+	-	+	+
T10	volume	-	-	+	+	+
T11	ISBN	-	+	-	-	-
T12	ISSN	-	-	+	+	-
T13	month	-	-	+	-	-
T14	note	-	-	-	+	-
T15	address	-	+	-	-	-
T16	publisher	-	+	-	-	-
T17	series	-	+	-	-	+
T18	location	-	+	-	-	-
T19	abstract	-	+	+	+	-
T20	keywords	-	+	+	+	-
T21	numpages	-	+	-	-	-
T22	articleNumber	-	+	-	-	-

Ограничением О3.4 на этом этапе является отсутствие значений метаданных, необходимых для формирования библиографического описания (БО) публикации в соответствии:

- с требованиями издательства, для которого готовится статья с результатами SMS (краткое, расширенное или полное библиографическое описание),
- с видом ресурса (печатный или электронный),
- с типом ресурса (монографическое издание, статья или раздел из монографического или сериального издания, сайт в сети Интернет и т.д.),
- со стилем форматирования (ГОСТ, APA, IEEE, Harvard, Vancouver и т.п.) (табл. 3).

Значение тега T1 идентифицирует тип ресурса. значения T2–T8 используются в БО любой публикации, значение T9 присутствует в БО электронных ресурсов. Большинство источников поставляют в файлах экспорта значения указанных выше тегов для формирования БО.

Теги T11–T13 для монографических и сериальных изданий в некоторых стилях являются факультативными, отсутствие значений этих тегов не влияет на корректность БО. Но не все источники предоставляют значения T10, хотя для сериальных изданий это обязательный элемент БО. Кроме этого, в современных электронных сериальных изданиях диапазон страниц не указывается (T6 отсутствует), в БО его должен заменить элемент «номер статьи» (T22). Соответствующий тег предусмотрен только у одного источника [6].

В БО книжных изданий обязательным элементом является количество страниц. Но T21 экспортируется только из одного источника [5], но не для книг.

В библиографическом описании научного мероприятия требуется указание его названия (T14), места проведения (T15), сведения об издательской функции (T16), факультативно – серии (T17), локации издательства (T18). Однако только источник [5] предоставляет значения тегов T15–T18, при этом у него отсутствует T14.

Также обязательным в БО научного мероприятия является дата(-ы) его проведения, но эту информацию источники не предоставляют.

Таким образом, при выполнении этапа скрининга в корпусе уникальных документов авторам SMS требуется выполнить ручную работу по внесению в файлы метаданных недостающей информации как перед отбором релевантных публикаций, так и после формирования корпуса релевантных – для последующего формирования корректных библиографических описаний.

Ограничение О3.5 заключается в создании списка библиографических описаний корпуса релевантных документов. Для ее решения применимы два вида сервисов: узкоспециализированные (генераторы БО для стилей ГОСТ [20], APA [21], IEEE [22], и др.) и универсальные (БМ [16, 17, 23, 24]). Создание БО проводится для отдельной публикации в интерактивном режиме заданием значений всех элементов БО с дальнейшей автоматической их компоновкой либо получением элементов БО публикации для компоновки из Интернет или имеющегося БО. Библиографические менеджеры могут импортировать файлы метаданных различных форматов и выполнять их пакетную обработку. В контексте выполнения SMS из всего многообразия форматов отобраны те, которые являются форматами экспорта метаданных из источников, рекомендуемых магистрантам (табл. 4)

Таблица 4 – Форматы файлов импорта библиографических менеджеров, совместимые с источниками SMS

Название БМ	Форматы импорта
Citavi	BibTeX, CSV, RIS
JabRef	RIS
Mendeley	BibTeX, RIS
Zotero	BibTeX

Таким образом, результатами этапа 3 после скрининга является корпус релевантных документов (РД) – файл метаданных релевантных публикаций, а также список их библиографических описаний.

Этап 4: ключевые слова с помощью аннотаций

На этом этапе на основе текстов аннотаций как наиболее репрезентативного элемента метаданных выполняется первоначальная категоризация релевантных публикаций. Для этого можно использовать термины (ключевые слова), встречающиеся в аннотациях.

Сервисы построения облаков тегов [25, 26] позволяют загрузить текст, задать

количество выводимых слов облака, строят частотный словарь слов текста и визуализируют его. Дополнительно можно управлять фильтрацией спецсимволов [26]. При визуализации результата настраиваются параметры фона, выводимого текста и размер слов с учетом его семантики (частота, ранг и пр.). Эти возможности настройки визуализации облаков тегов могут быть использованы на следующем этапе SMS при картографировании. Изображение построенного облака доступно для импорта в графическом файле. Семантическое ядро текстов аннотаций можно получить с помощью сервисов SEO-анализа [27, 28].

Ограничение О4.1 на этом этапе состоит в том, в корпусе релевантных документов тексты аннотаций – это значения тега T19 (табл. 3) публикаций. Хотя они доступны в машиночитаемом виде, но их извлечение не автоматизировано.

Ограничением О4.2 является отсутствие возможности импорта частотного словаря/семантического ядра: они доступны в человеко-читаемом виде в браузере.

О4.3 заключается в ограничении размера исходного текста сервисов SEO-анализа: у Advego [27] оно составляет 100000 символов, у бесплатной версии Text.ru [28] – 15000. Для корпусов релевантных документов из нескольких десятков публикаций использование этих сервисов будет не всегда возможным.

Этап 5: извлечение данных и картографирование процесса

Картографирование в SMS выполняют в виде «систематических карт» (таблиц или графиков/диаграмм). Поэтому предварительно необходимо подготовить соответствующую информацию, собрав количественные данные из метаданных корпуса релевантных публикаций.

Процесс извлечения данных для SMS шире, чем для SLR: в [1] его называют этапом классификации (категоризации), чтобы ответить на общие исследовательские вопросы и определить статьи для последующего рассмотрения.

Сайты основного списка источников [5, 6, 7, 8] формируют статистику по результатам поиска в виде списков пар:

показатель (количество_публикаций) .

У источников [6, 7, 8] эти списки выполняют роль фильтров, которые применяются к результатам поиска. Некоторые показатели могут быть использованы для извлечения данных для ответа на ИВ1 (табл. 5).

Ограничение О5.1 на этом этапе состоит в том, что статистики доступны только в человеко-читаемом виде.

Таблица 5 – Распределение публикаций по классификационным признакам на сайтах источников

Название признака	Источник			
	ACM DL	IEEE Xplore DL	ScienceDirect	SpringerLink
Год опубликования	+	+	+	-
Тип публикации (книга/журнал/материалы научного мероприятия)	+	+	+	+
Домен деятельности (отрасль знаний)	-	+	+	+
Каналы публикаций (журналы)	+	+	+	-
Каналы публикаций (научные мероприятия)	+	+	+	-
География (аффилиация) авторов	+	+	-	-
Язык	-	-	+	+

Результаты SMS и их оформление

Согласно отчету [1] для подведения итогов исследования результаты должны быть представлены таким образом:

- неколичественные обзоры в табличной форме (табл. 1–5);

- количественные результаты – в виде таблиц и графиков (рис. 1).

Обсуждение результатов SMS как часть раздела ВКР или публикации

Методологией систематического картографического исследования в его отчетности предусмотрен раздел «Обсуждение результатов», который магистрантам можно оформить как часть аналитического раздела ВКР или часть публикации.

Этап анализа результатов SMS (в сравнении с SLR) [1] состоит в обобщении данных для получения ответов на исследовательские вопросы. Визуальное представление распределения исследований по типам классификации повышает эффективность отчетности SMS.

Таким образом, этот раздел ВКР или публикации должен содержать выводы, соответствующие выводам раздела "Результаты". В них могут быть представлены:

- детализация сильных и слабых сторон данных, отобранных в SMS;
- сравнение или связь с другими SMS,
- обсуждение достоверности (внутренней и внешней) доказательств для принятия решения читателем надежности и важности этих доказательств,
- применимость, обобщаемость, распространение результатов,
- обсуждение преимуществ, побочных эффектов и рисков,
- обсуждение различия в эффектах и их причины.

В сравнении с SLR [1] распространение результатов SMS более ограниченное: в контексте нашей статьи оно ограничивается академическими публикациями с целью

повлиять на будущее направление первичных исследований.

Для студентов процесс создания этого раздела является одновременно существенно важным и непростым, но способствует формированию необходимых профессиональных компетенций исследователя и критического мышления.

Устранение ограничений цифровизации процесса SMS

Сформулируем постановку задачи цифровизации процесса SMS.

Исходные данные

F : метаданные {множество файлов },
 $F = \{f_i^k\}$, где k – номер файла из источника i

Ограничения

$F = \langle F_{\text{нзб}}, F_{\text{acm}}, F_{\text{ieee}}, F_{\text{scdirect}}, F_{\text{sprlink}} \rangle$
 $F \neq \emptyset$

$\forall i \in [1; 5], k \in [1; |F_i|] \text{ length}(f_i^k) \neq 0$

где i – номер источника,

k – номер файла из источника i

формат $f_i^k \in \{.html, .bib, .csv\}$

Результаты

KS : метаданные {файл корпуса ПД, формат $.bib$ }

KU : метаданные {файл корпуса УД, формат $.bib$ }

KR : метаданные {файл корпуса РД, формат $.bib$ }

RF : БО {файл библиографических описаний, $.doc$ },
где

BO : \langle стиль, тип документа \rangle ,

стиль = {ГОСТ, APA, IEEE, harvard },

тип документа = { книга, журнал, мероприятие }.

FDF : словарь {файл частотного словаря аннотаций}

где словарь = \langle термин, число вхождений \rangle

$SF = \langle S_{\text{нм}}, S_{\text{геогр}}, S_{\text{журн}}, S_{\text{год}}, S_{\text{ист}}, S_{\text{т док}}, S_{\text{авт}} \rangle$

{ файл статистики },

где

$S_{\text{нм}} = \langle$ мероприятие, число публикаций \rangle ,

$S_{\text{геогр}} = \langle$ страна, число публикаций \rangle ,

$S_{\text{журн}} = \langle$ журнал, число публикаций \rangle ,

$S_{\text{год}} = \langle$ год, число публикаций \rangle ,

$S_{\text{ист}} = \langle$ источник, число ПД, число УД, число РД \rangle

$S_{\text{т док}} = \langle$ тип документа, число публикаций \rangle

$S_{\text{год}} = \langle$ год, число публикаций \rangle .

В разделе «Связь» (рис. 4) использованы T_i – id тегов.

Связь
 $KS = \{ks_l\}$,
 $KU = \{ku_j\}$, где:
 $ku_j = ks_l, \exists l \in [1; |KS|] (ks_l \notin KU)$
 $KR = \{kr_j\}$, где:
 $kr_j = ku_l$, где:
 $\exists l \in [1; |KU|] (ku_l.T21 \geq 5)$
 $RF = \bigcup_{i=1}^{kr} BO_i$, где $kr = |KR|$
 $\forall i \in [1; N_k] \exists k \in [1; |KR|], KR[k].T1$
 = "conference":
 $S_{nm}[i].\text{мероприятие} = KR[k].T4$,
 $S_{nm}[i].\text{число публикаций} += 1$
 где:
 N_k = число уникальных названий научных мероприятий.
 Остальные таблицы статистик формируются аналогично.

Рисунок 4 – Раздел «Связь» постановки задачи

Для устранения ограничений цифровизации процесса SMS была разработана система BibReader [18, 29, 30] (рис. 5). С ее помощью выполнение этапов 3 и 4 автоматизировано.

Результаты поиска в НЭБ должны быть сохранены как html-страница, из SpringerLink

экспортированы в формате CSV, из остальных источников – экспортированы в формате BibTeX (так выполняется снятие ограничения O2.1). Полученные после поиска файлы загружаются в систему в произвольном порядке или в пакетном режиме. Они автоматически объединяются в единый файл корпуса ПД (снятие O3.1), с метаданными которых далее можно выполнять следующие этапы SMS.

Метаданные публикаций проходят идентификацию – принадлежность источнику, унификацию – приведение тегов-синонимов к единому обозначению и единому регистру представления, очистку – удаление избыточных символов у значений тегов и т.п. (снятие O2.2).

При удалении повторяющихся публикаций сохраняются метаданные документа, полученного из источника с наибольшим количеством тегов.

Метаданные корпусов первичных, уникальных и релевантных документов можно выбирать, в том числе с помощью фильтров (снятие ограничения O4.1), просматривать, редактировать и сохранять. Это позволяет выполнить необходимую обработку перед автоматическим отбором релевантных документов, а также внести недостающие данные в публикации после завершения скрининга (возможность снятия O3.3 и O3.4).

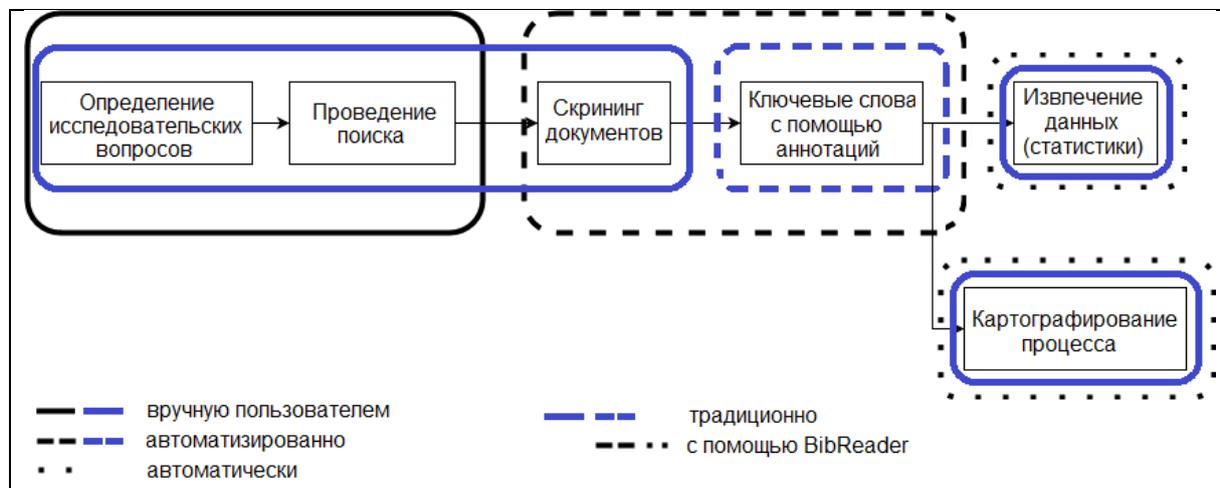


Рисунок 5 – Цифровизация процесса SMS с помощью системы BibReader

При необходимости исследователь может сохранить файл метаданных на любом шаге, получая последовательно корпуса первичных, уникальных и релевантных документов.

С помощью BibReader формируется список библиографических описаний для выбранного корпуса документов, оформленных по ГОСТ или стилям APA, IEEE, Harvard. Этот результат сохраняется в файл текстового процессора.

При выполнении этапа 4 предусмотрены возможности извлечения данных из тегов аннотации документов, построения частотного словаря, удаления стоп-слов в частотном словаре, задания количества слов в формируемом облаке, настройки визуализации облака, сохранения частотного словаря в файл табличного процессора (снятие O4.2) и облака – в графический файл. При эксплуатации BibReader

ограничений на размер текста аннотаций корпуса РП не выявлено (снятие О4.3).

С помощью BibReader извлечение данных этапа 5 в виде статистики для ответа на первый исследовательский вопрос выполняется автоматически. Формируются распределения публикаций для выбранного корпуса по источникам, годам опубликования, типу документа, каналам публикаций (журналы и научные мероприятия), странам аффилиации авторов публикации, количественному составу авторских коллективов. При этом существует возможность выбрать один из вариантов картографирования извлеченных данных в виде диаграммы. Данные распределений могут быть сохранены (снятие О5.1) в файл табличного процессора для дальнейшей обработки, диаграмма – в графический файл.

Таким образом, интеграция стека технологий, выполняющих цифровизацию процесса SMS, в единую систему позволяет устранить частично или полностью все ограничения, выявленные в разделах этой статьи. Это приводит к значительному сокращению времени выполнения проведения SMS, получению данных и созданию отчетности для обсуждения результатов SMS. Также формируются некоторые систематические карты, которые могут быть использованы для представления SMS в тексте ВКР или в виде научной публикации [31, 32]. В учебном процессе BibReader используется с 2019-2020 учебного года.

Применимость методологии систематического картографического исследования

Определим место SMS в научных исследованиях.

Большинство дисциплин учебного плана образовательной программы магистратуры в области ИКТ предусматривают рассмотрение тем/вопросов, связанных с выполнением ими научных исследований по теме ВКР. В случае продолжения работ по теме ВКР бакалавра студентам проще выполнять SMS, т.к. с предметной областью они уже знакомы. При обучении «стороннего» магистранта (выпускника другого направления подготовки или другого университета) выполнять SMS студентам сложнее, но дается и с «низкого старта». Результаты SMS используются магистрантами в аналитическом разделе ВКР.

В данной статье рассмотрено использование методологии SMS в домене исследований ИКТ. Но систематическое картографическое исследование – это методология не только «в» и «для» ИКТ. Анализ 749 SMS, опубликованных в 2009–2024 гг., по

измерению «домен исследования» показал следующее.

Во-первых, методология SLR/SMS до применения в ИКТ была и остается базовой в медицинских исследованиях. Среди указанных SMS представлены исследования в области телемедицины и здравоохранения.

Во-вторых, большинство исследований посвящено методам и технологиям ИКТ, актуальным в каждый момент их развития: качество программного обеспечения (ПО), требования к ПО, геймификация, облачные технологии, архитектуры информационных программных систем, пользовательские интерфейсы, тестирование ПО, блокчейн, онтологический подход, DSL и Model-driven подходы, машинное, глубокое и федеративное обучение и т.д.

В-третьих, цифровизация охватывает другие предметные области, результаты обсуждаются в SMS из разнообразных доменов:

- Индустрия 4.0, моделирование в строительстве, авионика, градостроительство, сохранение геонаследия,
- сельское и лесное хозяйство,
- цифровая экономика, фондовые рынки,
- обучение, в том числе инженерное и STEM.

Выявленная междисциплинарность методологии SMS показывает перспективы ее применения в современных условиях при подготовке магистрантов различных направлений подготовки, в первую очередь, инженерных.

Выводы

В работе проанализированы особенности выполнения этапов методологии систематического картографического исследования в контексте цифровизации этого процесса. Выявлены ограничения, связанные с разрывом между представлением данных, подлежащих последовательной обработке и возможностями сервисов, автоматизирующих эту обработку. Основная причина ограничений – это представление данных в человеко-читаемом виде и необходимость ручной обработки данных, представленных уже в машиночитаемом виде.

Сформулирована постановка задачи цифровизации процесса SMS. Предложено решение задачи с помощью системы BibReader, которая реализует конвейер поэтапной обработки исходных метаанных публикаций, формируя необходимые файлы отчетности SMS.

BibReader используется в учебном процессе для профессионального поиска научной литературы студентами образовательной программы магистратуры в области ИКТ при подготовке SMS и аналитической части ВКР.

Анализ публикаций-SMS за 2007-2024 гг. показал не только тренд роста интереса к методологии систематического картографического исследования, но ее перспективность для профессионального поиска литературы в предметных областях, отличных от ИКТ.

Литература

1. Kitchenham, B., Charters, S. Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Technical Report EBSE 2007-001. – Keele University, Durham University Joint Report. – 2007. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://legacyfileshare.elsevier.com/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf (дата обращения: 26.05.2024).
2. Latifaj, M. A Systematic Mapping Study on Quality of Service in Industrial Cloud Computing. Master's Thesis in Software Engineering. Malardalen University, Sweden. 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1438758/FULLTEXT01.pdf> (дата обращения: 26.05.2024).
3. Truger, F. Warm-Starting and Quantum Computing: A Systematic Mapping Study / F. Truger, J. Barzen, M. Bechtold [et al.] // ACM Computing Surveys. – 2024. – Vol. 56, Iss. 9. – Article No. 229. – Pp. 1–31. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3652510> (дата обращения: 26.05.2024).
4. Alahiane, A. The Use of Deep Learning, Image Processing, and High-Performance Computing: A Systematic Mapping Study / A. Alahiane, K. El Asnaoui, S. Chadli [et al.] // AI2SD' 2023. Lecture Notes in Networks and Systems. – Vol. 931. – Cham: Springer, 2024. – Pp. 223–235. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-54288-6_21 (дата обращения: 26.05.2024).
5. ACM Digital Library: сайт. – URL: <https://dl.acm.org/> (дата обращения: 07.04.2024). – Текст: электронный.
6. IEEE Xplore Digital Library: сайт. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/> (дата обращения: 07.04.2024). – Текст: электронный.
7. ScienceDirect: сайт. – URL: <https://www.sciencedirect.com/> (дата обращения: 07.04.2024). – Текст: электронный.
8. SpringerLink: сайт. – URL: <https://link.springer.com/> (дата обращения: 07.04.2024). – Текст: электронный.
9. Дацун, Н. Н. Совместное оценивание деятельности обучающихся в массовых открытых онлайн курсах: систематический обзор литературы // Мир науки. – 2015. – № 3. – С. 1–24.
10. Wolny, S. Thirteen Years of SysML: A Systematic Mapping Study / S. Wolny, A. Mazak, C. Carpella [et al.] // Software and Systems Modeling. – 2020. – Vol. 19. – Pp. 111–169. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s10270-019-00735-y> (дата обращения: 26.05.2024).
11. Shaikh, A. More Than Two Decades of Research on Verification of UML Class Models: A Systematic Literature Review / A. Shaikh, A. Hafeez, A. A. Wagan [et al.] // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – Pp. 142461–142474. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9579419>
12. eLIBRARY.RU: сайт. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.
13. Google Академия: сайт. – URL: <https://scholar.google.com/> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.
14. Wiley Online Library: сайт. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.
15. Medline: сайт. – URL: <https://www.ebsco.com/products/research-databases/medline> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.
16. Mendeley: сайт. – URL: https://www.mendeley.com/?interaction_required=true (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.
17. Zotero: сайт. – URL: <https://www.zotero.org/> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.
18. Субботин, Е. А. Система автоматизации скрининга публикации для систематического обзора литературы / Е. А. Субботин, Н. Н. Дацун // Математика и междисциплинарные исследования – 2019. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. – Пермь: ПГНИУ, 2019. – С. 363–367.
19. Candela-Uribe, C.A. SMS-Builder: An Adaptive Software Tool for Building Systematic Mapping Studies / C.A. Candela-Uribe, L.E. Sepúlveda-Rodríguez, J.C. Chavarro-Porrás [et. al.] // SoftwareX. – 2021. – Vol. 17. – Article No. 100935. – Pp. 1–10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352711021001710/pdf?md5=c8b896312ab85de39d17e3eb64027c85&pid=1-s2.0-S2352711021001710-main.pdf> (дата обращения: 26.05.2024).
20. Список литературы и сноски онлайн: сайт. – URL: <https://open-resource.ru/spisok-literatury> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.

21. Citation Machine. APA Citation Generator: сайт. – URL: <https://www.citationmachine.net/apacitationmachine> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.

22. Cite This For Me. Free IEEE Citation Generator: сайт. – URL: <https://www.citethisforme.com/citation-generator/ieee> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.

23. Citavi: сайт. – URL: <https://www.citavi.com/en> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.

24. JabRef: сайт. – URL: <http://www.jabref.org/> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.

25. Word Cloud: сайт. – URL: <https://www.jasondavies.com/wordcloud/> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.

26. Word it out: сайт. – URL: <https://worditout.com/word-cloud/create> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.

27. Advego: сайт. – URL: <https://advego.com/> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.

28. Text.ru: сайт. – URL: <https://text.ru/seo> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.

29. Шукшина, М. И. Совершенствование реализации этапов систематического картографирования литературы в системе BibReader / М. И. Шукшина, Н. Н. Дацун // Математика и междисциплинарные исследования – 2020. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. – Пермь: ПГИУ, 2020. – С. 78–82.

30. Скоробогатова, М. М. Адаптация системы BibReader к источникам публикаций и стилям форматирования библиографических описаний для проведения систематического картографирования литературы // Электронные системы и технологии. Сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск: БГУИР, 2022. – С. 281-284.

31. Колесников, А. С. Методы и средства распознавания UML-диаграмм: систематическое картографирование литературы / А. С. Колесников, Н. Н. Дацун // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика, 2022. – Т. 1. – С. 59–66.

32. Беляков, К. В. Систематическое картографирование литературы: использование транспайлеров / К. В. Беляков, Н. Н. Дацун // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2023. – Т. 20, № 7 (229). – С. 3–10.

Дацун Н. Н. Профессиональный поиск научной литературы для исследовательских работ магистрантов. В статье рассматривается проблема повышения эффективности исследовательской работы ИКТ-магистрантов при профессиональном поиске научной литературы с помощью методологии систематического картографического исследования. Выявлены ограничения цифровизации процесса по этой методологии. Сформулирована постановка задачи цифровизации этого процесса. Представлена цифровизация процесса в системе BibReader для решения проблемы эффективности исследования. Применение рассмотренной методологии является перспективным направлением при поиске научной литературы для студентов других образовательных программ.

Ключевые слова: систематическое картографическое исследование, магистрант, цифровизация, ограничение, критерии включения и исключения, библиографическое описание.

Datsun N.N. Professional Searching the Scientific Literature for Research Papers of master's students. The article deals with the problem of increasing the effectiveness of research work of ICT master's students in the professional search for scientific literature using the methodology of Systematic Mapping Study. Digitalization constraints of the process according to this methodology are revealed. The problem statement of this process digitalization is formulated. The digitalization of the process in the BibReader system is presented to solve the problem of research effectiveness. The application of the considered methodology is a promising direction in the search for scientific literature for students of other educational programs.

Keywords: Systematic Mapping Study, Master's degree student, digitalization, constraint, inclusion and exclusion criteria, bibliographic description.

Статья поступила в редакцию 20.05.2024

Рекомендована к публикации профессором Мальчевой Р. В.

Разработка имитационной модели работы микросервисного приложения

И. И. Мариничев, Е. А. Шуватова, С. Ю. Землянская
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
E-mail: ilia2949@mail.ru

Аннотация:

В статье рассмотрены проблемы, которые возникают при проектировании архитектуры микросервисного приложения, сформулирована задача разработки приложения с наиболее эффективной архитектурой. В связи с чрезмерной трудоемкостью проведения натурных экспериментов на разных моделях архитектур для исследования поведения приложения предлагается использовать объектную модель микросервисного приложения и имитационное моделирование с целью получения необходимых параметров работы и проведения анализа эффективности выбранной архитектуры. Выделены основные сущности модели, проанализированы их ключевые особенности и описаны принципы работы. Разработаны алгоритмы взаимодействия компонентов и функционирования имитационной модели.

Введение

В эпоху цифровой трансформации и растущих требований к производительности программного обеспечения, микросервисная архитектура стала популярным подходом к созданию сложных приложений. Разделение монолитных приложений на независимые, легко управляемые микросервисы позволяет улучшить масштабируемость, гибкость и устойчивость систем. Однако, выбор оптимальной комплектации и функционала микросервисов представляет собой значительную задачу, требующую тщательного анализа и моделирования.

В данной статье мы рассматриваем методологию создания имитационной модели работы микросервисного приложения, что облегчит сравнение вариантов разделения и взаимодействия микросервисов.

Постановка задачи исследования

Одна из проблем, с которой сталкиваются разработчики при переходе к микросервисной архитектуре, заключается в необходимости проверки эффективности выбранного распределения функциональности между микросервисами.

Микросервисная архитектура [1][2] — это подход к созданию приложения, подразумевающий отказ от единой, монолитной структуры. Вместо этого, систему разделяют на небольшие независимые сервисы. Каждый выполняет определённую функцию и взаимодействует с другими сервисами через API. Это позволяет сделать систему более гибкой и отказоустойчивой, а также использовать масштабирование системы для распределения

нагрузки и увеличения скорости работы. Однако, рост числа пользователей, увеличение самой системы и нагрузки на неё влечёт за собой усложнение взаимодействия между микросервисами и обновления их данных. Это может сказаться на сложности управления системой и увеличении затрат на поддержку её инфраструктуры.

Чтобы минимизировать эти риски, требуется ещё на этапе проектирования грамотно разбить программу на микросервисы [3][4], оценить качество, выявить узкие места системы и с учётом этого оптимизировать архитектуру программы [5]. Одним из вариантов решения этой проблемы является создание имитационной модели программы. В этой статье мы описываем процесс создания такой модели и алгоритм её работы.

Основное содержание и результаты работы

В результате анализа систем, имеющих микросервисную архитектуру, можно сделать вывод, что модель должна содержать следующие сущности: API, заявка, функция, запрос, микросервис, балансировщик нагрузки, таблица, брокер сообщений, сервер.

Рассмотрим эти сущности более детально.

– Заявка – имитация запроса пользователя.

– Функция – имитация работы основных функциональных компонентов клиентской части приложения (например: проверка работ, просмотр лекций/заданий и т.д.).

– Запрос – имитация запроса на обработку определённых данных от клиентского приложения к серверу. Каждая функция может

иметь несколько запросов (например: функция «Проверка работ» может иметь запросы на получение списка студентов, приславших работы, запрос на скачивание работы отдельного студента, запрос на выставление оценки студенту и т.д.).

– Таблица – имитация таблицы из базы данных.

– Микросервис – имитация микросервиса определённого типа. Микросервис может обрабатывать определённый набор типов запросов из функций, в зависимости от таблиц хранящихся в базе данных микросервиса. Для обработки запроса может потребоваться работа как с одной, так и с несколькими таблицами из базы данных.

– API – сущность, представляющая из себя API-слой и имитирующая работу пользователей с функциями.

– Балансировщик нагрузки – сущность, имитирующая работу подпрограммы, распределяющей нагрузку между экземплярами типов микросервисов.

– Брокер сообщений – сущность, представляющая из себя функцию, которая обеспечивает связь между различными типами микросервисов и их экземплярами, своевременное обновление данных в их локальных базах данных.

– Сервер – физический сервер, на котором расположены экземпляры микросервисов.

Рассмотрим более детально требования к сущностям.

Заявка должна содержать в себе следующую информацию:

– тип заявки (тип запроса, который направила функция)

– тип ответа (ответ/ошибка);

– время прихода;

– допустимое время ожидания;

– фактическое время ожидания;

– время обработки;

– id функции создателя;

– тип микросервиса, на который направлена заявка;

– id экземпляра микросервиса, в очередь к которому была записана заявка.

Запрос должен содержать в себе следующую информацию:

– список таблиц, которые потребуются обработать для удовлетворения запроса;

– набор требуемых операций для каждой из таблицы.

Таблица должна содержать в себе следующую информацию:

– набор всех операций, которые могут совершаться с таблицей;

– время обработки каждой из операций, в зависимости от того, на каком сервере находится таблица;

– процент загрузки центрального процессора сервера и объём потребляемой памяти во время обработки каждой из операций, в зависимости от того, на каком сервере находится таблица.

Микросервис должен содержать набор следующих данных и функций:

– список таблиц, содержащихся в базе данных микросервиса;

– список возможных запросов к микросервису;

– приблизительный шанс ошибки/сбоя данных;

– статус активности.

Входные данные:

– Заявка.

Выходные данные:

– Заявка с ответом.

– Заявка с ошибкой.

– Заявка на обновление данных.

Функция должна содержать в себе следующие параметры:

– Список запросов к бэкенду, которые могут потребоваться для работы пользователя с функцией;

– Список типов микросервисов, отвечающих за работу различных запросов в функции;

– Шансы выбора запроса (некоторые запросы могут быть использованы чаще других).

Входные данные:

– Количество заявок, адресованных в функцию (без данных и типа).

Выходные данные:

– Количество заявок с типом запроса для каждого типа микросервисов, содержащихся в функции.

API должен содержать следующие параметры:

– Список функций программы;

– Шанс вызова каждой отдельной функции;

– Список необработанных заявок;

– Балансировщик нагрузки;

– Список обработанных заявок.

Входные данные:

– Количество запросов.

Выходные данные:

– Обработанные заявки/статистика обработанных заявок.

Балансировщик нагрузки должен содержать следующие параметры:

– Очередь заявок для каждого типа микросервиса;

– Очередь с таймером для всех экземпляров по каждому микросервису;

Входные данные:

- Список заявок.

Выходные данные:

- Обработанные заявки.

Брокер сообщений должен содержать следующие параметры:

- Схему связей/зависимостей микросервисов;
- Лог событий.

Входные данные:

– Сообщение от микросервиса с информацией об изменении данных.

Выходные данные:

– Список экземпляров микросервисов со связанными данными.

Сервер должен содержать следующие параметры:

– Данные о нагрузке на процессор и оперативную память каждого развёрнутого контейнера с микросервисом;

- Степень загруженности сервера;

– Список размещённых на нём экземпляров микросервисов.

Входные данные:

- Запрос состояния сервера.

Выходные данные:

- Данные о состоянии сервера.

Составление алгоритма работы модели

Теперь, когда мы определились с требованиями к модели, можно описать принципы её работы и составить алгоритм.

Создание заявок.

Создание заявок должно имитировать запросы пользователей в реальном времени. Для этого необходимо подобрать функцию распределения, учитывая особенности активности пользователей на протяжении периода рабочего дня.

Таким образом, схема создания заявок будет следующей:

В цикле от 0 до N с шагом 1, где 1 – это некий интервал времени, каждую итерацию цикла, согласно выбранному закону распределения, создаётся определённое количество заявок. Время прихода заявки следует распределить между созданными в рамках интервала заявками равномерным способом. Схема создания заявок приведена на рисунке 1.

Имитация работы пользователей с функционалом программы.

После создания заявок и определения времени их прихода, необходимо распределить их назначения. Для этого симулируем выбор пользователем определённой функции нашей программы. Каждая функция может быть выбрана пользователем с некоторой вероятностью, значение которой было

определено эмпирически. Случайную функцию будем выбирать, используя метод колеса рулетки.

За реализацию возможностей каждой из функций отвечает набор запросов, которые сгруппированы по типам микросервисов. Для распределения заявок воспользуемся эмпирически определёнными вероятностями выбора запросов и методом колеса рулетки.

После этого, записываем в заявку тип микросервиса, который обрабатывает данный тип запроса. Алгоритм процесса представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Определение количества заявок

Распределение заявок между экземплярами микросервисов при помощи балансировщика нагрузки.

Принцип работы балансировщика нагрузки следующий [6]:

В цикле от 0 до N, где N – количество заявок в общей очереди, проходим по списку заявок $\{x_1 \dots x_n\}$ и распределяем их между экземплярами микросервисов. Для этого выбираем список очередей $\{q_1 \dots q_k\}$ к экземплярам выбранного типа микросервисов $\{m_1 \dots m_k\}$ и записываем заявку в одну из них.

Существует несколько основных алгоритмов работы балансировщика нагрузки, такие как Round Robin, Weighted Round Robin, Least Connections и др. Для имитационной модели микросервисного приложения был выбран метод реализации Least Connections, поскольку этот метод сочетает в себе простоту реализации с высокой степенью надёжности: выбирается очередь того из экземпляров микросервисов, который наименее загружен на момент прихода заявки (рисунок 2).

Каждая заявка имеет ограниченное время ожидания. Если это время будет превышено, заявка считается необработанной и возвращается обратно с пометкой «истёкший срок ожидания». Для этого в каждой из очередей экземпляров создаётся отдельная переменная времени освобождения микросервиса $t_{осв}$.



Рисунок 2 – Распределение заявок между экземплярами микросервисов

Время освобождения $t_{осв} = t_{осв} + t_{обр}$, где $t_{обр}$ – время обработки очередной заявки экземпляром микросервиса, которое вычисляется внутри микросервиса в установленных пределах путём исследования пределов (детальный разбор работы микросервиса будет рассмотрен ниже).

Время освобождения микросервиса обновляется по мере поступления и обработки заявок.

Имитация обработки заявок и работы микросервиса.

Для имитации работы микросервиса необходимо произвести разбиение программы на микросервисы, а затем определить по имеющимся программным данным предположительное среднее время обработки запроса микросервисом и его зависимость от объёма обрабатываемых данных. Также каждый микросервис имеет определённый эмпирически шанс программного сбоя.

На каждой итерации своей работы балансировщик нагрузки должен проверять микросервисы на активность. Для этого

необходимо проверять на активность физические сервера, на которых лежат микросервисы. Если физический сервис недоступен, значит недоступен и микросервис. В таком случае все заявки из его очереди считаются потерянными и возвращаются в систему с соответствующей пометкой.

Алгоритм обработки очередей к микросервисам представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Процесс обработки заявок

После поступления заявки микросервис получает из неё данные о запросе пользователя, таблицах, которые необходимо обработать, и наборе операций для каждой из таблиц. Временем обработки заявки считается сумма времени выполнения всех операций с таблицами. Среднее время выполнения типовой операции с таблицей в модели рассчитывается для каждой таблицы в

зависимости от того, на каком сервере будет находиться микросервис, и хранится в таблице. Работа микросервиса изображена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Имитация работы микросервиса

Брокер сообщений

Брокер сообщений содержит в себе связь между базами данных микросервисов. В нём хранятся все связи между базами данных типов микросервисов и, соответственно, их экземпляров.

Существуют 2 основных типа брокеров сообщений [9][10]: активные и пассивные. Активные («push» модель) брокеры сами отправляют информацию об обновлении в экземпляры микросервисов. В случае с пассивными брокерами («pull» модель), микросервисы-потребители сами запрашивают из него информацию об обновлениях. В рамках модели предлагается использовать именно «push» модель брокера сообщений.

При успешной обработке заявки на изменение данных, микросервис отправляет в брокер сообщений данные об изменённой таблице и конкретных операциях над ней. После этого брокер создаёт заявки на обновление данных для каждого экземпляра микросервиса связанной таблицей и записывает их в соответствующую очередь. Временем прихода такой заявки считается время освобождения микросервиса. Заявка на обновление обрабатывается микросервисом вне основной очереди, сразу же, как только он освободится от обработки предыдущего запроса.

Заявка сохраняется в очереди на обновление до тех пор, пока сервер не отчитается о её обработке, и не имеет предельного срока ожидания. Алгоритм работы брокера сообщений представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Имитация работы брокера сообщений

Сервер

Сервер представляет собой модель физического сервера, на котором хранятся экземпляры микросервисов. Параметры модели сервера включают список всех лежащих на нём микросервисов, а также текущий уровень нагрузки на сервер как по центральному процессору, так и по оперативной памяти. Каждый развёрнутый микросервис добавляет постоянную нагрузку на сервер. Нагрузка также увеличивается во время выполнения микросервисом операций.

Если нагрузка на сервер достигает предела его вычислительной мощности, время обработки данных в лежащих на нём микросервисах увеличивается, пока сервер не будет разгружен. Кроме этого, сервер имеет определённый шанс перехода в состояние неисправности. В таком случае все микросервисы на нём считаются недоступными, а все отправленные на них заявки возвращаются с пометкой «ошибка».

Выводы

В статье рассмотрена проблема проектирования эффективной архитектуры микросервисного приложения. Проектирование микросервисной архитектуры информационной системы – довольно сложная задача и от выбранного варианта решения существенно зависит работоспособность создаваемой системы. Таким образом, основной проблемой проектирования становится проблема проверки качества разбиения функционала системы на составляющие и анализа эффективности выбранной архитектуры.

Для решения данной проблемы предложено использование имитационного моделирования. В результате анализа функционирования микросервисного приложения определены основные компоненты имитационной модели и составлен алгоритм работы модели.

Получаемые в результате моделирования параметры для разных конфигураций используются для выбора конфигурации, обеспечивающей наиболее эффективное функционирование моделируемой системы.

Литература

1. Мариничев, И. И. Проблема выбора архитектуры для платформы дистанционного обучения / И. И. Мариничев, Е. А. Шуватова, С. Ю. Землянская // Материалы XIV Международной научно-технической конференции в рамках IX Международного Научного форума Донецкой Народной Республики 24-25 мая 2023 г. – Донецк: ДонНТУ, 2023. - С. 249-253.
2. Ньюмен, С. Создание микросервисов / С. Ньюмен // СПб.: Питер, 2016. — 304 с.: ил. — (Серия «Бестселлеры О’Reilly»). ISBN 978-5-496-02011-4 С. 22-30
3. Ньюмен, С. От монолита к микросервисам. Эволюционные шаблоны для трансформации монолитной системы. / С. Ньюмен // От монолита к микросервисам: Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 272 с.: ил. ISBN 978-5-9775-6723-7. С. 97-100
4. Евланов, М. В. Синтез сервис-ориентированной архитектуры информационной системы [Электронный ресурс]. - URL: http://www.rusnauka.com/11_EISN_2010/Informatica/64250.doc.htm (дата обращения: 05.05.2024).
5. Долженко, А. И. Анализ качества микросервисов информационной системы на базе нечеткой модели / А. И. Долженко, И. Ю. Шполянская, С. А. Глушенко // Прикладная информатика, 2019. - Т.14, №5(83). – С. 120-128.
6. Ефимов, Г. Адаптивная балансировка нагрузки или как повысить надёжность микросервиса [Электронный ресурс]. // Хабр: сайт. — URL: <https://habr.com/ru/companies/ozontech/articles/558926/> (дата обращения: 20.04.2024)
7. Богомаз, М. Популярные брокеры сообщений в микросервисной архитектуре: NATS, Kafka и RabbitMQ // Timeweb Cloud: сайт. [Электронный ресурс]. - URL: <https://timeweb.cloud/tutorials/microservices/populyarnye-brokery-soobshchenij/> (дата обращения: 05.05.2024)
8. Шеламов, Д. Асинхронное взаимодействие. Брокеры сообщений. Apache Kafka [Электронный ресурс] // Хабр: сайт. — URL: https://habr.com/ru/companies/vivid_money/articles/534858/ (дата обращения: 05.05.2024)
9. Мареев, Н. А. Обзор брокеров сообщений в качестве инструмента обеспечения асинхронности в микросервисной архитектуре / Н. А. Мареев // Сборник трудов XVII Международной отраслевой научно-технической конференции «Технологии информационного общества» г. Москва, 02–03 марта 2023 г. – Москва, 2023. - С. 231-234.
10. Yipei, Niu. Load Balancing across Microservices / Yipei Niu, Fangming Liu, Zongpeng Li // Conference: IEEE INFOCOM 2018 - IEEE Conference on Computer Communications 16-19 April 2018. DOI: 10.1109/INFOCOM.2018.8486300

Мариничев И.И., Шуватова Е.А., Землянская С.Ю. Разработка имитационной модели работы микросервисного приложения. В статье рассмотрены проблемы, которые возникают при проектировании архитектуры микросервисного приложения, сформулирована задача разработки приложения с наиболее эффективной архитектурой. В связи с чрезмерной трудоемкостью проведения натурных экспериментов на разных моделях архитектур для исследования поведения приложения предлагается использовать объектную

модель микросервисного приложения и имитационное моделирование с целью получения необходимых параметров работы и проведения анализа эффективности выбранной архитектуры. Выделены основные сущности модели, проанализированы их ключевые особенности и описаны принципы работы. Разработаны алгоритмы взаимодействия компонентов и функционирования имитационной модели.

Ключевые слова: Микросервис, имитационная модель, заявка, распределение, функция.

Marinichev I., Shuvatova E., Zemlyanskaya S. Development of a simulation model for the operation of a micro-service application. The article considers the problems that arise when designing the architecture of a micro-service application, and the task of developing an application with the most efficient architecture is formulated. Due to the excessive complexity of conducting field experiments on different architectural models, it is proposed to use an object model of a microservice application and simulation modeling to study the behavior of an application in order to obtain the necessary operating parameters and analyze the effectiveness of the chosen architecture. The main entities of the model are highlighted, their key features are analyzed and the principles of operation are described. Algorithms for the interaction of components and the functioning of the simulation model have been developed.

Keywords: Microservice, simulation model, application, distribution, function.

Статья поступила в редакцию 15.05.2024
Рекомендована к публикации профессором Скобцовым Ю. А.

УДК 004.75

Обзор эффективности применения технологии блокчейн в логистике и управлении цепочками поставок

В. В. Коржевич, А. В. Боднар
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
e-mail: tiomnenkiy@gmail.com, linabykova13@ya.ru

Аннотация

В данной статье проведен комплексный анализ эффективности применения технологии блокчейн в сфере логистики и управления цепочками поставок. Обозначена роль блокчейна в улучшении логистики и цепочек поставок. Изучены особенности технологии, проанализированы примеры ее применения и дана оценка их эффективности. Рассмотрены проблемы и трудности, возникающие при внедрении блокчейна в цепочки поставок. Сформулированы выводы о возможности и целесообразности применения.

Введение

Цепочка поставок представляет собой сеть людей и организаций, вовлеченных в создание и распространение определенного продукта или услуги, а также в регулирование его перемещения от начальных поставщиков до конечных покупателей. В типичную систему цепочки поставок входят поставщики продовольствия или сырья, производители (участники этапа обработки), логистические компании и розничные продавцы. В настоящее время управление цепочками поставок страдает от недостаточной эффективности и прозрачности, и многие сети сталкиваются с трудностями в интеграции всех участников. В идеальном сценарии продукты и материалы, а также деньги и данные должны беспрепятственно переходить от одного этапа цепочки к другому.

Однако текущая модель часто сталкивается с проблемами поддержания последовательной и эффективной работы, что в конечном итоге снижает доходы компаний и увеличивает розничные цены. Эти проблемы особенно обострились во время кризиса 2020 года, вызванного пандемией [1]. Среднестатистический потребитель осознал важность цепочек поставок, когда сроки доставки значительно увеличились из-за глобальных ограничений.

Блокчейн может решить некоторые из этих проблем в цепочках поставок, предложив новые способы записи, передачи и обмена данными.

Постановка задачи

Цель работы – исследовать эффективность применения технологии блокчейн в логистике и управлении цепочками поставок.

Для достижения поставленной цели, сперва рассмотрим текущее состояние цепочек поставок, включая основные проблемы и недостатки.

Следующим этапом, опишем технологию блокчейн, ее основные принципы работы, особенности и возможности.

Затем, изучим преимущества блокчейна для цепочек поставок и возможности автоматизации процессов с помощью смарт-контрактов.

Далее, рассмотрим основные вызовы и ограничения, связанные с внедрением блокчейна.

В заключение, на основе проведенного анализа сформулируем выводы и рекомендации для компаний, рассматривающих возможность внедрения блокчейна в свои системы управления цепочками поставок.

Типовые проблемы логистики и УЦП на предприятиях

В условиях динамичного развития и роста мировой экономики экономические участники сталкиваются с рядом факторов и тенденций, которые вызывают повышенный интерес к вопросам снабжения и доставки. Эти факторы включают усиление конкуренции и глобализацию бизнеса, повышенные требования к уровню затрат на снабжение, качеству закупаемой продукции и обслуживанию, расширению производства и распределения по заказам, короткие жизненные циклы продуктов и технологий, а также увеличенные ожидания акционеров по отношению к прибыли. Согласно данным, рост прибыли при снижении затрат на снабжение на 1% эквивалентен увеличению прибыли от расширения объема производства и продаж на 10% [2].

Современная бизнес-среда ставит перед компаниями, занимающимися логистикой и управлением цепочками поставок, целый ряд

сложных задач. Эти вызовы могут существенно влиять на их эффективность, конкурентоспособность и способность удовлетворять потребности всё более требовательных потребителей. К основным проблемам, которые присущи современным цепочкам поставок и логистическим системам, относятся излишние запасы торгово-материальных ценностей (ТМЦ) и длительные сроки хранения, не оптимальные партии и цены закупаемых ТМЦ, срывы сроков поставки МТР и готовой продукции, высокие логистические издержки и низкое качество логистического сервиса и закупаемых ТМЦ.

Эти проблемы говорят о трудностях с оптимизацией труда по доставке и хранению товаров, возникающих кризисах доверия между покупателем и поставщиком, а также о высоких накладных расходах в случаях, когда цепь поставки включает в себя много промежуточных звеньев.

Концепция блокчейна

Первоначальная концепция блокчейна была разработана в начале 1990-х годов, когда специалист по информатике Стюарт Хабер и физик У. Скотт Сторнетта применили криптографию в цепочке блоков для защиты цифровых документов от фальсификации. Их работа вдохновила множество программистов и энтузиастов криптографии, что в конечном итоге привело к созданию Биткоина — первой децентрализованной электронной денежной системы, или криптовалюты.

Хотя технология блокчейна была разработана задолго до появления криптовалют, ее потенциал был осознан широкой общественностью только после появления Биткоина в 2008 году [3]. С тех пор интерес к блокчейну продолжает расти, а проекты на его основе получают все более широкое признание.

Итак, блокчейн представляет собой непрерывную цепочку блоков, каждый из которых содержит запись ранее подтвержденных транзакций и уникальный хеш предыдущего блока. Каждый блок зашифрован. Это обеспечивает неизменяемость данных: после того как блок зашифровывается и добавляется в цепочку, его содержимое невозможно изменить без изменения всех последующих блоков. Такая структура гарантирует, что информация остается неподдельной и надежной.

Сеть блокчейна поддерживается множеством компьютеров по всему миру, что делает её децентрализованной базой данных. Это означает, что каждый участник сети (нода) хранит у себя копию данных блокчейна и взаимодействует с другими нодами для подтверждения правильности информации в блоках.

Это исключает необходимость централизованных посредников и предоставляет каждому участнику доступ к одной и той же версии данных. В результате уровень прозрачности увеличивается, поскольку все стороны обладают идентичной информацией.

На рисунке 1 изображен принцип работы блокчейн-сети.

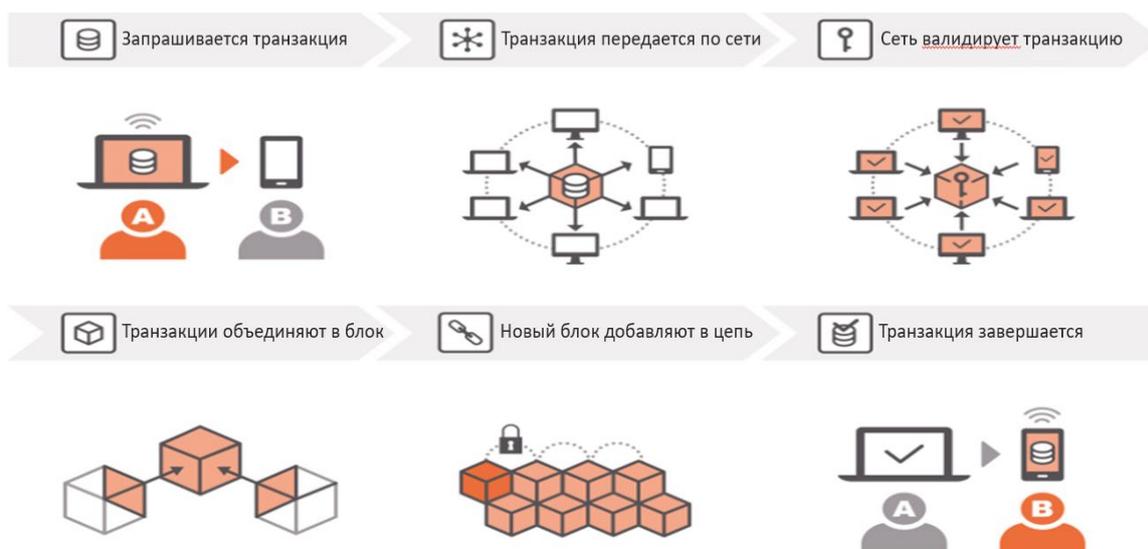


Рисунок 1 – Схема добавления новой информации в блокчейн

Подтверждение (валидация) информации, полученной от одного из участников сети, достигается сочетанием нескольких методов. Во-

первых, информация между участниками зашифрована асинхронным алгоритмом шифрования. Это позволяет точно знать от кого

исходит информация, ведь расшифровать ее можно лишь публичным ключом, привязанным к пользователю сети зашифровавшим ее. Вторых, для подтверждения самих транзакций используются механизмы консенсуса пользователей сети.

Одним из самых безопасных механизмов с высокой степенью доверия является модель Proof-of-Work (доказательство выполнения работы). Основная идея заключается в решении сложных криптографических задач участниками сети (майнерами) для подтверждения и добавления новых блоков в блокчейн.

Однако, этот алгоритм обладает недостатками в виде высоких энергозатрат на решение задач, а также медленной скорости транзакций. Для управления цепочками поставок и логистикой могут быть использованы альтернативные консенсусные алгоритмы, которые не требуют больших вычислительных ресурсов и, соответственно, не требуют майнинга, а также обладают более высокой скоростью транзакций. Один из таких алгоритмов — Proof-of-Stake (доказательство доли), который основывается на владении токенами или долей сети для подтверждения транзакций.

Другой альтернативой является алгоритм Proof-of-Authority (доказательство авторитетности). В нем транзакции и блоки валидируются утвержденными узлами, которые являются доверенными и хорошо известными участниками сети. Этот алгоритм подходит для частных или консорциальных блокчейнов, где участники заранее определены и доверены.

Еще один вариант – алгоритмы семейства Byzantine Fault Tolerance. Это концепция в компьютерных науках и распределенных системах, которая позволяет системе достигать согласия и продолжать работу корректно, даже если часть её узлов (до трети) ведет себя неправильно или злонамеренно.

Все вышеописанные меры наделяют добавленную в блокчейн информацию высокой степенью доверия. Кроме того, информацию почти невозможно изменить, удалить или скомпрометировать. Изменение данных в любом блоке потребует изменение всех последующих хэшей, требуя от злоумышленника переработки всей цепочки, что очень трудозатратно. Кроме того, для одобрения новой информации в сети потребуется получения большинства консенсуса, что тоже крайне труднодостижимая задача. Для удаления или порчи информации потребуется сделать это на электронном носителе каждого участника сети, что почти невозможно на достаточно объемной сети.

Интересной особенностью блокчейнов являются смарт-контракты. Это такие программные коды, которые автоматически

выполняют условия контракта при наступлении событий [4].

Примером смарт-контракта может служить заключение пари между двумя пользователями о максимальном уровне влажности воздуха завтра. На следующий день программа проверяет уровень влажности, предоставленный квалифицированной метеорологической службой или некоторыми датчиками, описанными в контракте. Затем смарт-контракт определяет победителя и автоматически исполняет договор, переводя средства со счета проигравшего на счет победителя.

Роль блокчейна в улучшении логистики и цепочек поставок

Функциональность децентрализованной книги транзакций, реализованная в технологии блокчейн, может использоваться не только для криптовалют, но и для регистрации, заключения и передачи любых контрактов и собственности. Такой подход может найти широкое применение во многих прикладных сценариях и отраслях промышленности - от логистики до финансов, здравоохранения или даже в качестве коммуникационной структуры для поддержки приложений искусственного интеллекта (ИИ). Например, публичные записи, такие как регистрация транспортных средств или свидетельства о браке, могут быть перенесены в структуры блокчейнов [5].

Любые изменения в блокчейне видны всем участникам сети. Это означает, что каждая транзакция, связанная с логистической операцией (например, доставка, складирование, подпись контракта), фиксируется в блокчейне, и стороны могут просматривать историю этих событий. Также любые изменения согласовываются между участниками – недостоверная по мнению участников информация отклоняется. Такая открытость способствует усилению доверия между всеми участниками цепочки поставок и сокращению экономических издержек, связанных с подтверждением информации (рис.2)

Смарт-контракты могут быть использованы для автоматизации многих процессов в логистике, таких как подтверждение доставки, выставление счета, оплата за услуги, контроль качества продукции и др. Такой шаг не только увеличит скорость исполнения всех логистических этапов, но и снимет операционную нагрузку на предприятия.

Многие компании используют системы электронного документооборота (ЭДО) для передачи друг другу рабочей информации. Однако обычно эти данные отправляются не сразу же, а дожидаются формирования в более крупную партию.

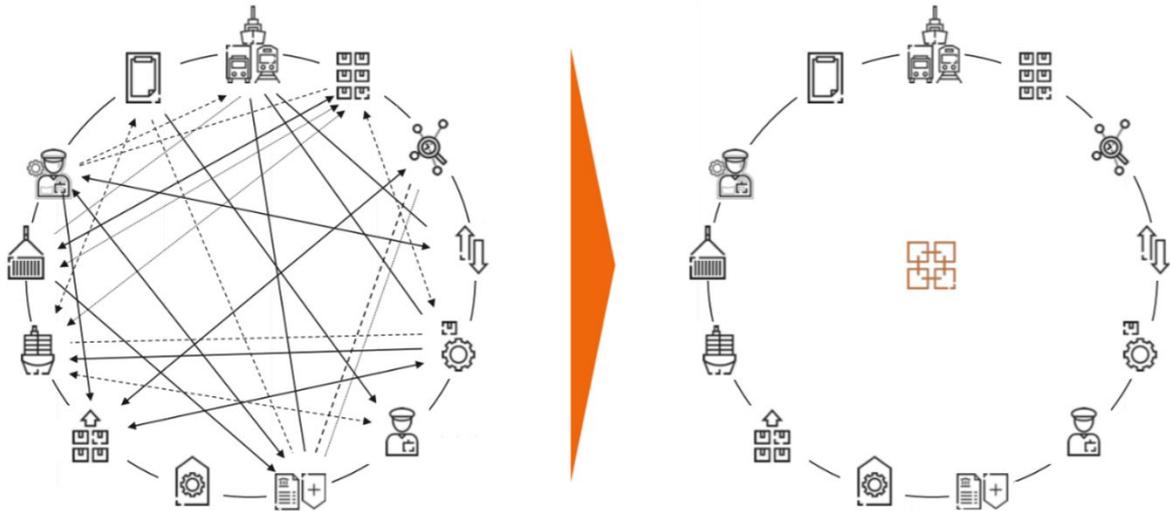


Рисунок 2 – Сравнение коммуникационных связей между контрагентами в классической и блокчейн системах УЦП

Если партия будет утеряна или цены быстро изменятся, другие участники цепочки поставок узнают об этом только после того, как выйдет следующая партия ЭДО. При этом блокчейн гарантирует регулярное обновление информации и ее своевременное распространение среди всех участвующих организаций.

Еще одним преимуществом систем УЦП на основе блокчейна является единые стандарты в документообороте для всех участников сети. Таким образом, согласование форматов ведения документооборота между компаниями-агентами больше не будет проблемой.

В целом, повышение уровня прозрачности и автоматизация процессов благоприятствуют формированию доверия между участниками цепочки поставок. Уверенность в том, что данные являются достоверными, и смарт-контракты будут автоматически исполнены, способствует улучшению отношений и сотрудничества между компаниями, в то время как анализ актуальной информации о местонахождении и состоянии товаров позволяет оптимизировать использование складских помещений и предотвратить подделки товаров.

На практике, уже существует несколько известных проектов систем УЦП с использованием технологии блокчейн.

Например, компания Maersk в сотрудничестве с IBM успешно внедрила технологию блокчейн в глобальные морские перевозки. В 2018 году они запустили платформу TradeLens, основанную на блокчейне Hyperledger Fabric, созданном Linux Foundation [6]. Эта платформа предоставляла пользователям возможность проведения всех необходимых операций с документами в цифровом формате: сертификаты, сопровождающие и другие

документы сохранялись в неизменном реестре, что значительно облегчало процесс аудита. Автоматизация бизнес-процессов была достигнута с использованием модуля торговых документов ClearWay, функционирующего на базе смарт-контрактов. Пользователи также имели возможность интегрировать TradeLens с интернетом вещей (IoT) для отслеживания различных физических параметров, таких как вес груза или температура в контейнере. К середине 2019 года доля TradeLens на мировом рынке судоходных грузоперевозок составляла около 30%. Во время испытаний платформы было проведено более 154 миллионов операций на блокчейне. Применение платформы TradeLens в течение года привело к снижению затрат на оформление документов. Например, при отправке авокадо из Момбасы в Роттердам затраты составляли 300 долларов или 15-20% от стоимости доставки. TradeLens снизила эти расходы на 70-90%, в зависимости от конкретной цепочки поставок и участников процесса.

Также было отмечено уменьшение времени перевозок. В пределах США время доставки товаров сократилось на 40%, в основном за счет уменьшения очередей и ускорения процесса оформления документов. На более длинных цепочках поставок выигрыш во времени был несколько меньше. Еще одним результатом стало сокращение количества шагов, предпринимаемых для ответа на основные запросы, такие как «где мой контейнер», с 5–10 до 1–2 [7].

Однако на этапе подключения новых компаний и цепочек поставок был выявлен ряд проблем, таких как отсутствие единых стандартов и должной коммуникации между сторонами, а также необходимость обучения персонала компаний и госструктур, вовлеченных в процесс.

Не смотря на изначальный успех, в 2022 году IBM и Maersk сообщили о закрытии платформы. Руководитель бизнес-платформ Maersk Ротем Гершко заявил, что компании не удалось достичь сотрудничества на отраслевом уровне несмотря на то, что концепция доказала свою жизнеспособность. В результате, проект TradeLens не смог превратиться в самостоятельный бизнес с ожидаемыми финансовыми показателями. Также одной из причин закрытия платформы указывается жёсткая конкуренция со стороны гонконгского консорциума Global Shipping Business Network (GSBN) [8].

GSBN является непосредственным конкурентом Maersk, обладая сопоставимой долей на рынке. В 2021 году они представили свою платформу Cargo Release, использующую технологию блокчейн, в сотрудничестве с Oracle, Microsoft Azure, AntChain и Alibaba Cloud. Эта инновационная платформа способствует ускорению обработки данных за счет полного отказа от бумажной документации и сохранения информации в блокчейне. GSBN обеспечивает безопасность данных, предварительно шифруя их перед отправкой на блокчейн, что гарантирует, что участники получают доступ только после авторизации. Компания подчеркивает, что блокчейн позволяет им взаимодействовать с разнообразными и часто конкурирующими участниками рынка [9]. Проект продолжает активно развиваться.

Еще одним примером успешной интеграции технологии блокчейн в логистику является проект Food Trust от IBM. В него вовлечены 10 крупных производителей и дистрибьюторов продуктов, таких как Dole, Driscoll's, Golden State Foods, Kroger, McCormick and Company, McLane Company, Nestlé, Tyson Foods, Unilever и Walmart. Построенная на технологии IBM Blockchain, система хранит данные о более чем 1 миллионе продуктов питания на блокчейн-платформе IBM и Hyperledger Fabric.

IBM Food Trust использует блокчейн для предоставления всем участникам прозрачного, устойчивого и распределенного реестра данных о происхождении продуктов, статусе транспортировки, текущем местоположении и многом другом. IBM отмечает, что использование технологии блокчейн на этой платформе в среднем снижает расходы на 80%. Walmart сообщает, что, внедрив Food Trust в свою систему логистики, они провели тест отслеживаемости манго от полки в магазине до фермы. Время выполнения запроса сократилось с 6 дней 18 часов и 26 минут до 2 секунд. Компания планирует в будущем перевести все цепочки поставок продовольственных товаров на платформу Food Trust [6].

Еще одним выдающимся примером реализации блокчейн-технологии в логистике является Everledger Platform. Компания Everledger разработала проект для регистрации данных об алмазах на блокчейне с целью объединения всех участников отрасли: производителей, дистрибьюторов и покупателей. Платформа создает цифровую копию физического объекта на блокчейне, храня информацию о происхождении алмаза, его цвете, огранке, прозрачности, весе в каратах, номере сертификата и прочее. Этот подход приносит дополнительную ценность конечным потребителям, предоставляя быстрый способ проверки подлинности алмазов. Everledger также взаимодействует со страховыми компаниями. Платформа начала работу в 2015 году и уже хранит информацию о более 1 миллионе алмазов. Также создатели проекта планируют применять систему для записи информации о других предметах роскоши: вино, предметы искусства и другое [10].

Основные вызовы и ограничения, связанные с внедрением блокчейна

Внедрение блокчейна в цепочки поставок представляет определенные трудности, несмотря на его значительный потенциал в этой области.

Первая проблема заключается в том, что существующие системы управления цепочками поставок могут быть несовместимы с технологией блокчейн. Это означает, что для успешного внедрения блокчейна компаниям придется модернизировать свою инфраструктуру и пересмотреть бизнес-процессы. Это может потребовать значительных ресурсов и времени, что зачастую оттягивает процесс внедрения до тех пор, пока технология не станет более широко принята в отрасли.

Вторая проблема связана с необходимостью участия всех партнеров в цепочке поставок. Для полноценной работы с блокчейном необходимо договориться и согласовать действия со всеми участниками. Однако не все компании стремятся к такому уровню прозрачности, что может создать препятствия для успешного внедрения.

Третья проблема состоит в управлении изменениями после внедрения блокчейна. Компаниям придется интенсивно обучать своих сотрудников новой системе. Это требует разработки обучающих программ, а также выделения ресурсов и времени на их проведение.

Выводы

В заключение следует отметить, что технология блокчейн обладает значительным потенциалом для улучшения логистики и управления цепочками поставок. Она позволяет

повысить прозрачность, безопасность и эффективность операций. Однако для успешного внедрения необходимо преодолеть ряд технических и организационных вызовов, связанных с высокой стоимостью, необходимостью интеграции с существующими системами и сотрудничеством между участниками цепочки. Примеры успешных проектов показывают, что при правильном подходе блокчейн может существенно трансформировать отрасль и принести значительные преимущества.

Литература

1. Longer Delivery Times Reflect Supply Chain Disruptions / IMF (imf.org) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2021/10/25/longer-delivery-times-reflect-supply-chain-disruptions>
2. Болховитинов, С. Б. Логистика и управление цепями поставок / С. Б. Болховитинов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mipt.ru/upload/1bb/f_fy3g-argxабmq5q.pdf
3. A Concise History of Blockchain Technology / Matthew Baggetta [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blockgeeks.com/guides/history-of-blockchain/>
4. Что такое смарт-контракты? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/448056/>

5. Blockchain Technology Implementation in Logistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/331325030_Blockchain_Technology_Implementation_in_Logistics

6. Как Блокчейн Помогает в Логистике / Merehead [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20230528214645/https://merehead.com/ru/blog/how-blockchain-helps-in-logistics/>

7. Кейсы Использования Maersk Blockchain / Merehead [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20230529085917/https://merehead.com/ru/blog/maersk-blockchain-use-cases/>

8. TradeLens (блокчейн-платформа) / Tadviser (tadviser.ru) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:TradeLens_\(блокчейн-платформа\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:TradeLens_(блокчейн-платформа))

9. GSBN: Блокчейн-платформа для контейнерных перевозок / Tadviser (tadviser.ru) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:GSBN:_Блокчейн-платформа_для_контейнерных_перевозок

10. Топ-5 блокчейн проектов в сфере логистики / Digiforest [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digiforest.io/blog/blockchain-in-logistics>

Коржевич В.В., Боднар А.В. Обзор эффективности применения технологии блокчейн в логистике и управлении цепочками поставок. В данной статье проведен комплексный анализ эффективности применения технологии блокчейн в сфере логистики и управления цепочками поставок. Обозначена роль блокчейна в улучшении логистики и цепочек поставок. Изучены особенности технологии, проанализированы примеры ее применения и дана оценка их эффективности. Рассмотрены проблемы и трудности, возникающие при внедрении блокчейна в цепочки поставок. Сформулированы выводы о возможности и целесообразности применения.

Ключевые слова: логистика, цепи поставок, блокчейн, смарт-контракт.

Korzhevich V.V, Bodnar A.V. Review of the effectiveness of blockchain technology application in logistics and supply chain management. This article provides a comprehensive analysis of the efficiency of blockchain technology application in the field of logistics and supply chain management. The role of blockchain in improving logistics and supply chains is outlined. The features of the technology are studied, examples of its application are analyzed and their effectiveness is evaluated. The problems and difficulties encountered in the implementation of blockchain in the supply chain are considered. Conclusions have been formed about the possibility and expediency of application.

Keywords: logistics, supply chain, blockchain, smart contract.

Статья поступила в редакцию 14.05.2024
Рекомендована к публикации профессором Мальчевой Р. В.

Виртуальная образовательная IT-инфраструктура на базе персональных компьютеров

П. Б. Жданович, О. А. Петрухина
Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград
e-mail: pavel@12winds.ru, oksana01december@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассматриваются проблемы построения виртуальной образовательной IT-инфраструктуры на базе персональных компьютеров образовательного учреждения. Обосновывается целесообразность перевода изучения информационных технологий в виртуальную среду. Рассматриваются некоторые задачи управления жизненным циклом виртуальных ресурсов. Сформулированы выводы о возможности и целесообразности применения. Намечены перспективы дальнейших исследований и внедрения результатов.

Введение

Проблема управления IT-инфраструктурой в образовательных учреждениях всегда стояла достаточно остро, особенно на профильных IT-специальностях, однако ее решением занимались не так активно, как в других сферах деятельности, например, в бизнесе, государственном управлении или медицине. В то же время, образовательные информационные системы устроены зачастую сложнее, чем корпоративные, и требуется больше затрат и усилий для того, чтобы информационная система эффективно решала вопросы основной, образовательной деятельности.

В образовательном учреждении, можно выделить три сущности: обучающиеся, компьютеры и изучаемые предметы. Эти сущности находятся в отношении «многие ко многим», а именно:

обучающийся в разное время работает на разных компьютерах, не имея своего, закрепленного за ним, рабочего места, и каждый компьютер используется несколькими обучающимися;

пользователь изучает несколько IT-дисциплин, и одна и та же дисциплина изучается несколькими пользователями;

компьютер используется при изучении нескольких дисциплин, и каждая дисциплина изучается на нескольких компьютерах.

Во многих случаях преподаватели имеют свободу выбора программного обеспечения для своих дисциплин. Тогда к трем перечисленным сущностям добавляется четвертая. Их список можно расширять дальше. Бывает так, что в рамках одного курса предусмотрено поочередное использование нескольких систем разработки приложений, операционных систем или несколько аналогичных друг другу прикладных программных систем. Например,

при изучении предмета «Алгоритмизация и основы программирования» могут параллельно использоваться Eclipse и Visual Studio, для предмета «Операционные системы» — разные операционные системы (например, Linux, Windows), для дисциплины «3D-моделирование и печать» — Blender, Ultimaker Cura, FreeCad, офисные системы LibreOffice, Microsoft Office.

Наконец, наличие компьютеров различной конфигурации, а нередко и различных поколений, вынуждает образовательные учреждения параллельно использовать различные версии одного и того же программного обеспечения.

Проблемы, возникающие в силу перечисленных обстоятельств, рассмотрены в работе [4], где один из авторов настоящей статьи и его соавтор предлагают в качестве их решения переход к виртуальной образовательной инфраструктуре.

Технология виртуализации позволяет создавать на одном физическом компьютере (рабочей машине) несколько изолированных виртуальных сред, называемых виртуальными машинами (ВМ), каждая из которых имитирует полноценный компьютер с собственной операционной системой. Благодаря этому на одном аппаратном обеспечении могут одновременно функционировать различные операционные системы, работающие независимо друг от друга. Каждая ВМ воспринимает выделенные ей ресурсы как отдельный физический компьютер, хотя на самом деле они предоставляются общим аппаратным обеспечением. Виртуализация дает возможность запускать на одной аппаратной платформе различные приложения, каждое из которых написано под конкретную операционную систему [3].

Среда, которая обеспечивает работу одной или одновременно нескольких виртуальных

машин на физическом компьютере, называется гипервизором. Наиболее известны VMware, KVM, Xen, Oracle VirtualBox, Microsoft Hyper-V [7].

Использование виртуальных машин дает целый ряд преимуществ [6]. Перечислим некоторые из них:

- при виртуализации снижается вероятность нарушений безопасности (утечка данных или несанкционированный доступ), так как подключение внешних устройств и сеть контролируются на уровне гипервизора;

- виртуальные машины могут быть легко созданы и перенесены на другой хост, что позволяет легко осуществлять миграцию готовой, настроенной компьютерной среды;

- эффективное использование доступных вычислительных ресурсов хоста, когда один физический сервер обеспечивает работу нескольких виртуальных серверов, приводит к снижению затрат на модернизацию и техобслуживание;

- высокая масштабируемость достигается несколькими путями: тиражированием виртуальных машин, выделением для них новых аппаратных ресурсов (память, сеть, диски, CPU) на хост-системе или переносом любой из них на хост, имеющий больше аппаратных ресурсов;

- виртуализация предлагает совершенно иные возможности по управлению IT-инфраструктурой: создание, настройка, запуск, приостановка, возобновление работы, удаление виртуальных машин, работа с консолью VM могут выполняться как с консоли гипервизора, так и удаленно, с использованием гибких и мощных утилит и Web-приложений;

- виртуальная инфраструктура гораздо более отказоустойчива, чем традиционная.

Помимо резервного копирования виртуальных носителей, которое легко осуществить, широко используются форматы файлов виртуальных образов с поддержкой мгновенных снимков. Процесс восстановления гипервизора достаточно прост и сводится к быстрой (пере)установке хост-системы с минимумом программного обеспечения и к последующему восстановлению полных копий виртуальных машин. Гипервизоры можно объединять в отказоустойчивые кластеры с возможностью живой миграции виртуальных ресурсов между узлами.

Следует отметить и ограничения, которые могут сдерживать процесс развертывания виртуальной IT-инфраструктуры:

- для управления виртуальными машинами требуются соответствующие специалисты;

- работа приложений в виртуальной среде происходит с некоторой потерей производительности, особенно в случае, когда

осуществляется эмуляция процессорной архитектуры;

- гипервизоры, как правило, устанавливаются на серверы, и в этом случае для размещения существенного количества VM требуется приобрести дорогостоящее аппаратное обеспечение или прибегнуть к услугам облачных провайдеров.

Особенности образовательной виртуальной инфраструктуры для изучения IT-дисциплин делают использование услуг IaaS-провайдеров экономически неоправданным [4]. Альтернативный подход, основанный на концепции распределенного облака, описан в статье [5].

Ряд университетов пошли по пути создания частного IaaS-облака, размещая виртуальные машины в собственных дата-центрах [1].

В настоящей работе мы описываем построение образовательной виртуальной IT-инфраструктуры без создания дата-центра, на базе парка персональных компьютеров, который использовался в учебном процессе на факультете Математики, информатики и физики Волгоградского социально-педагогического университета.

Проектирование виртуальной образовательной инфраструктуры

Процесс работы с виртуальной IT-инфраструктурой образовательного учреждения можно эскизно охарактеризовать следующим образом. Каждый персональный компьютер в аудитории превращается в гипервизор, на котором заранее размещается тот или иной набор виртуальных машин. Вместо того, чтобы работать с единственной операционной системой, установленной на компьютере в аудитории, студент работает интерактивно с консолью гипервизора и запускает ту виртуальную машину, которая нужна ему в данный момент для выполнения учебного задания. VM может запускаться и дистанционно, обслуживаемым персоналом, или по расписанию. В каждый момент времени на физическом компьютере работает не более одной VM. Преподаватель во время занятия может удаленно контролировать работу студента, взаимодействуя с его консолью при помощи одного из протоколов удаленного доступа. По окончании занятия работа VM завершается. После выполнения всех учебных заданий (например, во время каникул) старые виртуальные машины заменяются на новые.

Развертывание системы происходило в двух компьютерных аудиториях (обозначим их через A1 и A2), в каждой из которых находилось по 12 персональных компьютеров со следующими аппаратными характеристиками:

процессор	Intel(R)
Pentium(R) CPU G840 @ 2.80GHz	
память	4GiB, DIMM 1333 MHz
(0,8 ns)	
жесткий диск	250GB, SATA
сеть	Ethernet,
1Gbit/sec или 100Mbit/sec	
графика	Intel Integrated Graphics
Controller.	

Срок эксплуатации этих компьютеров к моменту начала работы превысил 10 лет.

Работа проводилась в несколько этапов.

На первом этапе мы установили на один компьютер в аудитории А1 свободную операционную систему Debian 11 на ядре Linux с гипервизором KVM [2]. Система заняла 36GB. Оставшееся пространство было отведено для образов виртуальных машин. При наличии всего-лишь 4GB оперативной памяти необходимо было обеспечить запуск только самых необходимых служб на гипервизоре и уменьшить до минимума объем RAM, выделяемый встроенной видеокарте. В конечном итоге мы пришли к конфигурации гипервизора, на котором не запускается никакого менеджера рабочих столов, а работа с консолью VM осуществляется при помощи графического приложения virt-viewer, запущенного в kiosk mode.

Второй этап предполагал создание отдельных виртуальных машин для изучения определенных IT-дисциплин, руководствуясь принципами минимальности [4]. Однако, в силу организационных причин, четкого перечня программного обеспечения, необходимого для изучения каждой конкретной дисциплины, получить заранее не удалось. На этапе пробной эксплуатации приходилось устанавливать новое ПО на уже готовые виртуальные машины.

Для изучения основного комплекса предметов была подготовлен шаблон виртуальной машины Windows 7 Professional с необходимым набором прикладного программного обеспечения. Работа с такими VM происходит коллективно, без прав администратора.

Еще одна виртуальная машина с той же ОС и минимальным составом ПО была создана для проведения лабораторных работ по дисциплине «Компьютерные сети». Эта VM предназначалась для индивидуального использования, так как в процессе работы с правами администратора обучающийся может существенно изменить ее конфигурацию или привести ее в неработоспособное состояние.

Для проведения занятий по компьютерной графике была подготовлена VM под управлением Debian 11, на которой были установлены Blender, GIMP, системы нелинейного аудио- и видеомонтажа.

В аудитории А2 ранее использовалась Windows 10 Professional, поэтому решено было развернуть там виртуальные машины для коллективного использования под управлением той же операционной системы. Был создан шаблон виртуального образа, содержащий набор программного обеспечения, необходимый для проведения большинства занятий.

Для поддержки дисциплин «Администрирование компьютерных систем» и «Информационная безопасность» были созданы шаблоны виртуальных машин под управлением Windows 7 Professional и Debian 12. Эти VM предназначались для индивидуального использования.

Конфигурация виртуальных машин

Все виртуальные машины работали в режиме паравиртуализации и использовали virtio.

Размер образа для VM с Windows составил 25-35 GB, с Linux — от 10 до 32 GB.

Объем оперативной памяти, выделяемый гипервизором виртуальной машине, составлял 3GB и подбирался опытным путем. Чрезмерно большой объем приводил к тому, что в определенные моменты виртуальная машина «уходила в swap», т.е. часть данных перемещалась в пространство подкачки, и это приводило к полной и необратимой потере работоспособности запущенной машины.

Виртуальные машины использовали свои встроенные механизмы подкачки. На гипервизоре были созданы два виртуальных диска того же объема, что и выделяемая машинам оперативная память. Один подключался ко всем Windows-машинам и использовался как диск с файловой системой NTFS, на котором размещался файл подкачки. Другой диск подключался ко всем Linux-машинам и автоматически монтировался как пространство подкачки.

При составлении конфигурации для VM под управлением Windows нам приходилось во всех случаях указывать один и тот же виртуальный процессор, например, kvm64, в то время как Linux-машинам мы позволяли «видеть» процессор хост-системы. Причина в том, что при переносе VM с Windows на другой гипервизор гостевая операционная система начинала требовать повторной активации, если у нее менялся тип CPU. На момент написания данной работы эта процедура сильно затруднена из-за ухода компании Microsoft с российского рынка. С виртуальными машинами под управлением Linux подобных проблем не возникает.

При подготовке шаблонов образов виртуальных машин оставляется только минимальный набор автоматически запускаемых

служб. В системах Windows отключалось большинство заданий, назначенных по умолчанию для запуска при загрузке системы, при создании профиля пользователя, при входе пользователя в систему и т. д. Некоторые из них осуществляли настройку подключения к облачным службам Microsoft, другие проверяли целостность системы. Отключались встроенные средства защиты Windows. Стороннее ПО для комплексной защиты операционной системы не устанавливалось. Такой подход мы считаем оправданным, так как виртуальная машина:

- является временным объектом ИТ-инфраструктуры, она обладает коротким жизненным циклом (от нескольких недель до полугода), в течение которого вероятность вирусной атаки на нее существенно снижается,

- является расходуемым ресурсом, т. е. не хранит важных данных, и в течение нескольких минут может быть заменена на новую,

- работает под управлением гипервизора, который осуществляет ее сетевую защиту и ограничивает подключение к ней внешних

носителей, которые могут содержать вредоносные программы.

Вопросы комплексной защиты виртуальной образовательной инфраструктуры выходят за рамки настоящей работы и требуют отдельного освещения.

Развертывание инфраструктуры

Так как аппаратная конфигурация компьютеров в аудиториях была идентичной, системное ПО гипервизора устанавливалось на остальные компьютеры клонированием. Затем клонировались шаблоны виртуальных машин.

На каждом компьютере в аудитории А2 были размещены шаблоны VM Windows 10, Windows 7 и Debian 12.

Операционная система Windows 7 изучалась на занятиях по администрированию, поэтому каждый студент, занимавшийся на компьютере, получал свою индивидуальную копию VM и администраторские права на нее.

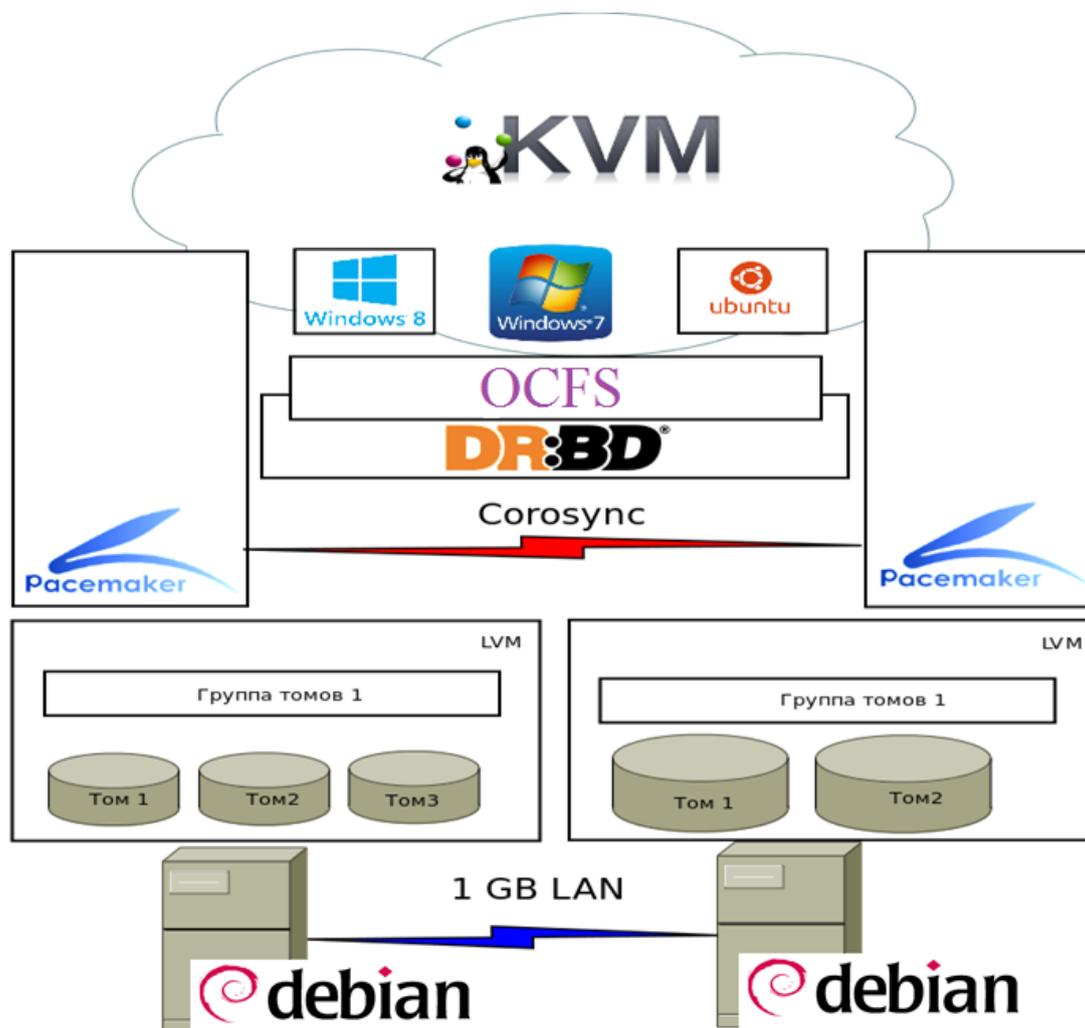


Рисунок 1 - Размещение виртуальных машин

Подчеркнем, что клонирование виртуальных машин с Windows осуществлялось в строгом соответствии с количеством имеющихся лицензий. Наличие на каждом гипервизоре нескольких копий Windows не требует увеличения количества лицензий, так как в каждый момент времени работает не более одной копии Windows на одном физическом компьютере.

Для клонирования применялись утилиты `udp-sender` и `udp-receiver` из пакета `udrcast`. Один хост транслирует файл в локальную сеть при помощи широковещательных `udp`-пакетов. Все остальные хосты получают эти пакеты одновременно, и таким образом запись файла ведется параллельно на всех подключенных компьютерах. Это позволяет передать файл или содержимое блочного устройства на любое количество хостов практически за одинаковое время.

На скорости 1GB/sec на тиражирование любого из созданных нами шаблонов образов виртуальных машин уходило менее 10 минут. Таким образом, нам удалось подобрать такой размер образа VM, при котором машина может быть растиражирована на все нужные компьютеры в течение перемены между занятиями, что позволяет обеспечить проведение занятия, даже если оно не было запланировано заранее.

Отметим, что перед тиражированием необходимо поместить все задействованные компьютеры в отдельный VLAN, иначе нарушается работоспособность всей локальной сети.

Также необходимо заметить, что вышеперечисленные утилиты позволяют производить тиражирование файлов по частям.

Вместе с образом VM на целевой компьютер должна быть скопирована её конфигурация. После тиражирования конфигурационного файла необходимо обеспечить уникальность всех заданных в нем идентификаторов. В частности, это касается MAC-адресов виртуальных сетевых адаптеров.

Управление виртуальными машинами

В целях экономии оперативной памяти автозапуск менеджера дисплеев на персональных компьютерах-гипервизорах был отключен. Для управления виртуальными машинами была написана система из четырех коротких команд, которые пользователь может легко запомнить:

`vmist` — показать список всех виртуальных машин на гипервизоре,

`vmstart имя_машины` — запустить виртуальную машину с указанным именем,

`vmdisplay` — запустить программу для взаимодействия с рабочим столом работающей VM,

`vmstop` — остановить работающую VM.

Для централизованного управления виртуальными ресурсами была создана консоль управления в виде VM под управлением Debian 11. С её помощью можно управлять персональными гипервизорами, используя графическую утилиту `virt-manager`, а также выполнять на них необходимые команды в консольном режиме, включая:

- пробуждение компьютера по сети (`wake on LAN`),
- запуск определенной виртуальной машины на выбранном множестве гипервизоров,
- остановку определенной виртуальной машины на выбранном множестве гипервизоров,
- завершение работы выбранного множества гипервизоров.

В настоящее время работа над консолью продолжается. Планируется автоматизировать тиражирование VM, клонирование из шаблонов, управление доступом пользователей, как через текстовую консоль, так и с помощью Web-интерфейса.

Опыт эксплуатации

К моменту подготовки данной статьи описанная инфраструктура эксплуатируется в аудиториях A1 и A2 в течение трех и двух семестров, соответственно. За это время удалось оптимизировать ряд параметров конфигурации гипервизоров и виртуальных машин для обеспечения нужной производительности. Наблюдались отдельные трудности, которые возникали при освоении новых привычек и навыков у студентов и преподавателей, а также у учебно-вспомогательного персонала при управлении операциями. Эти трудности носили временный характер.

В настоящее время ведется работа по использованию построенной инфраструктуры в дистанционном обучении

Литература

1. Miseviciene, R. Educational Infrastructure Using Virtualization Technologies: Experience at Kaunas University of Technology/ Regina Miseviciene, Danute Ambraziene, Raimundas Tuminauskas, Nerijus Pažereckas // *Informatics in Education*, Vol. 11, No. 2, pp 227-240.

2. What is KVM // `redhat` [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.redhat.com/en/topics/virtualization/what-is-KVM> (дата обращения: 10.05.2024).

3. Гордиевск, В. М. Сущность, структура и классификация современных технологий виртуализации / В.М. Гордиевск // *Вестник*

Шадринского государственного педагогического университета. – 2015. – № 1. – С. 125–133.

4. Жданович, Д. П. О проектировании виртуальных ресурсов облачной образовательной инфраструктуры / Д. П. Жданович, П. Б. Жданович // Информатика и кибернетика. – 2018. – № 3(13). – С. 42-49.

5. Жданович, П. Б. Распределённое образовательное IaaS-облако для изучения информационных технологий / П. Б. Жданович, С. Ф. Жданович // Восемнадцатая конференция. Свободное программное обеспечение в высшей школе : Тезисы докладов материалов

конференции, Переславль-Залесский, 27–29 января 2023 года – Москва: ООО "МАКС Пресс", 2023. – С. 67-69.

6. Зайков, С. Г. Организация лабораторных работ с применением виртуальных машин для подготовки студентов технических специальностей / С. Г. Зайков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2009. – № 4. – С. 225-228.

7. Николаев, А. М. Анализ и сравнение популярных гипервизоров / А.М. Николаев, Д.Д. Савицкий // Молодой ученый. – 2023. – № 24. – С. 23–25.

Жданович П.Б., Петрухина О.А. Виртуальная образовательная IT-инфраструктура на базе персональных компьютеров. В данной статье проведен комплексный анализ эффективности применения технологии блокчейн в сфере логистики и управления цепочками поставок. Обозначена роль блокчейна в улучшении логистики и цепочек поставок. Изучены особенности технологии, проанализированы примеры ее применения и дана оценка их эффективности. Рассмотрены проблемы и трудности, возникающие при внедрении блокчейна в цепочки поставок. Сформулированы выводы о возможности и целесообразности применения.

Ключевые слова: виртуализация, гипервизор, виртуальная машина, свободное программное обеспечение.

Zhdanovich P.B., Petrukhina O.A. Virtual educational IT infrastructure based on personal computers. This article provides a comprehensive analysis of the effectiveness of the use of blockchain technology in the field of logistics and supply chain management. The role of blockchain in improving logistics and supply chains is outlined. The features of the technology are studied, examples of its application are analyzed and their effectiveness is evaluated. The problems and difficulties encountered in the implementation of blockchain in the supply chain are considered. Conclusions have been formed about the possibility and expediency of application.

Keywords: virtualization, hypervisor, virtual machine, free software, IaaS.

Статья поступила в редакцию 28.05.2024
Рекомендована к публикации профессором Мальчевой Р. В.

УДК 531.391

Одномассовая вибромашина с инерционным приводом и билинейной характеристикой упругих связей

В. Н. Беловодский, С. Л. Букин
e-mail: v.belovodskiy@gmail.com

Аннотация

Рассмотрена одномассовая нелинейная вибрационная машина с центробежным вибровозбудителем и билинейной характеристикой упругих связей. Проведено моделирование её колебаний в зонах сложных резонансов. Установлено многообразие режимов суб- и супергармонического типа. Отмечены широкие полигармонические возможности такой системы, а также невысокие требования, как к величине возмущающих усилий, так и степени нелинейности упругой характеристики необходимых для возбуждения выраженных полигармонических вибраций. Приведены иллюстрации, подтверждающие эти выводы. Изложенные результаты могут оказаться полезными при проектировании нелинейных вибрационных машин различного технологического назначения.

Общая постановка проблемы

Несимметричные полигармонические колебания, возбуждаемые в линейных и нелинейных колебательных системах, часто используются в вибрационных машинах, осуществляющих такие технологические операции, как сепарация полезных ископаемых, в частности на концентрационных столах, виброперемещение материалов, прежде всего трудно транспортируемых, обработка и уплотнение асфальто- и цементно-бетонных смесей и пр. [1].

Среди условий, приводящих к возникновению направленного движения обрабатываемого материала под действием вибрации, особое место занимает асимметрия свойств системы, которые можно условно разделить на четыре типа [2]. Внимание привлекает «временная» асимметрия

возбуждения, когда закон колебаний во времени асимметричен относительно середины каждого цикла.

Анализ методов возбуждения асимметричных колебаний рабочих органов вибромашин позволяет утверждать, что перспективы имеют нелинейные системы, способные генерировать не только подобный вид колебаний, но и реализовывать ряд вибрационных эффектов, таких как возбуждение полигармонических вибраций при моногармонических внешних силах, реализация суб- и супергармонических резонансов и т.д. К наиболее простым способам формирования нелинейности является использование в структуре машины нелинейных упругих связей, которые обычно разделяют на симметричные и асимметричные. Некоторые из вариантов характеристик таких связей приведены на рис. 1.

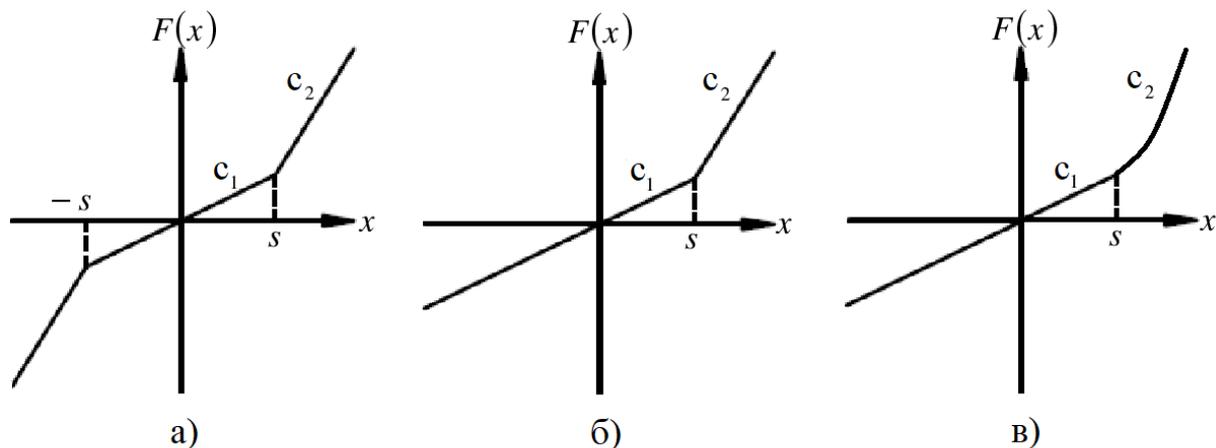


Рисунок 1 - Варианты нелинейных упругих характеристик нелинейных систем:
а - трёхступенчатая симметричная; б - билинейная с изломом в точке s ; в - асимметричная

Анализ известных источников

Целенаправленное изучение колебательных систем с нелинейными упругими связями началось в середине XX века. Первоначально в большей части работ рассматривалась симметричная система упругих элементов, установленных с зазором (рис. 1, а). Такая система, относящаяся к кусочно-линейным, в частности к трёхступенчатым симметричным, стала практически традиционной в большинстве вибромашин данного класса. Основными структурными элементами в них являются буферные элементы из эластомеров.

Исследованию нелинейных механических колебательных систем с симметричными и асимметричными упругими связями уделяли внимание ряд отечественных и зарубежных учёных, в частности, В. И. Бересневич, И. И. Вульфсон, М. В. Закржевский, Ю. И. Иориш, М. З. Коловский, Б. И. Крюков, Я.Г. Пановко, Г.Я. Пановко, В.Н. Потураев, В.К. Пресняков, З.Е. Филер, В. П. Франчук, М. В. Хвингия, С. Л. Цыфанский, А. Г. Червоненко, Т. D. Gilliam, А. Н. Nayfeh, К. Ragulskis, L. Ragulskis и многие другие. Результаты их исследований опубликованы в ряде статей и обобщающих монографий, библиография этих авторов очень обширна. В этих работах рассмотрены основные вопросы теории нелинейных колебаний и практики создания нелинейных вибромашин. В частности установлено, что в симметричных нелинейных системах кроме существенного повышения стабильности при работе в области резонанса, возможно возбуждение суб- и супергармонических колебаний, которые позволяют существенно повысить технологические результаты при применении таких машин. Для систем с несимметричными упругими характеристиками частотные области существования субгармонических колебаний могут быть значительно шире, чем для симметричных систем. Наиболее значительные субгармонические колебания проявляются на частотах, близких к кратным частоте свободных колебаний.

Нелинейные системы и методы их исследования в наше время составляют развивающуюся ветвь теории колебаний [3]. Сложность изучения этих систем и их инженерного расчёта значительно выше, чем линейных. Это объясняется тем, что за исключением некоторых частных случаев, обычно не представляющих большого практического интереса, отсутствуют точные решения системы нелинейных дифференциальных уравнений. Поэтому при их исследовании широко применяются

приближенные методы, как численные, так и аналитические.

Исследования нелинейных колебательных систем во второй половине прошлого века привели к созданию разнообразных типов вибрационных машин, объединённых в единый класс резонансных машин. Несмотря на то, что в настоящее время интерес к таким машинам несколько снизился, изучение систем с симметричной упругой характеристикой продолжается.

Что касается колебательных систем с асимметричной упругой связью, то в последние годы, наоборот, наблюдается повышение интереса к их изучению. Это, прежде всего, касается поиска и подбора подходящих вариантов формирования упругой характеристики, например, линейно-нелинейной (рис. 1, в). Так, в работе [4] рассмотрена вибромашина с упругой системой, выполненной в виде комбинации конической и цилиндрической металлических пружин сжатия, причём её упругая характеристика относится к асимметричному типу. Проведённое исследование субгармонических резонансов порядка 1:2 выявило возможность их самовозбуждения.

В этой связи рассмотрение особенностей применения новых упругих систем, отличающихся, прежде всего, конструктивной простотой, а также позволяющих максимально использовать возможности, присущие нелинейным колебательным системам, является актуальной научно-технической задачей. Решение данного вопроса позволит существенно повысить целый ряд показателей качества вибромашин, используемых в различных отраслях промышленности.

В данной работе нелинейность предлагается обеспечивать путем комбинации цилиндрических стальных пружин различной жёсткости. Колебательная система с восстанавливающей силой, имеющей билинейную характеристику, является простейшей нелинейной системой, но, тем не менее, и она является не до конца изученной [5]. Целью работы является демонстрация возможностей таких систем в части реализации полигармонических вибраций.

Описание колебательной системы

Расчётная динамическая схема колебательной системы приведена на рис. 2. Рабочий орган 1 вибромашины, жёстко соединённый с корпусом инерционного вибровозбудителя 2, установлен на неподвижном основании 3 при помощи опорных рычагов 4.

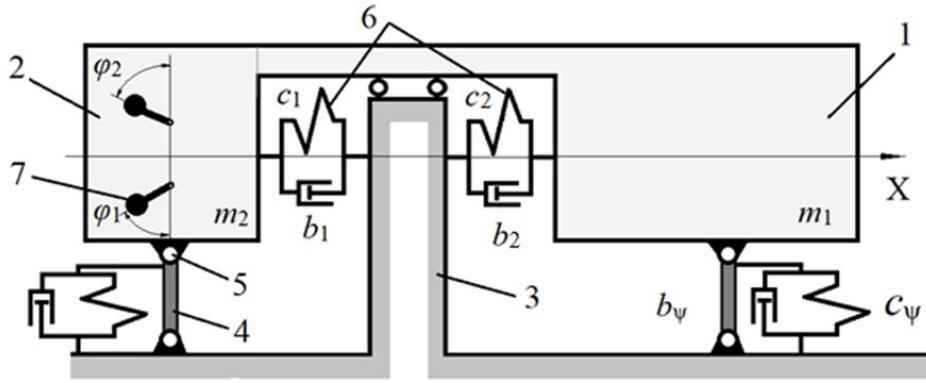


Рисунок 2 - Расчётная динамическая схема колебательной системы:
 1 - рабочий орган; 2 - корпус вибровозбудителя; 3 - основание; 4 - опорный рычаг;
 5 - резинометаллический шарнир; 6 - основная упругая связь; 7 - вибровозбудитель

Рычаги соединяют подвижную массу (рабочий орган совместно с вибровозбудителем) и неподвижное основание при помощи резинометаллических упругих элементов 5. Основная упругая связь 6 расположена между колеблющейся массой и неподвижным основанием. Вибропривод 7 - инерционный, самобалансный, дебалансного типа.

В состав упругой системы рассматриваемой вибромашины входит основная упругая связь подвижной массы с основанием, а также упругие рычаги, точнее резинометаллические шарниры, работающие на коаксиальное кручение.

Билинейная упругая опора (рис. 3), включает цилиндрические стальные пружины сжатия 1-3, причём две витые пружины (1 и 2) имеют одинаковую жёсткость, а одна из них (2) размещена внутри пружины с большей жёсткостью 3. Пружины расположены между центральной стойкой 7, закреплённой на опоре 8,

в свою очередь установленной на неподвижном основании 9, и между стойками 4 и 5, закреплёнными на рабочем органе 6 вибромашины. В стойке 7 размещено устройство для предварительного поджатия пружин 1 и 2 (конструкция не показана).

Пружина 3 без предварительного поджатия одной стороной крепится к стойке 7 и свободна с другой стороны, что достигается установкой опоры 10 требуемой высоты на стойке 5. При необходимости величину продольной жёсткости цилиндрических витых пружин 1 и 2 можно регулировать путём предварительного поджатия или изменением числа их активных витков. Предполагается, что величина поджатия пружин 1 и 2 превышает максимальную амплитуду колебаний, как при пуске, так и при выбеге вибровозбудителя.

Пример билинейной силовой характеристики упругой системы приведен на рис. 4.

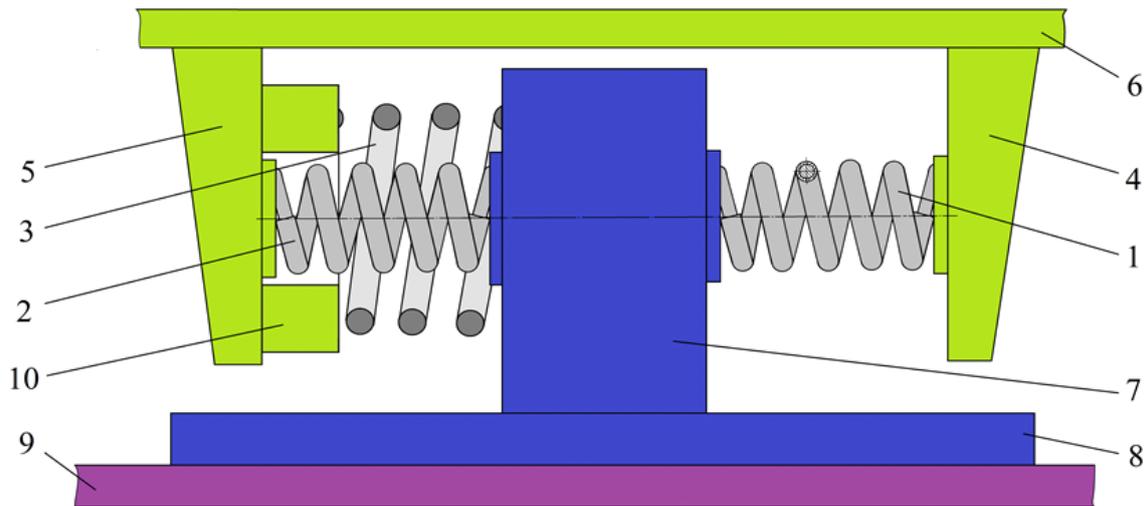


Рисунок 3 - Конструкция билинейной упругой опоры:
 1, 2, 3 - стальные пружины; 4, 5 - стойки; 6 - несущий элемент рабочего органа; 7 - стойка;
 8 - опора неподвижная; 9 - основание; 10 - опора пружины

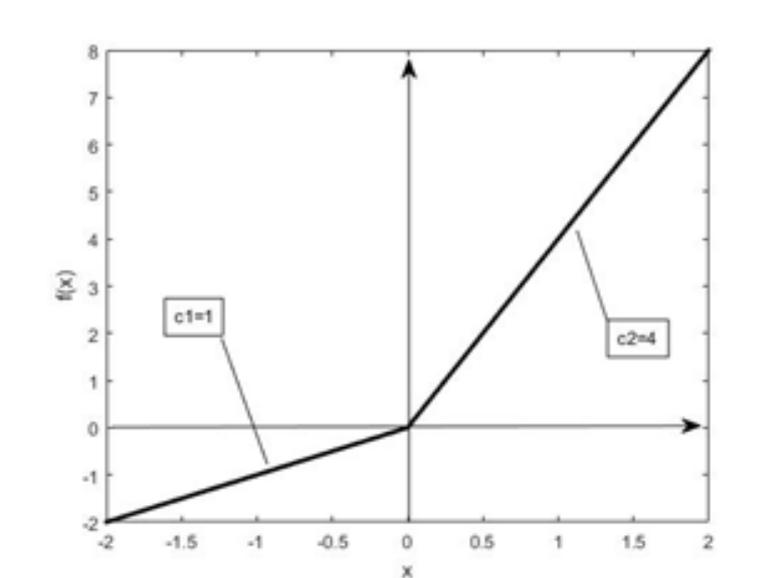


Рисунок 4 - Упругая характеристика исследуемого варианта нелинейной асимметричной основной упругой связи ($\gamma=c_2/c_1=4$)

Математическая модель колебательной системы

Рассмотрим горизонтальные перемещения рабочего органа (рис. 2), приняв традиционные допущения. Обозначим через $x(t)$ - перемещение колеблющейся массы

относительно положения покоя, тогда её движение описывается уравнением (1). После замены $x=\xi\Delta$, $\tau=\omega_0 t$, $\omega_0=(c_1/m)^{0.5}$, $\eta=\omega/\omega_0$, $\gamma=c_2/c_1$, $P_0=m_0 r/m\Delta$, $\beta=b/m\omega^2 \equiv \mu c_1/m\omega_0^2 \equiv \mu\omega_0$, получим уравнение (2) колебаний подвижной массы в безразмерной форме.

$$m\ddot{x} + \mu \left(c_1 \frac{1 - \text{sign}(x)}{2} + c_2 \frac{1 + \text{sign}(x)}{2} \right) \dot{x} + \left(c_1 \frac{1 - \text{sign}(x)}{2} + c_2 \frac{1 + \text{sign}(x)}{2} \right) x = m_0 r \omega^2 \sin(\omega t), \quad (1)$$

где m - колеблющаяся масса, состоящая из масс рабочего органа m_1 , корпуса вибровозбудителя m_2 и его неуравновешенных частей m_0 ;

r - эксцентриситет неуравновешенных частей вибровозбудителя;

μ - коэффициент сопротивления упругой системы;

c_1, c_2 - коэффициенты жёсткости упругой опоры в направлении оси -X и X, соответственно;

ω - угловая скорость вращения неуравновешенных частей.

$$\xi'' + \beta \left(\frac{1 - \text{sign}(\xi)}{2} + \gamma \frac{1 + \text{sign}(\xi)}{2} \right) \xi' + \left(\frac{1 - \text{sign}(\xi)}{2} + \gamma \frac{1 + \text{sign}(\xi)}{2} \right) \xi = P_0 \eta^2 \sin(\eta \tau). \quad (2)$$

Результаты моделирования

Теоретические исследования проводились путем численного моделирования в среде Matlab.

Для иллюстрации поведения колебательной системы на рис. 5-10 приведены диаграммы стационарных режимов движения, скоростей, ускорений и резкости рабочего органа для отдельных значений частоты возбуждения η из диапазона [0.6, 4.0] при степени нелинейности упругой характеристики $\gamma=4$. Ориентируясь на известные вибрационные машины зарезонансного типа, значение P_0 выбиралось из условия, что при частоте возмущающей силы в три раза превосходящую собственную, амплитуда колебаний рабочего органа

составляла 5-6 мм. Поэтому было принято значение $P_0=5$. Коэффициент неупругих сопротивлений $\beta=0.1$, что соответствует реальным машинам технологического назначения. Обнаружено, что в системе существуют наряду с супергармоническими колебаниями порядка 2:1 (рис. 5 - рис. 7), субгармонические колебания порядка 1:2 (рис. 8) и 1:3 (рис. 9). Следует отметить, что возможность возбуждения достаточно интенсивных колебаний в зонах сложных резонансов сохраняется и при меньших значениях степени нелинейности системы γ . Для иллюстрации ниже (рис. 10) приведены диаграммы при $\gamma=2$ и прежних величинах возмущающих усилий.

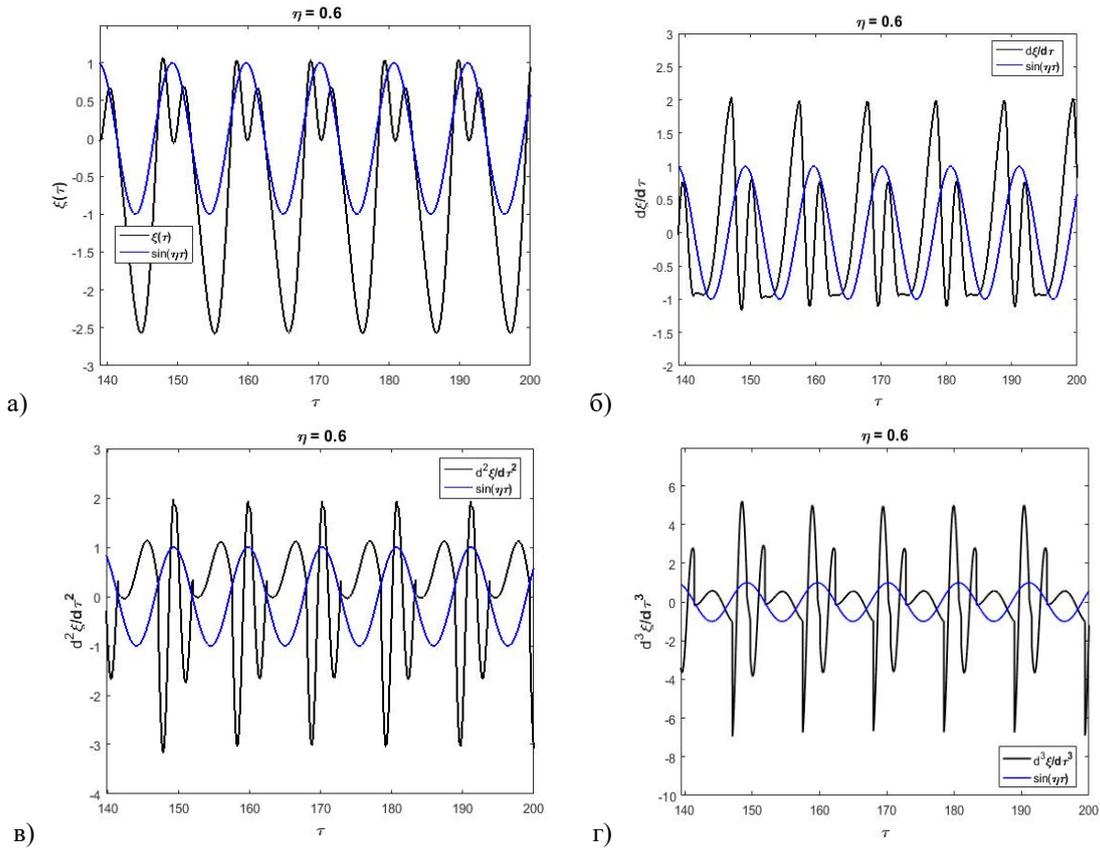


Рисунок 5 - Диаграммы колебаний рабочего органа при $\eta=0.6$ и $\gamma=4$:
 а - перемещение; б - скорость; в - ускорение; г - резкость

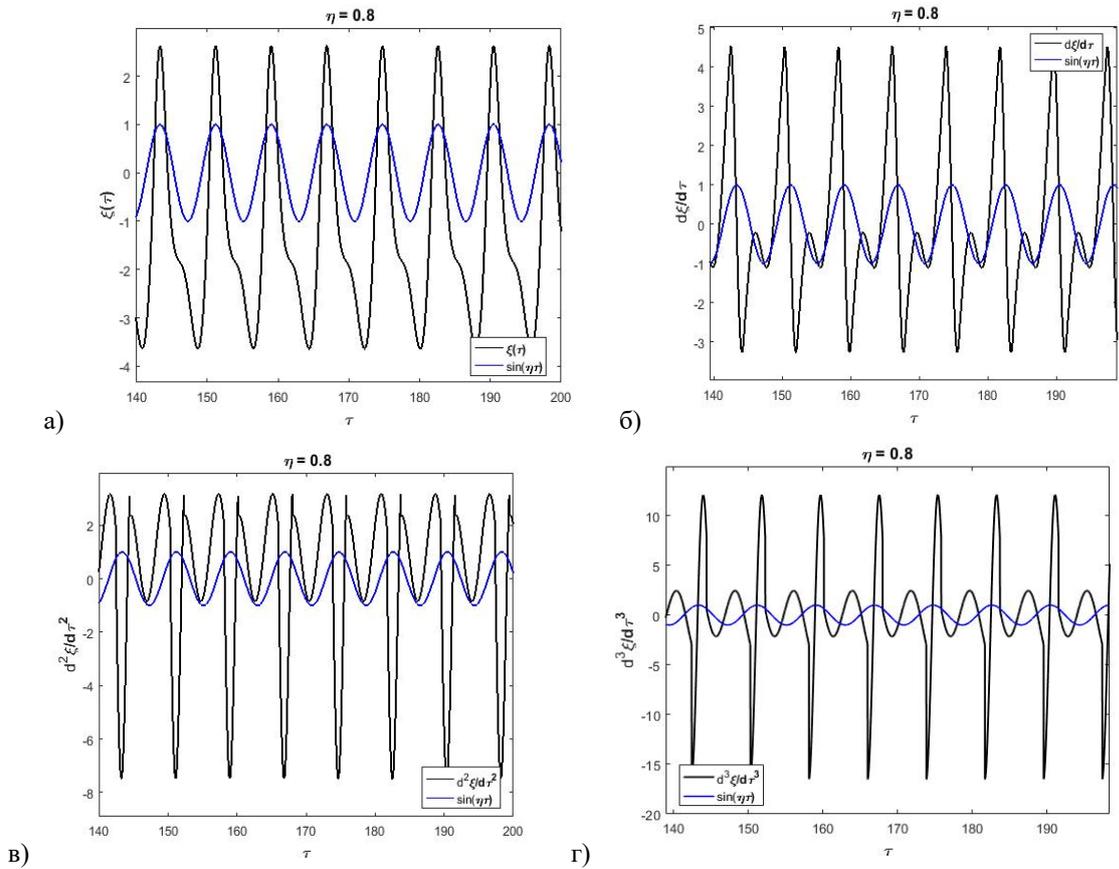


Рисунок 6 - Диаграммы колебаний рабочего органа при $\eta=0.8$ и $\gamma=4$:
 а - перемещение; б - скорость; в - ускорение; г - резкость

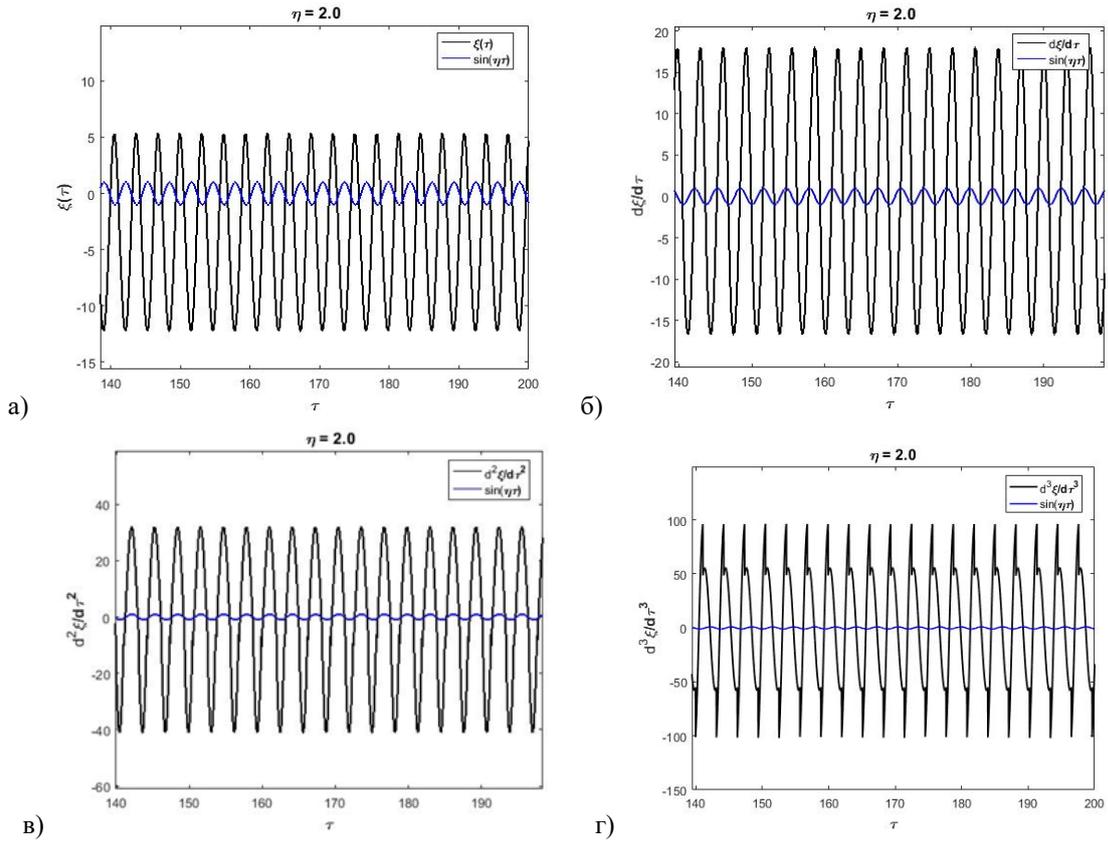


Рисунок 7 - Диаграммы колебаний рабочего органа при $\eta=2.0$ и $\gamma=4$:
а - перемещение; б - скорость; в - ускорение; г - резкость

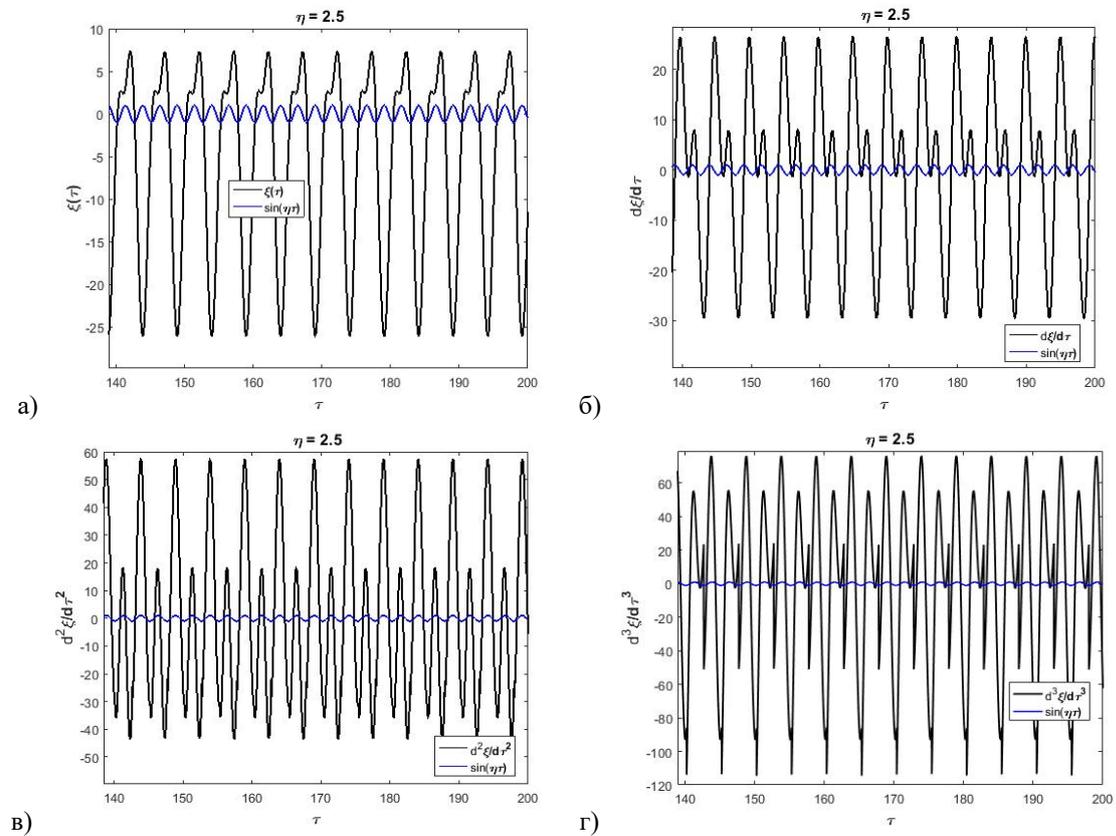


Рисунок 8 - Диаграммы колебаний рабочего органа при $\eta=2.5$ и $\gamma=4$:
а - перемещение; б - скорость; в - ускорение; г - резкость

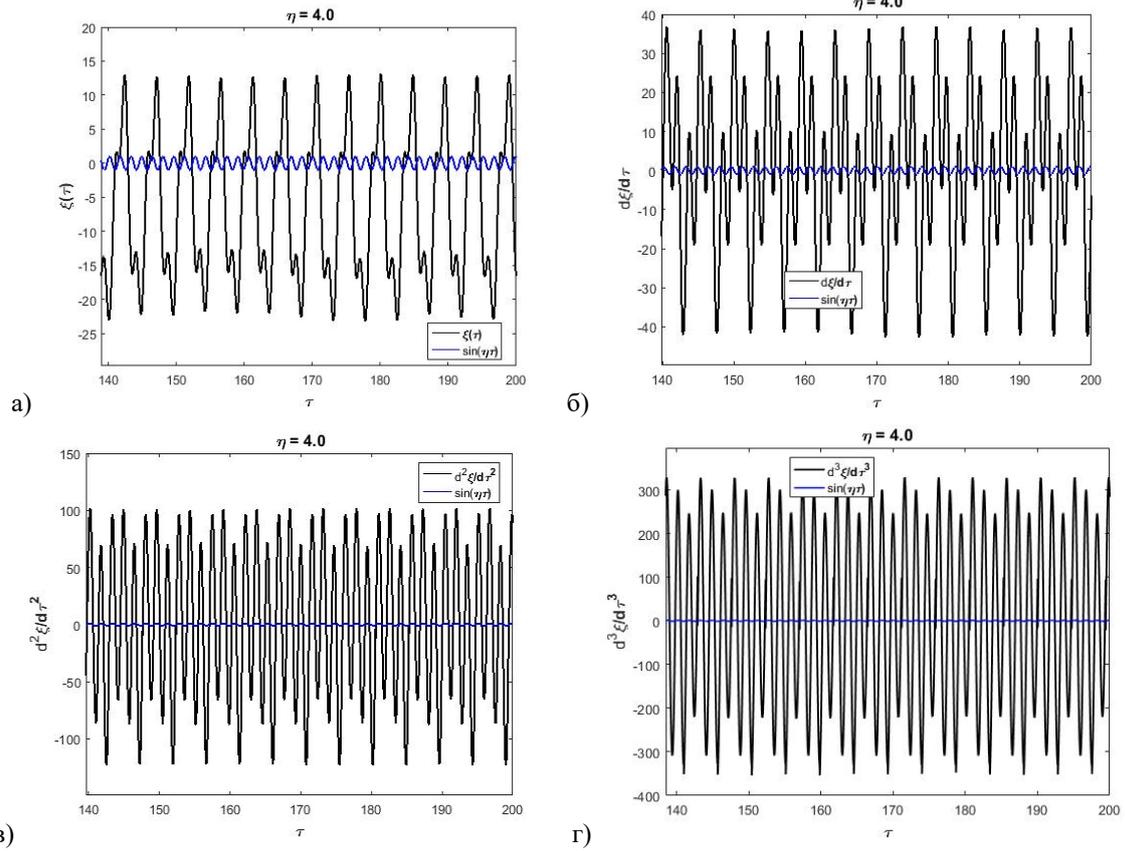


Рисунок 9 - Диаграммы колебаний рабочего органа при $\eta=4.0$ и $\gamma=4$:
 а - перемещение; б - скорость; в - ускорение; г - резкость

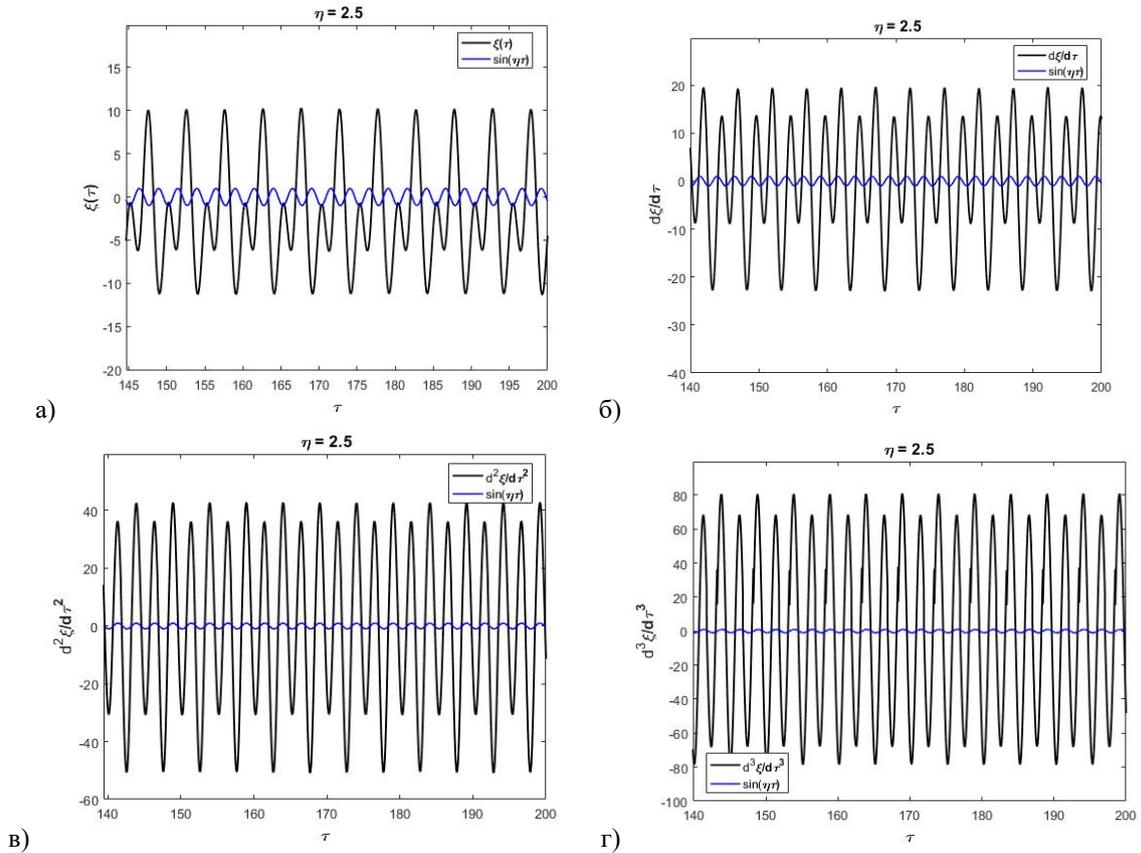


Рисунок 10 - Диаграммы колебаний рабочего органа при $\eta=2.5$ и $\gamma=2$:
 а - перемещение; б - скорость; в - ускорение; г - резкость

При практическом выборе режимов движения, в частности, при оценке возможности транспортирования материала по рабочей поверхности, можно использовать известный подход к описанию асимметрии в виде отношения пиковых значений ускорений рабочего органа [6, 7], в котором в качестве коэффициента неравномерности принимается отношение

$$k = \left(\ddot{\xi}_{-} \right)_{\max} / \left(\ddot{\xi}_{+} \right)_{\max}, \quad (3)$$

где $\left(\ddot{\xi}_{+} \right)_{\max}$, $\left(\ddot{\xi}_{-} \right)_{\max}$ - ускорение рабочего органа при прямом и обратном ходе.

Заключение

Основные результаты данной работы состоят в следующем.

Рассмотрена принципиальная схема одномассовой вибрационной машины с инерционным приводом и предложена конструкция её упругой системы билинейного типа. Для реальных параметров вибромашины, проведено исследование колебаний её рабочего органа в различных резонансных зонах.

Отмечена возможность возбуждения как суб-, так и супергармонических резонансов, продемонстрированы широкие полигармонические возможности предложенной схемы.

Обращено внимание на невысокие требования, предъявляемые как к величине возмущающих усилий, так и к степени нелинейности упругой характеристики достаточные для формирования негармонических колебаний. Это указывает на реальность использования таких упругих систем в вибромашинах различного технологического назначения. Поэтому полученные результаты могут оказаться полезными при их проектировании.

Беловодский В.Н., Букин С.Л. Одномассовая вибромашина с инерционным приводом и билинейной характеристикой упругих связей. Рассмотрена одномассовая нелинейная вибрационная машина с центробежным вибровозбудителем и билинейной характеристикой упругих связей. Проведено моделирование её колебаний в зонах сложных резонансов. Установлено многообразие режимов суб- и супергармонического типа. Отмечены широкие полигармонические возможности такой системы, а также невысокие требования, как к величине возмущающих усилий, так и к степени нелинейности упругой характеристики необходимых для возбуждения выраженных полигармонических вибраций. Обращено внимание на невысокие требования, предъявляемые как к величине возмущающих усилий, так и к степени нелинейности упругой характеристики достаточные для формирования негармонических колебаний. Приведены иллюстрации, подтверждающие эти выводы. Изложенные результаты могут оказаться полезными при проектировании нелинейных вибрационных машин различного технологического назначения.

Ключевые слова: колебательная система, нелинейные колебания, инерционный привод, упругая связь, асимметрия, билинейная характеристика, субгармоника, супергармоника.

Литература

1. Букин, С. Л. Интенсификация технологических процессов вибромашин путем реализации бигармонических режимов работы [Текст] / С. Л. Букин, С. Г. Маслов, А. П. Лютый и др. // Обогащ. полез. ископ.: Науч.-техн. сб. – 2009. – Вып. 36(77) - 37(78). – С. 81-89.
2. Пановко, Г. Я. Динамика вибрационных технологических процессов [Текст] / Ин-т машиноведения им. А. А. Благоднарова РАН; Г. Я. Пановко. – Москва: Институт компьютерных исследований; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2006. – 176 с.
3. Вульфсон, И. И. Динамика машин. Колебания: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. [Текст] / И. И. Вульфсон. – Москва: Изд-во Юрайт, 2022. – 275 с.
4. Беловодский, В. Н. Субгармонические колебания одномассовой инерционной вибромашины с асимметричной упругой опорой [Текст] / В. Н. Беловодский, С. Л. Букин // Проблемы искусственного интеллекта. – 2022. – № 2(25). – С. 4-15.
5. Хаотические, субгармонические и виброударные режимы в билинейных системах [Текст] / М. Закржевский, В. Евстигнеев, И. Щукин, Р. Смирнова, Э. Шилван // Вестник научно-технического развития. – Рига, 2008. – № 2(6). – С. 1-6.
6. Вибрации в технике: Справочник. Т.4. Вибрационные процессы и машины [Текст] / Под ред. Э. Э. Лавендела. – Москва: Машиностроение, 1981. – 509 с.
7. Беловодский, В. Н. Возбуждение полигармонических колебаний в вибромашине с нелинейной упругой связью подвижных масс нового типа [Текст] / В. Н. Беловодский, С. Л. Букин // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. - № 1(51)'2015. – С. 32-41.

Belovodskiy V.N., Bukin S.L. A single-mass vibrating machine with inertial drive and bilinear characteristic of elastic ties. *The oscillations of a single-mass vibrating machine with a centrifugal vibration exciter and bilinear asymmetric elastic ties are simulated. Diversity of sub- and superharmonic mode has been established. The wide polyharmonic possibilities of such a system are noted, as well as low requirements for both the magnitude of the disturbing forces and the degree of nonlinearity of the elastic characteristic. Attention is drawn to the low requirements imposed both on the magnitude of the disturbing forces and on the degree of nonlinearity of the elastic characteristic sufficient for the formation of inharmonic vibrations. Illustrations are provided to confirm these conclusions. The above results may be useful in the design of vibration machines for various technological purposes*

Keywords: *oscillating system, nonlinear oscillations, inertial drive, elastic coupling, asymmetry, bilinear characteristic, subharmonics, superharmonics*

*Статья поступила в редакцию 30.05.2024
Рекомендована к публикации доцентом Карабчевским В. В.*

Использование адаптивных методов оптимизации при обучении нейронной сети для задачи генерации текста

А.В. Боднар, Я.Р. Парсаданян

Донецкий национальный технический университет
кафедра программной инженерии им. Л.П. Фельдмана
Email: linabykova13@ua.ru, ypars00@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается принцип работы сети для решения задачи генерации текста, а также способ ее реализации. Для этого изучена архитектура LSTM сетей, а для более продуктивного обучения обращено внимание на адаптивные методы обучения. В результате работы проведено сравнение обучения сети с применением адаптивных методов и без использования таковых, которое позволило сделать вывод, что использование адаптивных методов значительно улучшает работу нейронной сети на этапе обучения.

Введение

Актуальность применения нейронных сетей заключается в необходимости решения плохо формализованных задач. Потенциальные области применения искусственных нейронных сетей являются – те, где человек малоэффективен, а привычные расчеты трудоемки [1].

Актуальность выбранной темы связана с активным развитием данной технологии в сфере информационных технологий. Нейронные сети – перспективное направление и решение большого количества задач человека, в их числе и задача генерации текста.

Нейронные сети для решения такой задачи достаточно объемные и требуют затраты ресурсов. Поэтому, чтобы оптимизировать работу нейронной сети на этапе обучения (при этом не должна пострадать конечная производительность), рассмотрим и применим к разрабатываемой системе адаптивные методы обучения.

Общий принцип работы нейронной сети для задачи генерации текста

Для решения задачи моделирования языка нейронная сеть должна вычислить и проанализировать вероятность последовательности символов (w_1, w_2, \dots, w_T) в языке L .

$$P(w_1, \dots, w_T) = P(w_1, \dots, w_{T-1})P(w_T | w_1, \dots, w_{T-1}) = \prod_{t=1}^T P(w_t | w_1, \dots, w_{t-1}). \quad (1)$$

Вычисление вероятности $P(w_t | w_1, \dots,$

$w_{t-1})$ для случайных t невозможно, поэтому используют приближение с помощью $P(w_t | w_{t-n}, \dots, w_{t-1})$ — вероятности следующей информации, при длине предыдущего контекста n [3].

И всё же данное решение несет за собой проблему в виде большого объема памяти, занимаемой данными сети. Описанное приближение сводит всё к n -граммным моделям (частотные распределения всех цепочек длины n , встречаемых в обучающем тексте).

Использование рекурсивных нейронных сетей – более оптимальное решение задачи моделирования языка. Данный тип сети может выучить последовательности слов без непосредственного запоминания всех слов в контексте.

Относительно n -граммных моделей рекурсивные сети экономичнее используют память, однако проблема большого места остаётся значимой. Поэтому есть смысл попытки сжатия сети для более гибкого применения на различных устройствах (с разным уровнем аппаратного обеспечения) [3].

Описание принципа работы нейронной сети архитектуры LSTM

LSTM – подвид рекуррентных нейронных сетей. В данной модели учитываются входные данные, при этом принимается во внимание предыдущий выход. При “развертке” выбранной модели мы получим последовательность повторяющихся блоков нейронной сети (рис. 1). Блок состоит из четырех слоев.

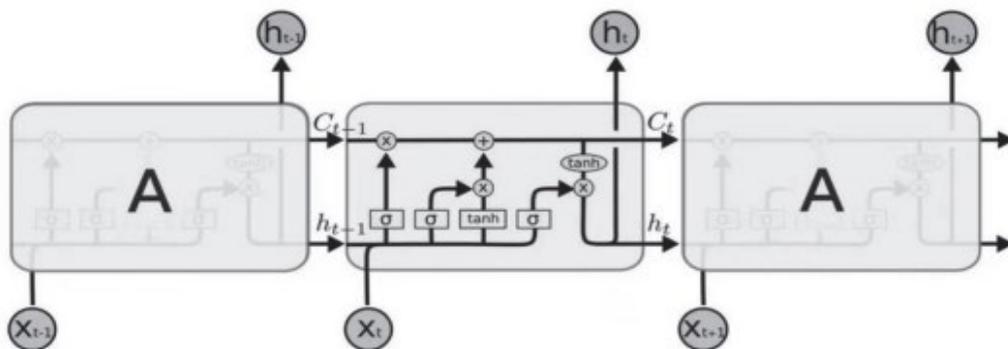


Рисунок 1 – Принцип работы и содержимое блоков LSTM [4]

На указанном рисунке:
 А – блок;
 С – состояние блока;
 x – входные данные;
 h – данные скрытого состояния (выходные данные);
 σ – слой нейронной сети с сигмоидальной функцией активации;
 X – поэлементное умножение;
 + – поэлементное сложение;
 tanh – слой нейронной сети с гиперболическим тангенсом.

Основной элемент блока – состояние, которое по своей сути является конвейерной лентой, проходящей через всю цепочку [2]. Именно эта часть блока позволяет сохранять важный контент на протяжении работы сети, добавляя или удаляя из нее данные (см. рис. 2). Блок с поэлементным умножением отвечает за, так называемое, забвение данных, блок с поэлементным сложением – за запоминание новой важной информации.

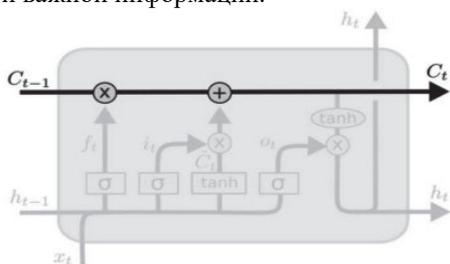


Рисунок 2 – Основная структура состояния блоков LSTM [4]

Сеть LSTM реализована таким образом, который позволяет удалять информацию из состояния блока. Настоящий процесс регулируется фильтрами. Фильтры дают возможность пропускать информацию в зависимости от определенных условий.

Фильтры в целом позволяют защищать и контролировать состояние блока. Так сигмоидальный слой возвращает значение от 0 до 1. Это показатель того, какую информацию запускать на новую итерацию, а какую исключить. Отметим, что значение 0 говорит о

том, что никакую информацию сеть не пропускает, 1 – пропускает всё [5].

На рисунке 3 изображен процесс забывания информации. На данном этапе работы блок объединяет входные данные и данные скрытого состояния.

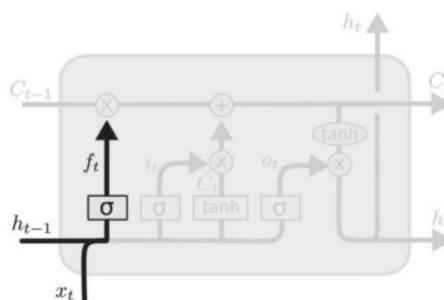


Рисунок 3 – Процесс выявления забываемых значений [4]

Объединенный вектор подается на вход сигмоидального полносвязного слоя, на выходе формируются значения f , размерность которого совпадает с размерностью вектора состояния на предыдущем шаге. После поэлементного умножения, в зависимости от значений вектора f , блок понимает какие данные необходимо забыть. По аналогии происходит обновление контента (см. рис. 4). Настоящий шаг включает в себя две части.

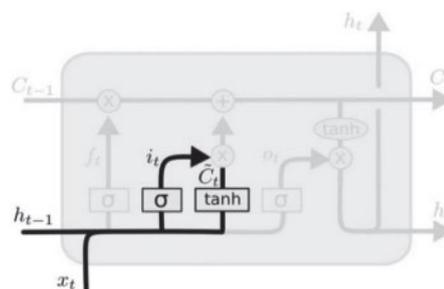


Рисунок 4 - Процедура добавления новой информации [4]

Происходит объединение входных данных и данные скрытого состояния. Объединенный вектор подается на вход сигмоидального полносвязного слоя. Этот же

вектор подается на слой нейронной сети с гиперболическим тангенсом. Полученные на двух этапах векторы поэлементно умножаются, результат этой операции поэлементно складывается с вектором состояния.

В результате получаем обновленный вектор состояния, в котором после описанных действий удалено ненужное, сохранено важное (см. рис. 5, [4]).

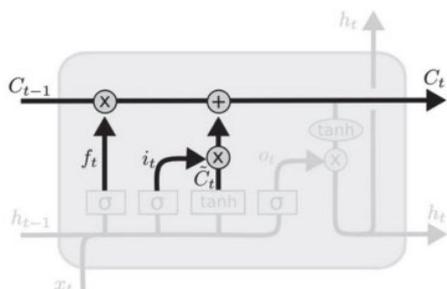


Рисунок 5 – Формирование вектора состояния

Финальный этап работы блока – формирование скрытого выходного вектора состояния (рис. 6). Для его формирования вычисляем оценочный вектор. Вектор состояния пропускаем через функцию гиперболического тангенса и поэлементно умножаем на оценочный.

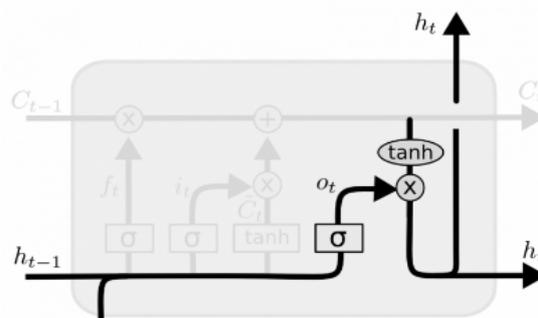


Рисунок 6 - Процедура добавления новой информации [5]

Реализация нейронной сети для решения задачи генерации текста на языке программирования C#

Проанализировав архитектуру LSTM-сети, можем сделать вывод о необходимых составляющих системы.

Проект состоит из нескольких ключевых классов (рис. 7). Каждый класс выполняет специфические функции, необходимые для работы сети LSTM. Основными классами являются LSTMRNN, Block, Gate и LinearRegressionLayer.

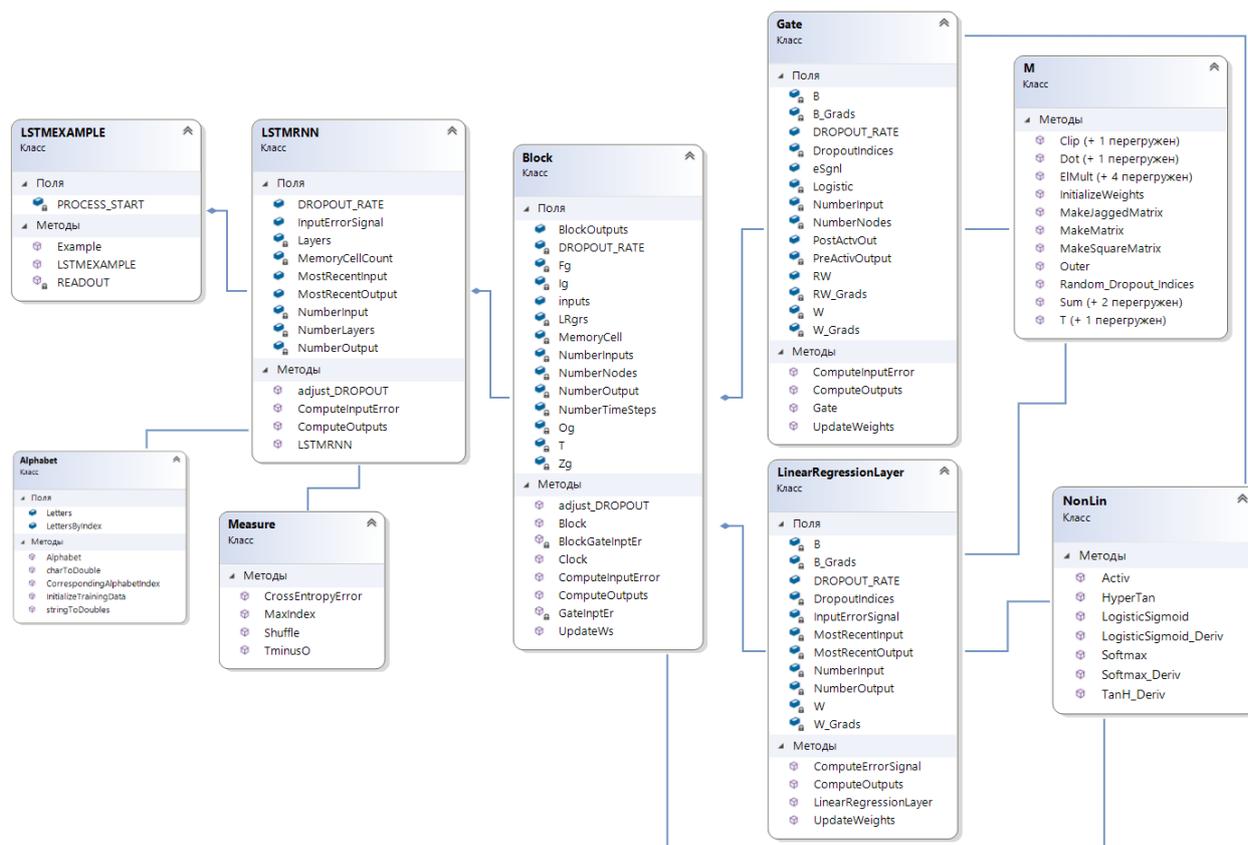


Рисунок 7 – Диаграмма классов сети

Эти классы взаимодействуют между собой для создания и обучения многослойной нейронной сети, способной решать задачи, связанные с генерацией текста (см. рис. 7). Класс Block представляет собой основную структуру LSTM-блока, который содержит несколько фильтров (gate) и слой линейной регрессии для вычисления выходных данных. Этот блок выполняет все основные операции, необходимые для вычисления выходных данных и обновления весов во время обучения.

Класс Gate представляет собой ворота (фильтры) LSTM-блока, которые выполняют операции, необходимые для управления потоком данных и состояния памяти внутри LSTM-блока.

Класс LinearRegressionLayer представляет собой слой линейной регрессии, который используется для преобразования выходных данных LSTM-блока в окончательные предсказания.

Классы Block, Gate и LinearRegressionLayer представляют собой основные строительные блоки для реализации LSTM-сети. Они обеспечивают функциональность, необходимую для управления состоянием памяти, вычисления выходных данных, обучения модели и обновления весов. Эти классы агрегируются в классе LSTMRNN, который в свою очередь агрегируются в LSTMEXAMPLE.

Класс LSTMRNN представляет собой реализацию нейронной сети LSTM. Он содержит методы для инициализации, обучения и использования нейронной сети LSTM.

Класс LSTMEXAMPLE представляет пример использования модели LSTM. Он содержит методы для обучения и использования нейронной сети LSTM.

Также для выполнения вспомогательных операций и расчетов реализованы классы M, NonLin, Alphabet, Measure. Класс M отвечает за выполнение различных математических операций, таких как сложение, умножение, транспонирование матриц, он предоставляет удобные методы для работы с числами и массивами. В классе NonLin реализованы различные нелинейные функции активации, такие как сигмоидальная функция и гиперболический тангенс. Эти функции применяются в нейронных сетях для добавления нелинейности и расширения возможностей модели. Класс Alphabet предназначен для обработки текстовых данных. Он содержит методы для представления текстовой информации в виде числовых векторов, а также для работы с алфавитом и символами. Класс Measure занимается измерениями и вычислениями, в основном используется для различных операций и вычислений внутри

нейронной сети, таких как вычисление ошибки и других метрик.

Адаптивные методы обучения нейронной сети

Адаптивные методы обучения представляют собой семейство оптимизационных алгоритмов, которые динамически изменяют скорость обучения в процессе обучения модели. Эти методы часто улучшают сходимость и эффективность обучения нейронных сетей, обеспечивая более быстрое и стабильное обновление весов [6].

AdaGrad (Adaptive Gradient Algorithm) – это адаптивный метод оптимизации, который изменяет скорость обучения для каждого параметра на основе накопленных исторических градиентов.

Основная идея метода заключается в том, чтобы адаптировать скорость обучения для каждого параметра отдельно. Параметры, которые редко обновляются, получают более высокий темп обучения, в то время как часто обновляемые параметры получают более низкий темп. Это достигается за счет учета накопленной суммы квадратов градиентов для каждого параметра [7]. Способ вычисления представлен в формулах 3 – 4. Для каждой итерации t необходимо вычислить градиент (формула 2), обновить накопленный градиент (формула 3), обновить параметры (формула 4).

$$g_t = \nabla_{t-1} f(O_{t-1}), \quad (2)$$

$$G_t = G_{t-1} + g_t * g_t, \quad (3)$$

$$O_t = O_{t-1} - \frac{\eta}{\sqrt{G_t + \epsilon}} * g_t. \quad (4)$$

Преимуществом данного метода является подстраиваемая для каждого значения скорость обучения, что помогает более эффективно обновлять коэффициенты модели. Также за счет уменьшения скорости обучения для часто обновляемых параметров, AdaGrad помогает избежать больших колебаний и переобучения модели. Однако есть и минус у описанного метода в части затухания скорости обучения. Дело в том, что накопленный градиент постоянно растет, что приводит к уменьшению скорости обучения до очень низких значений и остановке обучения в целом.

RMSprop (Root Mean Square Propagation) – это метод оптимизации, используемый для обучения нейронных сетей. Этот метод является вариацией стохастического градиентного спуска, который адаптирует скорость обучения для каждого параметра на основе истории градиентов. RMSprop является модификацией Adagrad, которая включает экспоненциальное

сглаживание градиентов [8]. Это помогает избежать затухания скорости обучения и сохраняет преимущества Adagrad (алгоритм вычисления представлен на формулах 5 – 6) [9].

$$v_t = \beta * v_{t-1} + (1 - \beta)(\nabla w_t)^2, \quad (5)$$

$$w_{t+1} = w_t - \frac{\alpha}{\sqrt{v_t + \epsilon}} (\nabla w_t). \quad (6)$$

Несмотря на явные преимущества, метод RMSprop имеет некоторые недостатки. Необходимо тщательно подбирать параметры метода, такие как скорость обучения и коэффициент сглаживания, чтобы обеспечить эффективное обучение сети. В некоторых случаях метод может столкнуться с проблемой потери градиента, когда скорость обучения слишком мала или слишком велика.

Метод Adam (Adaptive Moment Estimation) комбинирует идеи Adagrad и RMSprop, отслеживая как средние значения, так и дисперсии градиентов. Свое название алгоритм получил ввиду оценки первого момента (среднюю величину) и второго момента (дисперсию) [10].

ADAM автоматически адаптирует скорость обучения для каждого параметра на основе оценки второго момента градиента. В методе используются моменты первого и второго порядка для ускорения сходимости и стабилизации обучения. В начале обучения оценки градиента и квадрата градиента могут быть сильно смещены к нулю, для борьбы с этим ADAM применяет коррекцию смещения, чтобы сделать оценки более точными.

Формулы обновления параметров в методе ADAM выглядят следующим образом (см. формулы 7 – 11).

$$m_t = \beta_1 * m_{t-1} + (1 - \beta_1) * g_t, \quad (7)$$

$$v_t = \beta_2 * v_{t-1} + (1 - \beta_2) * g_t^2, \quad (8)$$

$$\hat{m}_t = \frac{m_t}{1 - \beta_1^t}, \quad (9)$$

$$\hat{v}_t = \frac{v_t}{1 - \beta_2^t}, \quad (10)$$

$$O_{t+1} = O_t - n \frac{\hat{m}_t}{\sqrt{\hat{v}_t + \epsilon}}. \quad (11)$$

где m_t и v_t – оценки первого и второго моментов соответственно;

β_1 и β_2 – коэффициенты затухания для оценки моментов;

n – скорость обучения;

g_t – текущий градиент;

ϵ – небольшое число для численной стабильности;

\hat{m}_t и \hat{v}_t – исправленные оценки моментов;
 O_t и O_{t+1} – параметры на шагах t и $t+1$ соответственно.

Коэффициенты затухания для оценки моментов и значение численной стабильности разработчик задает самостоятельно. Проанализировав статьи, приходим к выводу, что оптимальные значения параметров 0.9, 0.999 и 10^{-8} соответственно [9, 10, 11]. Именно такие параметры зададим при реализации метода в нашем проекте.

Реализация метода ADAM, анализ работы измененной нейронной сети

Для реализации метода оптимизации Adam нужно внести изменение в классах Gate, Block, LSTMRNN, а именно функции обновления весов и добавить вспомогательные переменные для хранения моментов (m) и скоростей (v) для весов и смещений (bias).

Проанализируем процесс обучения нейронной сети до применения адаптивных методов. Чтобы обучить сеть, нужны данные, которые могут быть обработаны и понятны модели. В нашем случае используем текстовые данные, а именно строки из стихотворений А.С. Пушкина. Отметим, что текстовые данные – набор символов.

Принцип обучения следующий – текст разбивается на небольшие блоки, где входом является фрагмент текста, а выходом – следующий символ. Таким образом, нейросеть получает на входе фрагменты текста, а на выходе символы, которые она должна сформировать. Например: вход: "совершенство" выход: "р", вход: "овершенство р" выход: "а", вход: "вершествование ра" выход: "б" и так далее.

Для обучения зададим 500 эпох. Посмотрим сгенерированный текст на 10, 350 и 500 итерациях (см. табл. 1). Результат обучения нейронной сети виден невооруженным взглядом. Конечно, нейронная сеть не всегда корректно соотносит слова в контексте и всё же допускает грамматические или механические ошибки. Однако на 500 эпохе мы видим вполне разборчивый текст.

После реализации метода ADAM и внесения изменений в соответствующие структуры. Переобучим нейронную сеть с помощью того же обучающего множества, по тому же принципу, как и не модернизированную LSTM сеть.

Для обучения зададим 500 эпох. Посмотрим сгенерированный текст на 10, 350 и 500 итерациях (см. табл. 2).

Таблица 1 – Результат работы нейронной сети

Входные данные	10 эпоха	350 эпоха	500 эпоха
Ясный день	Ясный день кк ноо т учеч д уууббр злелее нй дйццы ъъеподд онм нч пееенн ь две то ии дн коо	Ясный день коот учечный дубр зелеонный децыцы поддд онм нч пень дубе то ии дн кот учеенный дц злон дб а	Ясный день кот ученый дуб зеленный девицы у окном ночью песни дубе то м и днем и дуб зеленый кот ходит
Друг чудесный	Друг чудесныйдррргаа ьяяя зннны ьвтво пафвв пд луулл ой а нч впввмуб иии идн ииие отые ыы а в лн р	Друг чудесный дрг зелеенный кт двцы пд луой нч пн дууббуб тм и дн виине каооты а в лн разз адцц пд ок	Друг чудесный друг злеваль каак девиц под лунный ночь у дуб там день и ночью видеение кар под окном царь с

Таблица 2 – Результат работы сети после переобучении с помощью метода ADAM

Входные данные	10 эпоха	350 эпоха	500 эпоха
Ясный день	Ясный деньльтнтънии д нляясс снтъъян дт н няся д нннтн ляссс н я а о дн какпр крррад оо кттт чйй	Ясный день дно оч чудное мгнова поздно вечер ночь пееснился сонн была цариейй мимолетной краасот учеенный	Ясный день чудесныйй явилась ты как друг верный ккрасы а гонимый золотая цепь на дубе томился хлеб по о
Друг чудесный	Друг чудесныйй кп рк гуркгу луул ллукаа пр ср чъг гг выф апрт о оооо ввщл ды а ч впмм миикполл ок ккн и хоо ид	Друг чудесный еще ии днем пооздно вечеркоо м моороз на дубе томящ сон внемлет и о поет голос злотая цепь на	Друг чудесный ден ни печали девицы под оконья вырос рос я быльины расскажу о гений чистой совести моей судьб

Как видим, модернизированная сеть обучилась быстрее. Стоит отметить, что время самой итерации во втором случае не сократилось ввиду дополнительных вычислений в алгоритме. Однако мы выигрываем время за счет получения удовлетворяющего результата на более ранних эпохах. Как результат нейронная сеть с адаптивным методом ADAM обучилась быстрее, конечный результат – сгенерированный текст – в качестве в части смысловой нагрузки и корректности не потерял.

Вывод

В статье рассмотрена нейронная сеть архитектуры LSTM, которая характерна для решения задач генерации текста: изучена архитектура LSTM RNN, в рамках настоящей работы представлена диаграмма классов разработанной нейронной сети.

Ввиду необходимости сокращения времени обучения была осуществлена попытка применения адаптивного метода обучения к разработанной сети. Адаптивные методы обучения, такие как Adam, могут значительно улучшить процесс обучения нейронной сети,

ускоряя сходимость и улучшая стабильность. Реализация Adam требует дополнительных вспомогательных переменных для моментов и скоростей, а также корректировки процесса обновления весов.

В ходе исследования проведены эксперименты на сетях с применением адаптивного метода и без. Сравнительный анализ результата работы LSTM сетей оказался положительным. Использование адаптивных методов значительно улучшает работу нейронной сети на этапе обучения.

Литература

1. Парсаданян, Я. Р. Теоретический анализ принципа работы нейронных сетей / Я. Р. Парсаданян, А. В. Боднар // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2022): сборник научных трудов IV научно-практической конференции (студенческая секция), 29-30 ноября 2022 г. – Донецк, ДонНТУ, 2022. - Том 2.
2. Грачёв, А. М. Методы сжатия рекуррентных нейронных сетей для задач

обработки естественного языка // Национальный исследовательский институт «Высшая школа экономики» - Москва, 2019.

3. Парсаданян, Я. Р. Теоретический анализ методов сжатия рекурсивных нейронных сетей и их практических результатов / Я. Р. Парсаданян, А. В. Боднар // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2023) : сб. материалов VIII Всерос. науч.-техн. конф., г. Донецк, 29 ноября 2023 г. / отв. ред. В.Н. Павлыш. – Донецк : ДонНТУ, 2023.

4. Хабиб, Ж. М. Т. Сравнение методов анализа настроений глубокого обучения, включая LSTM и машинное обучение / Ж. М. Т. Хабиб, А. А. Погуда // Открытое образование. – 2023. – Т. 27. – № 4. – С. 60-71. – DOI 10.21686/1818-4243-2023-4-60-71. – EDN QERCPQ.

5. Зоткина, А. А. Решение проблем рекуррентной нейронной сети при помощи модели "долговременной кратковременной памяти" / А. А. Зоткина, Н. С. Шиндина // Современные информационные технологии. – 2023. – № 37(37). – С. 18-20. – EDN BMPDGV.

6. Khafaga D. S. Improved Prediction of Metamaterial Antenna Bandwidth Using Adaptive Optimization of LSTM / Doaa Sami Khafaga, AmelAliAlhussan, El-SayedM.El-kenawy, Abdelhameed Ibrahim, Said H. Abd Elkhalik, Shady Y. El-Mashad, Abdelaziz A. Abdelhamid // Computers, Materials & Continua, 2022. – 73(1). – P. 865-881.

7. Строим градиентные алгоритмы оптимизации Adam, RMSProp, Adagrad, Adadelta [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://proproprogs.ru/tensorflow/tf-stroim-gradientnye-algoritmy-optimizacii-adam-rmsprop-adagrad-adadelta>

8. Бритов, В. С. Обзор и сравнение методов оптимизации применяемых в машинном обучении / В. С. Бритов, А. И. Мартышкин, Е. А. Данилов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 97-12. – С. 45-49. – DOI 10.18411/trnio-05-2023-655. – EDN WPBHVBM.

9. How using adaptive methods can help your network perform better [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medium.com/bedrockdbd/how-using-adaptive-methods-can-help-your-network-perform-better-bcdd36b9214e>

10. Пелин, В. О. Исследовательский анализ алгоритмов оптимизации искусственных нейронных сетей для задач прогнозирования / В. О. Пелин, Н. А. Акпаралиев // Сборник трудов VII Конгресса молодых ученых, Санкт-Петербург, 17–20 апреля 2018 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2018. – Т. 1. – С. 164-167. – EDN NEUUOE.

11. Kingma, D. P. Adam: a Method for Stochastic Optimization / D. P. Kingma, J. L. Ba // International Conference on Learning Representations. – 2016. – V. 53. – P. 1–13.

Парсаданян Я.Р., Боднар А.В. Использование адаптивных методов оптимизации при обучении нейронной сети для задачи генерации текста. В статье рассматривается принцип работы сети для решения задачи генерации текста, а также способ ее реализации. Для этого изучена архитектура LSTM сетей, а для более продуктивного обучения обращено внимание на адаптивные методы обучения. В результате работы проведено сравнение обучения сети с применением адаптивных методов и без использования таковых, которое позволило сделать вывод, что использование адаптивных методов значительно улучшает работу нейронной сети на этапе обучения.

Ключевые слова: нейронная сеть, LSTM, генерация текста, обучение, адаптивные методы, скорость обучения ADAM.

Parsadanyan Y.R., Bodnar A.V. The use of adaptive optimization methods in training a neural network for the task of text generation. The article discusses the principle of the network for solving the problem of text generation, as well as the method of its implementation. To do this, the architecture of LSTM networks has been studied, and for more productive learning, attention has been paid to adaptive learning methods. As a result of the work, we obtained a comparison of network training using adaptive methods without using them.

Keywords: neural network, LSTM, text generation, learning, adaptive methods, learning rate ADAM

Статья поступила в редакцию 01.05.2024
Рекомендована к публикации профессором Зори С. А.

Стохастический хаос: проблемы моделирования

А. А. Мусаев, М. А. Колосов

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), факультет информационных технологий и управления

E-mail: Maxim-saint@mail.ru

Аннотация

Рассмотрена задача формирования системной составляющей наблюдаемого случайного процесса, отражающего значимые изменения состояния динамической системы. Показано, что критерии качества формирования системной составляющей должны определяться требованиями иерархически вышестоящей метасистемы. При этом возникает новая постановка задачи оценивания, приводящая к необходимости построения вычислительных схем, существенно отличающихся от известных алгоритмов статистической фильтрации.

Введение

Общая проблема управления состоянием объекта, взаимодействующего с нестабильной средой погружения, состоит в необходимости моделирования динамики его эволюции, описываемой моделью динамического хаоса, в сочетании с наличием случайной составляющей наблюдений, обусловленной большим числом неконтролируемых факторов влияния. Суммарный эффект динамической неустойчивости и стохастических воздействий приводит к концепции стохастического хаоса, описанного, например, в [1-5].

В этих условиях традиционные подходы к моделированию и идентификации случайных процессов оказываются несостоятельными, т.к. нарушается принцип повторяемости опыта, лежащий в основе всей вероятностно-статистической парадигмы. Это означает, что за метрически схожими ситуациями могут следовать совершенно разные последствия. По существу, все условия, необходимые для выполнения эффективных формируемых оценок оказываются невыполненными. В частности, наблюдаемые процессы не обладают ни независимостью, ни стационарностью, ни нормальностью. Более того, любые предположения о распределении погрешностей наблюдений являются некорректными в силу нестационарности наблюдаемых процессов.

Отсюда возникает иной подход к самому процессу построения моделей. Задача должна решаться на скользящем временном интервале, причем качество модели следует оценивать ни по степени ее адекватности реальному процессу, а по ее эффективности (полезности) с точки зрения решения терминальной задачи управления. Иными словами, качество формируемой модели должно определяться результативно-

стью процесса управления, в интересах которого эта модель формируется.

В общем случае модель наблюдений, следуя декомпозиции Вольда [6], можно разделить на две компоненты: системная составляющая, отражающая закономерные изменения контролируемого процесса, и шумовая составляющая, формируемая под влиянием множества неконтролируемых факторов и не содержащая полезной информации. Разделение этих составляющих, в соответствие с приведенным определением, представляет собой крайне сложную, часто не решаемую задачу и выходит за пределы традиционной теории фильтрации. Некоторые полезные варианты вычислительных схем для выделения системной компоненты приведены в [7].

Что понимается под термином системная составляющая наблюдаемого процесса? В качестве первого приближения будем использовать вышеприведенное определение, т.е. под системной составляющей понимать некоторую оценку истинной траектории (сглаженную кривую), отражающую значимые изменения состояния и свойств исследуемой динамической системы.

Достоинством данного определения является содержащаяся в нем предпосылка для перехода к формализованной постановке на основе общей концепции пространства состояний. Недостаток то же достаточно очевиден, термин «значимые изменения» является не определенным без дополнительных уточнений, вытекающих из содержательной постановки конкретной задачи. По-видимому, любое определение, связанное с реальными прикладными задачами, потребует, в той или иной форме, «внешнего дополнения», что вполне согласуется с логическим постулатом, заложенным в теореме Геделя о неполноте [8]. В этом случае сама постановка задачи определения системной компоненты те-

ряет универсальность и оказывается обусловленной требованиями метасистемы, задающей критерии качества ее восстановления из наблюдаемого процесса. Последнее утверждение полностью согласуется с базовым положением системного анализа, согласно которому цель и качество функционирования любой системы определяется исходя из требований, предъявляемых к ней со стороны иерархически вышестоящей метасистемы, в которую она погружена и с которой она взаимодействует [9].

Приведенные рассуждения, несмотря на их кажущуюся очевидность, могут привести к существенным изменениям в отношении некоторых базовых понятий и даже к самому подходу решения задач моделирования систем управления. В частности, категория «адекватности» восстановленной системной составляющей и истинной траектории движения (изменения состояния) системы в фазовом пространстве, основанная на метриках близости, может оказаться просто ненужной в силу того, что алгоритмика метасистемы не нуждается в этом подобии. Дополнительную неопределенность создает само понятие «истинной траектории», относительно которого формируется оценка траектории движения (системная компонента).

В некоторых задачах это понятие допускает неоднозначную формализацию. Соответствующие примеры будут рассмотрены в настоящей работе.

Формализация задачи моделирования хаотических процессов

Наиболее распространенной формализацией стохастических рядов наблюдений, как уже указывалось, является декомпозиция Вольда в форме аддитивной двухпараметрической модели наблюдений

$$y_k = x_k + v_k, \quad k = 1, \dots, n, \quad (1)$$

в которой системная компонента наблюдений x_k , $k=1, \dots, n$ представляет собой неизвестный детерминированный процесс, а v_k , $k=1, \dots, n$ — шумовую составляющую, образованную стационарным белым шумом.

При этом под системной компонентой понимается сглаженный процесс, используемый в задачах прогнозирования и формирования управляющих решений.

Перечисленные традиционные модели теоретически позволяли построить варианты проактивных (т.е. прогностических) управляющих стратегий, основанных на анализе трендов [10], каждая из которых оказывается эффективной лишь в узком диапазоне возможных динамических вариаций наблюдаемого процесса. Однако в ситуациях,

связанных с взаимодействием объекта управления с нестабильной средой погружения, предложенные выше схемы моделирования и интерпретации структуры исходных данных оказываются несостоятельными.

Поясним это утверждение. На рис. 1 представлен график хаотического изменения параметра состояния объекта управления (голубая линия) в течение 50 дней наблюдения с дискретом времени между отсчетами, равным 1-й минуте.

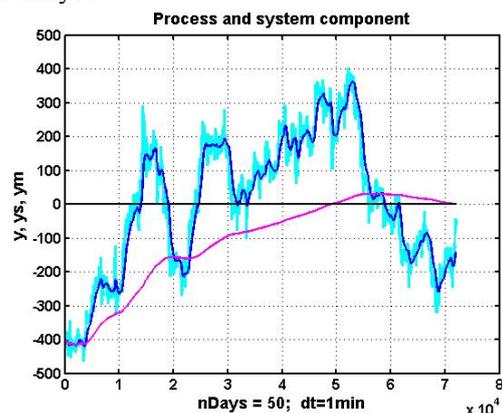


Рисунок 1 - График наблюдаемого процесса y (голубая линия), и графики, полученные в процессе его последовательного усреднения (малиновая линия) и экспоненциального сглаживания (синяя линия).

Последовательная оценка среднего наблюдаемого процесса $y_m = \bar{y}$,

$$\bar{y}_k = \frac{1}{k} y_k + \frac{k-1}{k} \bar{y}_{k-1}, \quad k=2, \dots, n,$$

представлена в виде малиновой линии и, в силу ее высокой инерционности, не может выполнять роль системной компоненты при формировании управляющих решений. В связи с этим для построения системной составляющей используются более динамичные алгоритмы последовательной фильтрации. В данном случае системная компонента (синяя линия) была сформирована с помощью экспоненциального фильтра:

$$x_k = \alpha y_k + \beta x_{k-1} = x_{k-1} + \alpha(y_k - x_{k-1}), \quad k=2, \dots, n, \quad (2)$$

где $\alpha \in [0, 1]$, $\beta = 1 - \alpha$. В примере на рис. 1 $\alpha \in 0.002$.

Уменьшение значения коэффициента передачи экспоненциального фильтра улучшает качество фильтрации, но одновременно увеличивает смещение оценки, имеющей на графике вид временной задержки.

График шумовой компоненты v_k , $k=1, \dots, n$, образованной разностью между

исходным рядом наблюдений и системной составляющей, представлен на рис. 2.

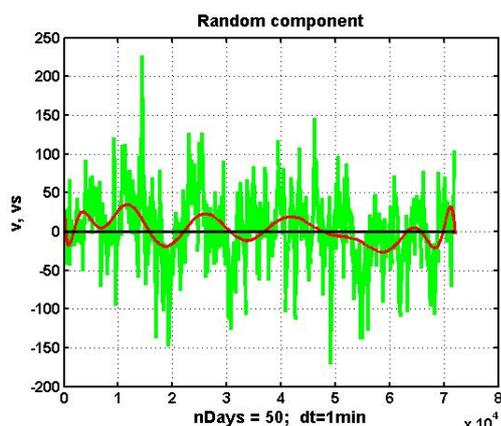


Рисунок 2 - График шумовой компоненты и ее аппроксимации степенным полиномом 15-го порядка

На этом же графике приведена полиномиальная аппроксимация шумовой компоненты

$$x_k = \sum_{i=1}^m a_i t_k^i, \quad k = 1, \dots, n,$$

с оценкой параметров a_i , $i = 1, \dots, m$ на основе метода наименьших квадратов (МНК). Нетрудно видеть, что аппроксимирующая кривая представляет собой, как и системная компонента, колебательный неперiodический процесс. Наличие низкочастотной составляющей шумовой компоненты указывает на некорректность предположения о ее независимости и стационарности.

Разумеется, увеличивая коэффициент передачи α экспоненциального фильтра (2) можно «перевести» низкочастотную компоненту в системную составляющую x_k , $k = 1, \dots, n$. Однако в этом случае зашумленная системная составляющая, в силу ее высокой стохастической variability, оказывается малопрigодной для формирования управляющих решений.

Таким образом, реальные процессы, используемые в задачах управления в нестабильных средах погружения, могут иметь сложную статистическую структуру и существенно отличаются от традиционной формы представления рядов наблюдения (1). Наиболее значимыми отличиями являются:

- системная компонента рядов наблюдений x_k , $k = 1, \dots, n$ представляет собой колебательный, но неперiodический процесс с множеством локальных трендов. Данные особенности указывают на возможность описания рядов наблюдений моделями динамического хаоса;

- шумовая компонента v_k , $k = 1, \dots, n$ представляет собой нестационарный случайный процесс, приближенно описываемый гауссовской моделью с изменяющимися параметрами. В частности, вариации шумовой компоненты содержат локальные тренды, их корреляционные характеристики существенно изменяются во времени.

Таким образом, реальные данные имеют достаточно сложную структуру, относящуюся как к динамическим особенностям наблюдаемых процессов, так и к статистической природе исходных данных. Отклонения структуры рядов наблюдений от априорных моделей может легко привести к существенным погрешностям в прогнозе развития ситуации и резком снижении эффективности формируемых управляющих решений. Отсюда непосредственно вытекает необходимость осуществлять в процессе машинного обучения этап предварительного анализа данных, включающий в себя оперативную идентификацию текущих характеристик поступающих в обработку данных на скользящем окне наблюдения ограниченного объема. При этом указанный анализ целесообразно осуществлять на фоне результатов фундаментального апостериорного исследования свойств данных, полученных в процессе мониторинга состояния объектов управления на больших интервалах наблюдения.

В частности, при анализе таких процессов последовательно проверяются гипотезы нелинейности, нестационарности, гауссовости и т. п. В качестве заключительного этапа проверяется гипотеза о возможности описания ряда наблюдений в классе моделей динамического хаоса или стохастического хаоса. Последняя задача является особенно сложной и неоднозначной.

Системная составляющая безынерционных процессов

Наибольшие сложности для решения задачи прогнозирования и проактивного управления создают информационные процессы, не связанные с инерционностью, характерной для материальных и энергетических процессов. В частности, к ним относятся процессы изменения котировок финансовых инструментов на фондовых и валютных рынках. Генезис этих процессов образован ментальными представлениями торгово-экономического сообщества о текущих состояниях этих инструментов и их изменениях под влиянием среды погружения, формирующей совокупность множества разнообразных финансовых, экономических, политических, социаль-

ных и других факторов. При этом представления социума о таком нематериальном параметре, как стоимость финансового инструмента, может меняться практически мгновенно и совершенно непредсказуемым образом. В этих условиях формализовано разделить системную и случайную (шумовую) компоненту оказывается крайне сложно, т.к. в состав регулярной составляющей входит колебательный непериодический процесс, не допускающий эффективной аппроксимации детерминированным процессом.

В современной литературе нелинейные динамические системы, допускающие возможность параметрической неустойчивости, относят к категории детерминированного хаоса. Наиболее явной характеристикой таких систем является наличие точек бифуркации и участков с колебательными непериодическими процессами. В данном случае неопределенность, обусловленная непериодическими колебаниями, усилена чисто случайной компонентой, и соответствующие ей процессы следует отнести к категории стохастического хаоса. Традиционные методы вероятностно-статистического анализа, как уже отмечалось, не способны осуществлять эффективное оценивание таких сугубо нестационарных процессов. В результате этого многочисленные попытки получения дееспособных управлений торговыми операциями в техническом анализе на основе традиционных математических технологий не привели к успешным решениям.

В качестве модели описанных выше безынерционных процессов, описывающих, в частности, динамику котировок на биржевых площадках, удобно использовать трехкомпонентную аддитивную модель вида [5, 10]

$$y_k = x_k + v_k + \xi_k, \quad (3)$$

где x_k представляет собой системную составляющую, на основе которой формируются торговые решения, и образованную сложным нелинейным процессом с явно выраженными трендами и колебаниями;

v_k - квазишумовая помеховая компонента, образованная несмещенным колебательным непериодическим процессом;

ξ_k - стационарный случайный процесс с распределением, которое во многих случаях можно отнести к классу засоренных нормальных распределений.

Рассмотрим отдельно составляющие предложенной трехкомпонентной модели (3). Основной вопрос состоит в том, что следует понимать под системной компонентой x_k . Прежде всего, попытаемся сформировать представление об «идеальной системной составляющей» с точки зрения конечного пользователя. Оче-

видно, что такая модель должна содержать характеристические легко обнаруживаемые изменения в динамике в моменты времени, отвечающие успешным решениям, и не содержать подобным им ложных изменений в другое время наблюдения. Данная постановка должна включать в себя формализованное и параметризованное определение «успешного» решения. Иными словами, понятие идеальной системной компонент существенно зависит от параметров выбранной управляющей стратегии. Разумеется, эффективность управляющей стратегии игры может меняться в зависимости от динамических характеристик наблюдаемых процессов. Это означает, что будут изменяться и представления о системной компоненте, используемой для формирования соответствующих решений.

Следствием из приведенных рассуждений является утверждение о том, что системная компонента, выделяемая из наблюдаемого процесса, не обязана отвечать условию адекватности наблюдаемому процессу в традиционном смысле этого слова, то есть минимизировать значения какой-то априори выбранной метрики или представлять собой условное среднее. Основное требование к оценке системной компоненты является ее пригодность к обеспечению конечного результата. Такой результат получается опосредовано, через систему принятия управляющих решений, и, следовательно, требованию, выдвигаемые к виду и качеству восстановления системной компоненты, будут определяться выбранной управляющей стратегией.

При всей очевидности приведенных рассуждений, полученный вывод приводит к радикально новому представлению как о технологиях статистического оценивания, так и о математическом моделировании динамических стохастических систем в целом.

Центральным утверждением представленного подхода состоит в том, что математическое моделирование в целом, и требования к формированию системной компоненты наблюдаемого случайного процесса, в частности, должно определяться исходя из терминальных критериев управления и отвечающих им стратегиям реализации управляющих решений.

Для пояснения данного утверждения ниже будут рассмотрены иллюстрирующие примеры.

Примеры

В качестве наглядного примера, иллюстрирующего приведенную концепцию терминального моделирования, рассмотрим задачу выявления системной составляющей ряда наблюдений, полученных за изменением коти-

ровок индекса DJ в течение двух случайно выбранных однодневных торговых сессий. Соответствующие график динамики котировок представлен на рис.3 и 4 и имеют вид хаотически изменяющегося колебательного нестационарного процесса с участками аperiodической динамики.

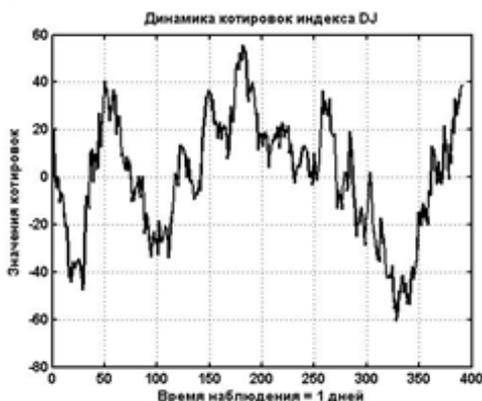


Рисунок 3 - Пример 1 изменения котировок индекса DJ

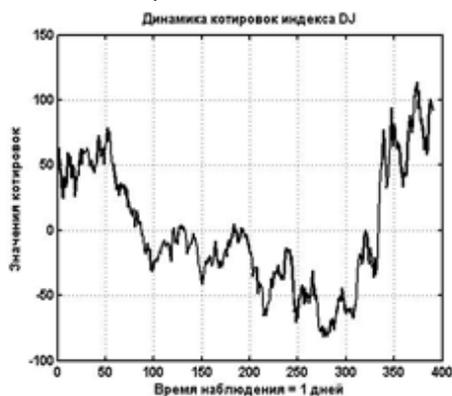


Рисунок 4 - Пример 2 изменения котировок индекса DJ

В качестве базовой торговой стратегии S_0 используем «классическую» схему формирования торговых решений, принятую в техническом анализе: позиция открывается при переломе системной составляющей в сторону второй ветви перелома. Предположим, что уровень пунктов. Исходя из выбранной стратегии управления и значения параметра, сформируем апостериорно, «вручную», идеальную системную модель системной компоненты, позволяющую получить максимальный выигрыш. В дальнейшем такую модель будем называть опорной.

Первоначально рассмотрим схему формирования опорной модели в виде скорректированной линии апостериорного условного среднего. Данная работа осуществляется в два этапа. На первом этапе формируется традиционная апостериорная модель на основе одного из известных алгоритмов статистического сглаживания. В частности, в качестве опорной траектории можно использовать полином заданного

порядка с подгонкой параметров по МНК. На втором этапе осуществляется вывод массива данных, отвечающих полученной на первом этапе кривой, и их ручная коррекция, основанная на визуальном сравнении графика полученной опорной кривой и ее виртуальной идеальной формой.

Идеальная форма опорной траектории предполагает выполнение двух, достаточно противоречивых условий:

1. идеальная траектория имеет явно выраженные идентификаторы правильных открытий. В роли таких идентификаторов могут выступать переломы системной (сглаженной) траектории в моменты времени $TT_o = (t_1^*, t_2^*, \dots, t_m^*)$, после которых кривая котировок условно монотонно возрастает или убывает до уровня TP. При этом под условной монотонностью понимается возможность временного и многократного изменения направления динамики котировки рабочего инструмента на противоположный, однако величина просадки не должна превышать априори выбранный уровень SL. Иными словами, условная монотонность в этом случае обеспечивает достижения уровня TP раньше, чем уровня SL.

2. идеальная траектория не должна провоцировать «ложных тревог», в роли которых выступают локальные переломы, в результате которых реальная кривая, не достигнув уровня TP, изменит свое направление и сохранит условную монотонность вплоть до достижения уровня SL. В этом случае понятие условной монотонности охватывает динамику с возможными многократными переломами, однако в результате уровень SL будет достигнут раньше, чем уровень TP.

Рассмотрим реализацию первого этапа формирования опорных траекторий для выбранных выше примеров изменения котировок индекса DJ (рис. 3-4). На рис. 5-6 приведены графики апостериорной подгонки по МНК соответствующих зашумленных кривых.

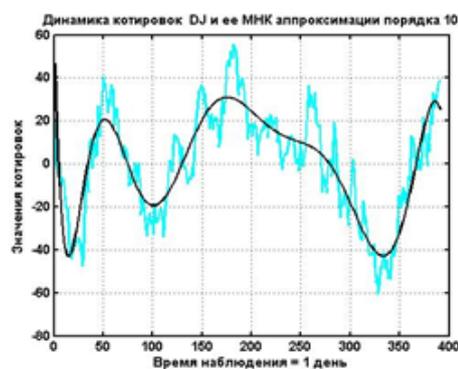


Рисунок 5 - График опорной траектории для примера 1 (подгонка полиномом 10 степени)

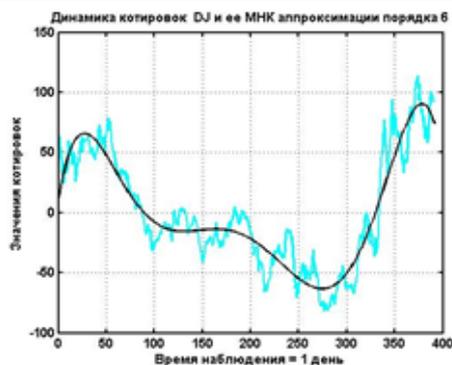


Рисунок 6 - График опорной траектории для примера 2 (подгонка полиномом 6 степени)

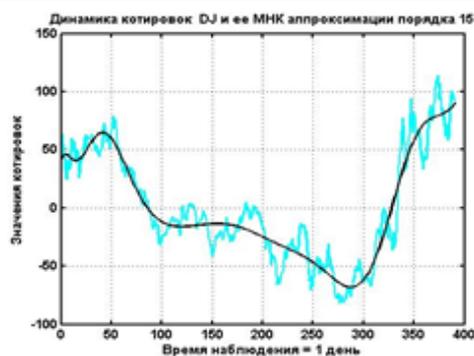


Рисунок 8 - График опорной траектории для примера 2 (подгонка полиномом 8 степени)

В первом случае наилучшую, в смысле соответствия указанным выше требованиям, аппроксимацию обеспечивала подгонка полиномом 10 степени, во втором – 6 степени.

При этом в обоих случаях при решении системы нормальных уравнений использовалось псевдообращение, т.к. применение аппроксимирующих полиномов степени 4 и выше приводило к вырожденности матрицы наблюдений.

Из приведенных графиков видно, что их применение в системе поддержки принятия решений (СППР) обеспечивает в первом случае 4 успешных открытия, а во втором 2 при полном отсутствии «ложных тревог» и отвечающих им проигрышных открытий позиций.

Повышение порядка аппроксимации приводит к росту числа выигрышных открытий, но одновременно повышает вероятность ошибок второго рода, «ложных тревог», и соответствующему увеличению числа проигрышей. Соответствующие примеры приведены на рис. 7-8.

Заметим, что представленные аппроксимации достаточно близки к оптимальным для выбранных параметров торговой стратегии S_0 . Таким образом, удачный выбор порядка модели позволил построить опорную кривую уже на первом этапе, без дополнительной ручной коррекции.

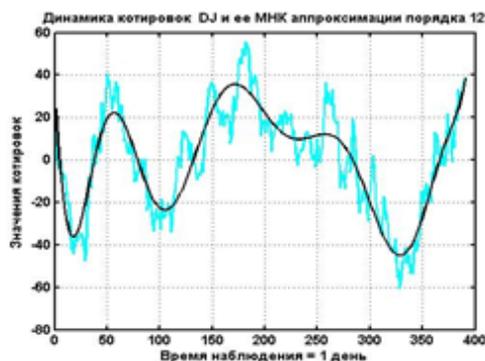


Рисунок 7 - График опорной траектории для примера 1 (подгонка полиномом 12 степени)

Увеличение порядка аппроксимирующего полинома позволило бы обнаружить менее значительные перегибы, но в то же время, как уже отмечалось, неизбежно возросло бы и число ложных тревог. В этом случае для формирования идеальной опорной траектории необходим переход к другим методам восстановления системной составляющей, не требующим существенного роста порядка аппроксимирующей модели.

Дальнейшее развитие приведенного подхода к формированию опорных траекторий еще дальше уводит от традиционных статистических схем выделения системной составляющей из его смеси с шумами.

В отличие от задач наблюдений за материальными объектами, в которых изменение состояния образует системную составляющую, а чисто случайная или «цветная» (то есть содержащая значимую автокорреляционную составляющую) помеховая компонента, образованная погрешностями системы наблюдения, в задачах моделирования экономических процессов истинная динамика определяется самими наблюдениями. Отсюда непосредственно вытекает, что опорная траектория, используемая при формировании управляющих решений, носит чисто виртуальный характер и не обязана отражать системную динамику наблюдаемых процессов в традиционном смысле этого слова. Она может явно расходиться с наблюдаемым процессом, как это видно на примерах на рис. 9-10, ее главная цель – отражать идентификационные характеристики, используемые в процессе выработки торговых решений. Кусочно-линейные опорные траектории на рис. 9-10 позволяют получить явный выигрыш, в первом случае, в 150 пунктов, а во втором – в 300 пунктов.

Заметим, что полученные результаты являются апостериорными и, следовательно, непригодными для реализации в процессе реальной работы на торговых площадках.

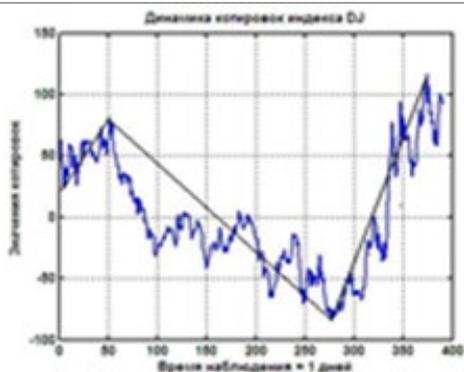


Рисунок 9 - Пример 1 кусочно-линейной опорной траектории изменения котировок индекса DJ

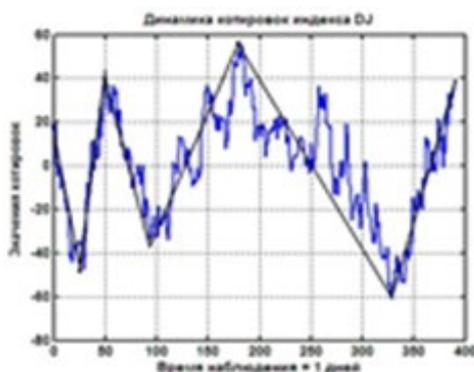


Рисунок 10 - Пример 2 кусочно-линейной опорной траектории изменения котировок индекса DJ

Однако они позволяют расширить представление о возможных вариантах опорных траекторий без жесткой привязки к частным особенностям наблюдаемого процесса. Кроме того, представленные исследования позволяют построить платформу для сравнительного анализа управляющих стратегий и последовательной оптимизации структуры системной составляющей модели наблюдения.

Выводы

Основной вывод, вытекающий из приведенных исследований, состоит в том, что применение терминального подхода к задаче формирования системных составляющих наблюдаемого процесса качественно изменяет представление о методологии статистического восстановления искомым траекторий, включая вопросы оценки эффективности полученного результата. Традиционные подходы, с использованием в качестве базовой динамики условного среднего или других кривых, построенных на основе минимизаций функций от различных вариантов метрик разброса, не всегда обеспечивают эффективной поддержки работы систем принятия решения или другого терминального пользователя получаемой информации.

Важным элементом анализа эффективности построения системных составляющих является процесс апостериорного формирования опорных траекторий. Технология формирования опорных траекторий должна быть строго согласована с требованиями терминального пользователя. В частности, для систем поддержки торговых решений опорные траектории должны формироваться с учетом структуры выбранной стратегии торговых операций.

Критериями качества системной составляющей рядов наблюдений, формируемой с использованием предложенной технологии опорных траекторий или иным способом, должны выступать не степень ее близости к условному среднему, отражающей сглаженную динамику изменения случайного процесса, а степень ее информационной эффективности по отношению к терминальному звену решаемой задачи.

Литература

1. Cencini, M. Chaos or noise: Difficulties of a distinction / M. Cencini, M. Falcioni, E. Olbrich et al. // Phys. Rev. E, 2000. - V. 62. - P. 427-437.
2. Kapitaniak, T. Chaos in Systems with Noise, World Scientific. 2-d ed. New Jersey, 1990. - 140 p.
3. Frey, M. Deterministic and Stochastic Chaos [Electronical resource] / M. Frey, E. Simiu. - URL: <https://www.bsee.gov/sites/bsee.gov/files/tap-technical-assessment-program/052az.pdf>. 24p.
4. Faranda, D. Stochastic Chaos in a Turbulent Swirling Flow / D. Faranda, Y. Sato, B. Saint-Michel, C. Wiertel-Gasquet, V. Padilla et al. // Physical Review Letters, American Physical Society, 2017. - 119 (1). - PP.014502.
5. Musaev, A. The Genesis of Uncertainty: Structural Analysis of Stochastic Chaos in Finance Markets. Complexity / A. Musaev, A. Makshanov, D. Grigoriev // Wiley, 2023. - Vol. 2023.- Article ID 1302220, 16 p.
6. Wold, H. O. A study in the analysis of stationary time series Uppsala: Almqvist & Wiksells. 1938. - 214 p.
7. Musaev, A. Algorithms of sequential identification of system component in chaotic processes / A. Musaev, A. Makshanov, D. Grigoriev // International Journal of Dynamics and Control. Springer Nature: 2023.
8. Клини, С. К. Введение в метаматематику // Пер. с англ. М.: Либроком, 2008. - 526с.
9. Юсупов, Р. М. К оцениванию эффективности информационных систем. Методологические аспекты / Р. М. Юсупов, А. А. Мусаев // Информационные технологии, 2017. - Том 23. - №5. - С. 323-332.
10. Мусаев, А. А. Численное исследование управляющих стратегий, основанных на анализе трендов. // Труды СПИИРАН, 2014. - Вып. 36. - С. 180-193.

Мусаев А.А., Колосов М.А. Стохастический хаос: проблемы моделирования. Рассмотрена задача формирования системной составляющей наблюдаемого случайного процесса, отражающего значимые изменения состояния динамической системы. Показано, что критерии качества формирования системной составляющей должны определяться требованиями иерархически вышестоящей метасистемы. При этом возникает новая постановка задачи оценивания, приводящая к необходимости построения вычислительных схем, существенно отличающихся от известных алгоритмов статистической фильтрации.

Ключевые слова: стохастический хаос, электронные рынки, динамика котировок, системная составляющая, динамическая система, метасистема, статистическое оценивание, фильтрация.

Musaev A.A., Kolosov M.A. Stochastic chaos: problems of modeling. The problem of forming a system component of the observed random process reflecting significant changes in the state of the dynamic system is considered. It is shown that the quality criteria for the formation of a system component should be determined by the requirements of a hierarchically superior meta-system. At the same time, a new formulation of the estimation problem arises, leading to the need to build computational schemes that differ significantly from the known algorithms of statistical filtration.

Keywords: stochastic chaos, electronic markets, price dynamics, system component, dynamic system, meta-system, statistical estimation, filtering.

Статья поступила в редакцию 03.05.2024
Рекомендована к публикации профессором Павлышом В. Н.

Автоматизация инженерных расчетов

С. В. Зюзанская, С. А. Иванов, Н. С. Быков, Р. Н. Зарипова

Альметьевский государственный технологический университет «Высшая Школа Нефти»

Кафедра автоматизации и информационных технологий

Email: sofiya.zuzych@mail.ru

Аннотация

В настоящее время большое внимание уделяется совершенствованию технологии производственных процессов, поскольку от них зависит эффективность предприятия в целом. В свою очередь задачи, которые предстоит решать на производстве, постоянно усложняются, что и обуславливает актуальность данной темы. Автоматизация инженерных расчетов позволяет эффективнее использовать ресурсы и сокращать затраты на персонал, что делает процесс проектирования более эффективным и экономичным.

Общая постановка проблемы

Автоматизация инженерных расчетов (АИР) подразумевает под собой использование специализированного программного обеспечения для выполнения различных инженерных расчетов. Это позволяет ускорить процесс проектирования и снизить вероятность ошибок. Программное обеспечение для автоматизации инженерных расчетов может включать в себя различные инструменты и функции, такие как расчеты прочности материалов, теплообмена, динамики систем и другие. Оно позволяет инженерам быстро и эффективно проводить сложные расчеты, а также анализировать результаты и принимать обоснованные проектные решения [1].

Преимущества автоматизации инженерных расчетов включают в себя повышение производительности, снижение затрат времени и ресурсов, улучшение точности результатов расчетов и упрощение процесса проектирования.

АИР также обеспечивает возможность повторного использования расчетных моделей и данных, что позволяет экономить время на выполнении повторяющихся расчетов. Это особенно ценно при работе над различными проектами или при внесении изменений в проектные решения. Благодаря автоматизации, инженеры могут быстро пересчитывать данные и оценивать различные варианты проектирования без необходимости начинать с нуля.

Еще одним важным аспектом автоматизации инженерных расчетов является возможность проведения анализа чувствительности. Благодаря специализированным инструментам, инженеры могут быстро оценить влияние изменения различных параметров на результаты расчетов. Это помогает принимать обоснованные

проектные решения, учитывая различные условия и требования [2].

Важно отметить, что автоматизация инженерных расчетов позволяет сократить вероятность ошибок и упростить процесс верификации и валидации результатов. Специализированное программное обеспечение обеспечивает более надежные и точные расчеты, что помогает предотвращать ошибки и несоответствия в проектных решениях. Таким образом, автоматизация инженерных расчетов является важным инструментом для повышения качества и эффективности работы инженеров в различных областях промышленности и проектирования.

Еще одним важным аспектом автоматизации инженерных расчетов является возможность интеграции с другими программными продуктами, такими как САД или PLM системы. Это позволяет автоматически передавать данные между различными приложениями, ускоряя процесс проектирования и улучшая взаимодействие между разными отделами компании. Благодаря автоматизированным инженерным расчетам, возможно создать единое информационное пространство, которое упрощает совместную работу и обмен данными между специалистами.

Сегодня для выполнения широкого спектра инженерных задач используют множество компьютерных программ. Примерами таких программ являются:

- Maxima, Scilab, Freemat, Octave, SPSS, Maple, Mathematica, Matlab, MathCad и т. д. для решения математических и статистических задач;
- Vsim, Abinit, CRYSTAL, AnyLogic, Simplex3, Simula, Adams и т. д. для моделирования физических процессов;
- КОМПАС-3D, NanoCAD 3D, SolidWorks, SolidEdge, AutoCAD и т. д. для

систем автоматизированного проектирования (САПР);

- Компас-Электрик, nanoCAD Электро, SOLIDWORKS Electrical Schematics и т. д. для электрической схемотехники и многие другие.

Maple – пакет прикладных программ, предназначенный для решения задач математики, используя символьные, численные методы, а также визуализацию. Maple позволяет решать задачи практически из любой области математики или области, которая опирается на математику, таких, как исчисление, алгебра, дифференциальные уравнения, статистика, дизайн управления, линейная алгебра, физика, оптимизация, теория групп, дифференциальная геометрия, обработка сигналов, специальные функции, теория чисел, финансовое моделирование и т. д.

Mathematica – пакет прикладных программ, предназначенный для решения задач различных областей математики (обработки изображений, сигналов и др.), используя символьные, численные методы, а также визуализацию. Mathematica может подключаться более чем 180 файловым форматам, другим языкам, Wolfram Data Drop, API, базам данных, программам, интернету вещей, устройствам и даже распределённым копиям самой себя. [2]

MATLAB – это язык инженерных расчетов, графические приложения (приложения с графическим интерфейсом), средства разработки программного обеспечения. Полноценный фреймворк для разработки систем и обучения алгоритмов с искусственным интеллектом на больших данных для задач машинного зрения, обработки сигналов, систем управления и анализа текстовых данных.

Mathcad – это приложение для математических и инженерных вычислений, промышленный стандарт проведения, распространения и хранения расчетов. Mathcad – продукт компании PTC – мирового лидера разработки систем САПР, PDM и PLM. Он обеспечивает уникальную, интуитивную инженерную среду, которая позволяет быстро осуществлять важные инженерные вычисления, в том числе и разработку технического задания, анализ исходных данных, выбор методов решения, уравнений, обоснование допущений, а также обмениваться этими вычислениями. [2]

MS Excel – табличный процессор, входящий в комплект Microsoft Office и предназначенный для обработки информации, представленной в табличной форме. MS Excel специализирован для выполнения вычислений с табличными данными, имеет большое количество встроенных функций для математических, технических, статистических, финансовых и других вычислений [3].

Исследования

Рассмотрим несколько примеров решений простейших инженерных задач с помощью Mathcad, MS Excel и Matlab.

Задача №1. Цех малого предприятия должен изготовить 100 изделий трех типов (x_1 , x_2 , x_3) и не менее 20 штук изделий каждого типа. На изделия уходит 4, 3,4 и 2 кг металла соответственно, при его общем запасе 340 кг, а также расходуются по 4,75, 11 и 2 кг пластмассы, при ее общем запасе 700 кг. Прибыль, полученная от каждого изделия, равна 4, 3 и 2 руб. Определить, сколько изделий каждого типа необходимо выпустить для получения максимальной прибыли в рамках установленных запасов металла и пластмассы.

Эта задача относится к очень широкому классу задач, получившему название «оптимальный план производства при ограниченных ресурсах». Очевидно, что линейные ограничения могут распространяться не только на сырьевые ресурсы, но и на оборудование, людские ресурсы и т.д.

Решение.

Фрагмент документа MathCAD, решающий эту задачу, показан на рис. 1. В конце фрагмента выполнена проверка найденного решения (56, 20, 24). Видно, что по требуемому количеству металла (340 кг) достигнут уровень запаса – 340 кг (такое ограничение называют активным).

Задача №2. Вычисление и оценка числовых значений параметров, характеризующих выборку.

Рассмотрим применение выборочного метода в анализе данных.

Генеральная совокупность представляет собой все измерения в пределах от 35,1 до 36,9 мм. Для решения задачи мы проводим случайный отбор $n = 200$ валиков, что образует выборку. Диаметры этих валиков составляют вариационный ряд, который мы группируем в $k = 10$ равновеликих интервалов (рис. 2).

После группировки проводим анализ данных, определяя параметры распределения случайных погрешностей.

Решение. Как видно из рисунка 2 размах выборки составляет $L = X_{\max} - X_{\min} = 36,9 - 35,1 = 1,8$ мм. Если число интервалов $k = 10$, то ширина каждого из них составит $h = \frac{L}{k} = \frac{1,8}{10} = 0,18$ мм. С целью облегчения вычислительных работ составляем новую таблицу (рис. 3).

Вычисляем точечные оценки выборочного среднего и выборочной дисперсии, выборочное среднее квадратичное отклонение (стандарт), величину коэффициента вариации, расчетные значения асимметрии и эксцесса, а также значения теоретических дисперсий асимметрии и эксцесса по формулам (рис. 4).

$$f(x_1, x_2, x_3) := 4 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3$$

$$x_1 := 1 \quad x_2 := 1 \quad x_3 := 1$$

Given

$$x_1 \geq 20 \quad x_2 \geq 20 \quad x_3 \geq 20$$

$$4 \cdot x_1 + 3.4 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 \leq 340 \quad \text{ограничение на металл}$$

$$4.75 \cdot x_1 + 11 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 \leq 700 \quad \text{ограничение на пластмассу}$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 100$$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} := \text{Maximize} \left(f, x_1, x_2, x_3 \right) \quad \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 56 \\ 20 \\ 24 \end{pmatrix}$$

$$4 \cdot x_1 + 3.4 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 = 340$$

$$4.75 \cdot x_1 + 11 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 = 534 \quad \text{Проверка Ограничений}$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 100$$

Рисунок 1 – Решение задачи оптимального планирования

Вариант №7										
Порядковый № интервала k(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число попаданий в интервал p(i)	1	3	10	30	56	55	30	9	4	2
Середина интервалов x(i), мм	35,1	35,3	35,5	35,7	35,9	36,1	36,3	36,5	36,7	36,9

Рисунок 2 - Распределение объёма выборки по интервалам группирования

Порядковый номер интервала, k(i)	Средины интервалов, X(i)	Число попаданий в интервал, p(i)	Значения составляющих, используемых в промежуточных вычислениях			
			p(i)*X(i)	p(i)*X(i)^2	p(i)*X(i)^3	p(i)*X(i)^4
1	35,1	1	35,1	1232,01	43243,551	1517848,64
2	35,3	3	105,9	3738,27	131960,931	4658220,864
3	35,5	10	355	12602,5	447388,75	15882300,63
4	35,7	30	1071	38234,7	1364978,79	48729742,8
5	35,9	56	2010,4	72173,36	2591023,624	93017748,1
6	36,1	55	1985,5	71676,55	2587523,455	93409596,73
7	36,3	30	1089	39530,7	1434964,41	52089208,08
8	36,5	9	328,5	11990,25	437644,125	15974010,56
9	36,7	4	146,8	5387,56	197723,452	7256450,688
10	36,9	2	73,8	2723,22	100486,818	3707963,584
СУММА		200	7201	259289,12	9336937,906	336243090,7

Рисунок 3 - Значения составляющих, необходимых для определения точечных оценок параметров распределения

Если сравнить вычисленные значения асимметрии и эксцесса со значениями, выведенными из квадратных корней, их только что найденных дисперсии, то убедимся в следующем (рис.5):

Принимая уровни значимости $\alpha = 0,2$ и $\alpha = 0,3$ из таблицы квантилей распределения Колмогорова $\lambda_{1-\alpha}$ найдём, что $\lambda_{p=0,8} = 1,07$ и $\lambda_{p=0,7} = 0,97$. Сравнив, придём к выводу, что вычисленное λ не превышает табличных значений $\lambda_{0,8}$ и $\lambda_{0,7}$. Задача решена.

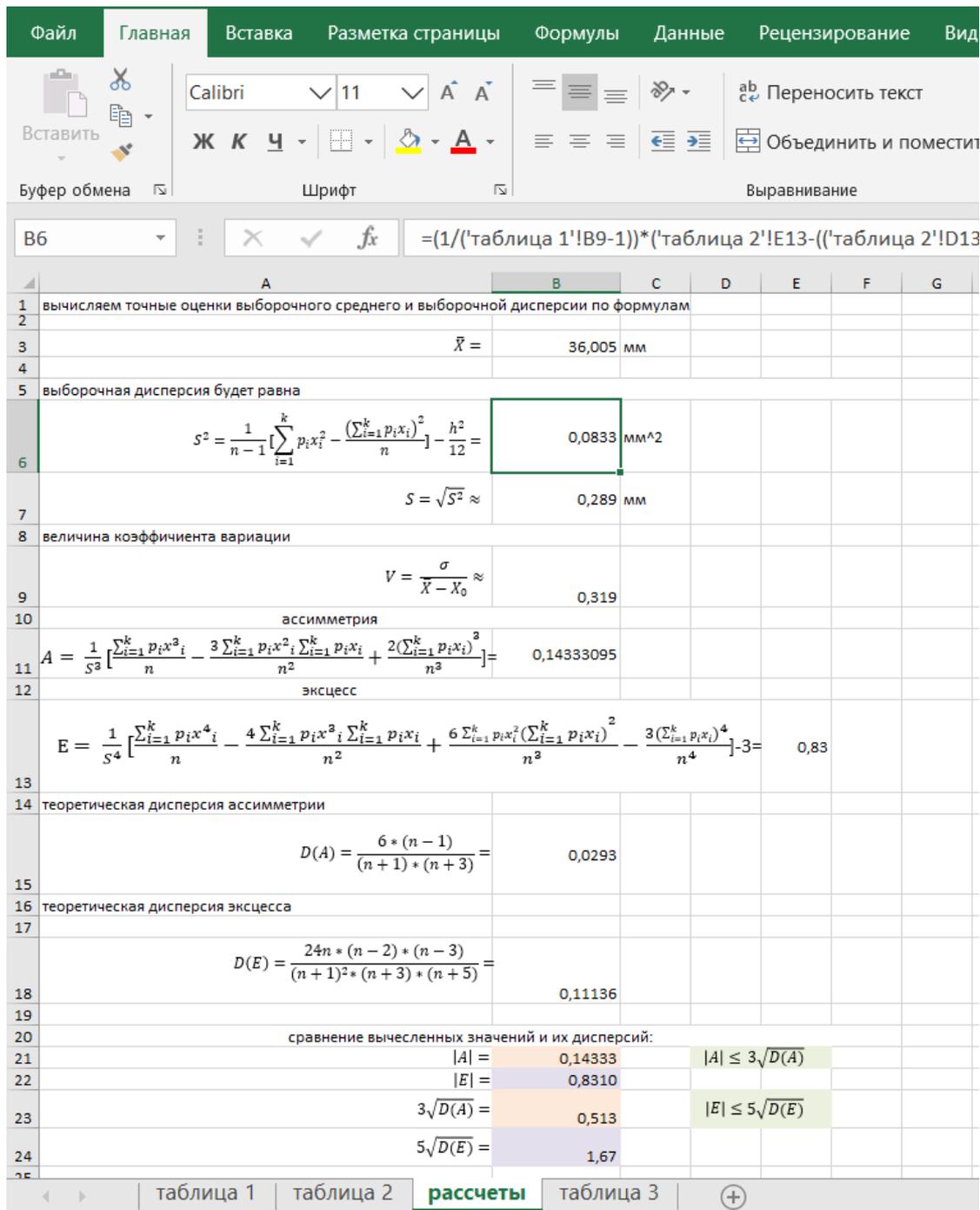


Рисунок 4 – Пример вычислений в MS Excel

Задача №3. Пример расчета надежности автоматизированной системы управления технологическими процессами (рис. 6). Необходимо определить вероятность безотказной работы АСУТП за время 1000 ч, если известно:

- интенсивность отказов РСУ составляет $2,03 \cdot 10^{-3}$ 1/ч,
- интенсивность отказов ПА3 составляет $3,63 \cdot 10^{-4}$ 1/ч,

- интенсивность отказов станции оператора DOCSt равна $0,7145 \cdot 10^{-5}$ 1/ч,
- интенсивность отказа станции оператора OCSt равна $0,4763 \cdot 10^{-5}$ 1/ч,
- интенсивность отказа соединения станции оператора DOCSt, инженерной станции SENG, рабочей станции EWS - $0,3572 \cdot 10^{-5}$ 1/ч,
- интенсивность отказа рабочей станции PRM составляет $1,43 \cdot 10^{-5}$ 1/ч,
- интенсивность отказа коммутатора составляет $2 \cdot 10^{-5}$ 1/ч. [5]

вычисления и значения для таблицы							
15							
16	$p =$	0,95	$\alpha =$	0,05	$\lambda = \frac{nD_{10}}{\sqrt{n}}$	0,352987705	
17							
18							
19	$P(x_i \leq X \leq x_{i+1}) = \Phi\left(\frac{x_{i+1}-x}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{x_i-x}{\sigma}\right)$						
20							
21	35	первая скобка	вторая скобка	$\Phi(1)$	$\Phi(2)$		
22	35,1	-2,789075563	-3,482013591	-0,4973	-0,49966	$P_{T1} =$	0,00236
23	35,2			-0,4772	-0,4973	$P_{T2} =$	0,0201
24	35,3	-2,096137535	-2,789075563	-0,4192	-0,4821	$P_{T3} =$	0,0629
25	35,4			-0,2611	-0,4207	$P_{T4} =$	0,1596
26	35,5	-1,403199507	-2,096137535	-0,008	-0,2611	$P_{T5} =$	0,2531
27	35,6			0,2517	-0,008	$P_{T6} =$	0,2597
28	35,7	-0,710261479	-1,403199507	0,4147	0,2517	$P_{T7} =$	0,163
29	35,8			0,4803	0,4147	$P_{T8} =$	0,0656
30	35,9	-0,017323451	-0,710261479	0,4971	0,4812	$P_{T9} =$	0,0159
31	36			0,49966	0,4971	$P_{T10} =$	0,00256
32	36,1	0,675614577	-0,017323451				
33	36,2						
34	36,3	1,368552605	0,675614577				
35	36,4						
36	36,5	2,061490633	1,368552605				
37	36,6						
38	36,7	2,754428661	2,061490633				
39	36,8						
40	36,9	3,447366689	2,754428661				
41	37						

Рисунок 5 – Вероятность реализации

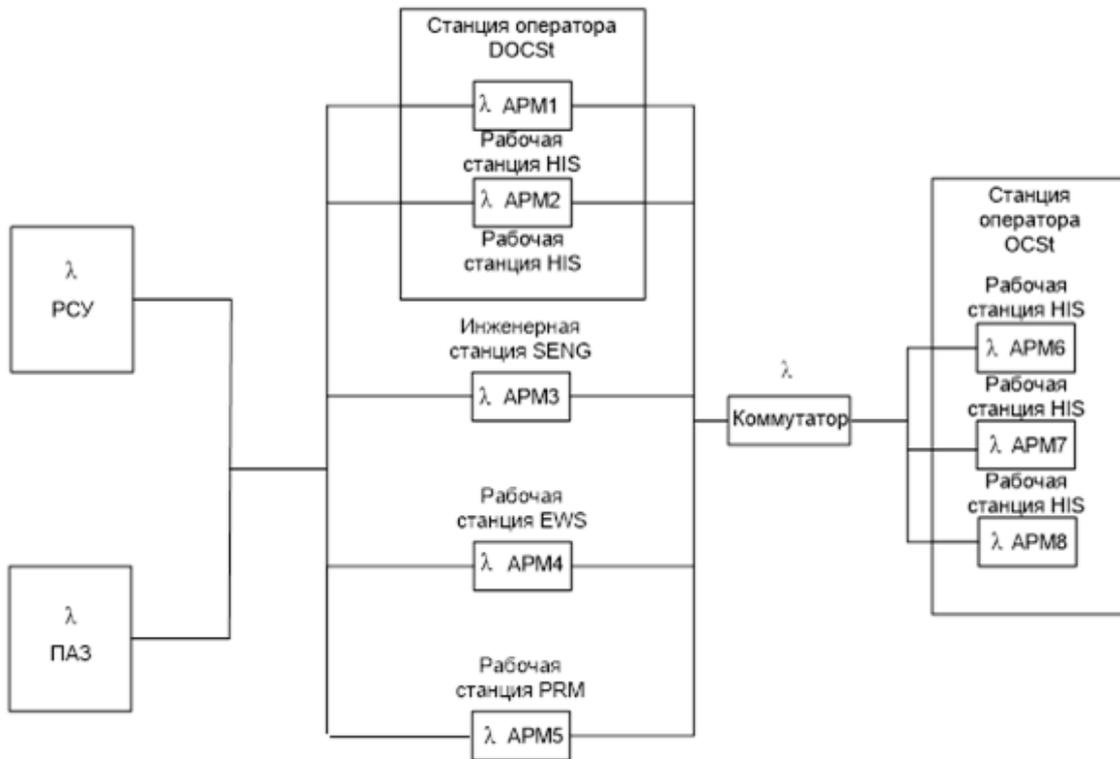


Рисунок 6 – Структурная схема АСУТП

Решение поставленной задачи предлагается реализовать в среде Simulink (рис. 7). Это расширение MATLAB, реализующее математические операции с помощью стандартных блоков, где представляется каждая элементарная операция. В качестве входных данных необходимые выступают исходные

данные, в качестве выхода блока выступает результат математической реализации установленной операции. Для организации ввода исходных данных и представления результатов расчетов вполне достаточно стандартных инструментов Simulink [6].

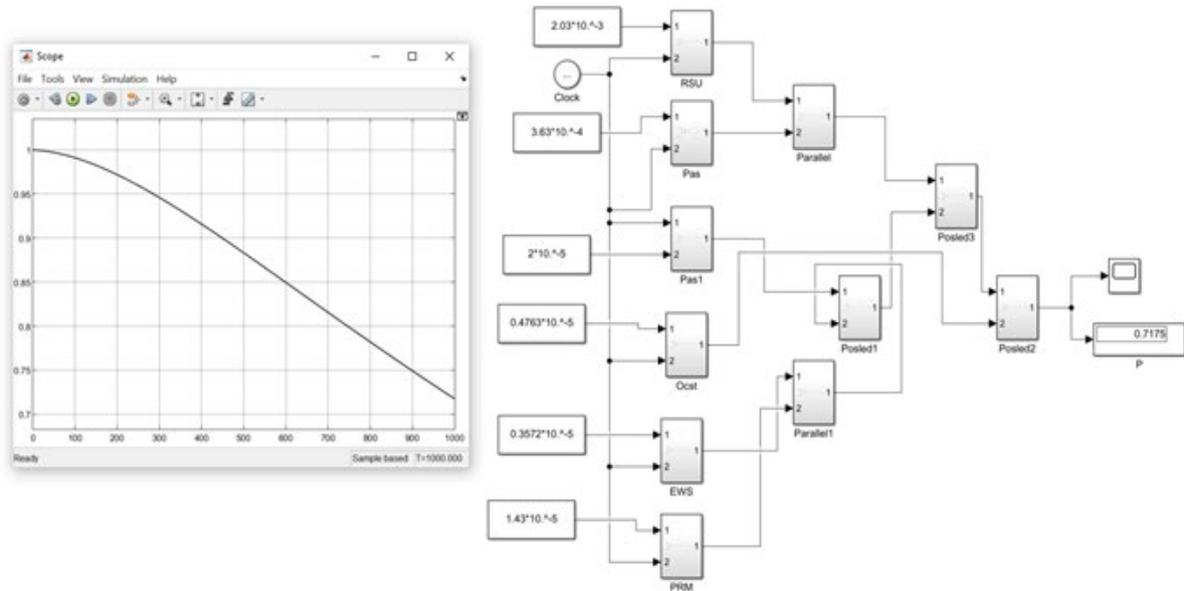


Рисунок 7 – Simulink-алгоритм расчета вероятности безотказной работы системы

Выводы

Таким образом преимуществом автоматизации инженерных расчетов является минимальная вероятность ошибки в вычислениях, а также возможность создания шаблонов и скриптов, которые можно использовать повторно для различных проектов. Это значительно упрощает процесс проектирования и ускоряет выполнение расчетов, так как инженерам не нужно каждый раз создавать расчетные модели с нуля.

Благодаря автоматизации, можно создать стандартные процедуры и алгоритмы, которые помогают сохранить единообразие в расчетах и обеспечивают более высокую точность результатов. АИР помогает снизить издержки на проектирование и уменьшить время на разработку новых продуктов.

Благодаря ускоренному процессу расчетов и анализа, компании могут быстрее вывести продукцию на рынок, что дает им конкурентное преимущество.

Кроме того, автоматизация позволяет эффективнее использовать ресурсы и сокращать затраты на персонал, что делает процесс проектирования более эффективным и экономичным. В целом, автоматизация инженерных расчетов становится неотъемлемой частью современного проектирования и помогает компаниям быть более конкурентоспособными на рынке.

Литература

1. Хамхоева, Ф. Я. Преимущества использования автоматизации производства в современных условиях в аспекте управления предприятием / Ф. Я. Хамхоева // Вестник Российского университета кооперации, 2021. – №2. – С. 88-91.
2. Некрасова, И. И. Автоматизация инженерных расчетов и построений как инструмент оптимизации решения профессиональных задач инженером путей сообщения / И. И. Некрасова, Р. А. Овчинников // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения, 2019. – №4. – С. 12-21.
3. Лекомцев, П. Л. Инженерные прикладные программы / П. Л. Лекомцев, М. А. Ниязов, Н. Л. Олин. - Ижевск: Изд-во ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. - 12 с.
4. Чарикова, И. Н. Автоматизация инженерных расчетов средствами MS Excel и Mathcad :учебное пособие / И. Н. Чарикова, Н. Н. Манаева. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т. ОГУ, 2019. – 7 с.
5. Зарипова, Р. Н. Применение matlab/simulink для анализа надежности систем / Р. Н. Зарипова, Н. Н. Алаева // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли, 2022. – С. 378-384.
6. Кривель, С. М. Анализ структурной схемы надежности технических систем с использованием SIMULINK / С. М. Кривель // Вестник ИрГТУ, 2018. - Т.22. – №6. – С. 85-97.

Зузанская С. В., Иванов С. А., Быков Н. С., Зарипова Р. Н. Автоматизация инженерных расчетов. В настоящее время большое внимание уделяется совершенствованию технологии производственных процессов, поскольку от них зависит эффективность предприятия в целом. В свою очередь задачи, которые предстоит решать на производстве, постоянно усложняются, что и обуславливает актуальность данной темы. Благодаря ускоренному процессу расчетов и анализа, компании могут быстрее вывести продукцию на рынок, что дает им конкурентное преимущество. Автоматизация инженерных расчетов позволяет эффективнее использовать ресурсы и сокращать затраты на персонал, что делает процесс проектирования более эффективным и экономичным. В целом, автоматизация инженерных расчетов становится неотъемлемой частью современного проектирования и помогает компаниям быть более конкурентоспособными на рынке.

Ключевые слова: Автоматизация, задача, модель, данные, программное обеспечение.

Zuzanskaya S. V., Ivanov S. A., Bykov N. S., Zaripova R. N. Automation of engineering calculations. Nowadays, much attention is paid to improving the technology of production processes, since the efficiency of the enterprise as a whole depends on them. In turn, the tasks to be solved in production are constantly becoming more complex, which determines the relevance of this topic. Thanks to the accelerated calculation and analysis process, companies can bring products to market faster, which gives them a competitive advantage. Automation of engineering calculations makes it possible to use resources more efficiently and reduce personnel costs, which makes the design process more efficient and economical. In general, automation of engineering calculations is becoming an integral part of modern design and helps companies to be more competitive in the market.

Keywords: Automation, task, model, data, software.

Статья поступила в редакцию 05.06.2024
Рекомендована к публикации профессором Павлышом В. Н.

Анализ математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации

Е. И. Шарибченко, Р. В. Мальчева

E-mail: sharibchenko@gmail.com

Аннотация:

В статье рассматривается роль математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации. Анализируются существующие проблемы систем обработки информации, что является важным компонентом разработки современных технологий. На основании анализа делается вывод, что математические методы и алгоритмы играют ключевую роль в управлении информацией, обработке данных и разработке новых технологий. Алгоритмическое обеспечение, в свою очередь, отвечает за разработку эффективных алгоритмов для обработки данных, решения задач управления информацией, оптимизации процессов и других задач. Описываются характерные особенности математического и алгоритмического обеспечения. Значительное внимание уделяется математическим моделям систем управления и обработки информации. Рассматриваются типы алгоритмического обеспечения. В заключении отмечается, что исследования в области математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации позволяют создавать эффективные и надёжные технологии, улучшать производительность и качество работы систем, а также разрабатывать новые инновационные решения.

Введение

Системы управления и обработки информации разрабатываются при помощи специализированных программных и аппаратных средств. Для создания таких систем используются различные инструменты, такие как языки программирования (например, Java, Python, C++), интегрированные среды разработки (IDE), базы данных, среды визуального моделирования, системы управления версиями кода и др. Для обеспечения работы систем управления информацией могут использоваться различные программные и аппаратные средства: серверы баз данных, облачные хранилища данных, средства аналитики и отчётности, инструменты для мониторинга и управления ресурсами, системы защиты информации. Управление и обработка информации требует комплексного подхода и необходимости учёта требований конкретной системы, её качества и надёжности.

В мире современных технологий математическое и алгоритмическое обеспечение играют ключевую роль. Математические методы используются для анализа данных, прогнозирования результатов, оптимизации процессов, создания криптографических систем и многих других областей. Алгоритмическое обеспечение включает в себя разработку и оптимизацию алгоритмов, которые позволяют компьютерам выполнять различные задачи, от

обработки изображений до поиска оптимального маршрута на карте.

Без математического и алгоритмического обеспечения современные технологии не могли бы существовать. Они являются основой для многих инноваций в области искусственного интеллекта, больших данных, кибербезопасности, робототехники и других областей. Таким образом, математика и алгоритмы играют важную роль в современном мире и продолжают развиваться и совершенствоваться для улучшения технологий и повышения эффективности их использования. В настоящее время математическое моделирование и алгоритмы также нашли широкое применение в сфере технологий и Интернета вещей. Они используются для разработки умных систем управления, автоматизации процессов, аналитики данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. Благодаря этому устройства становятся более умными, автономными и удобными для пользователей, что способствует повышению комфорта и эффективности их использования.

Анализ математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации играет ключевую роль в современном мире. Этот процесс включает в себя изучение и разработку различных математических моделей, алгоритмов и методов, которые позволяют эффективно

управлять и обрабатывать информацию. Благодаря такому анализу можно проанализировать существующие обеспечения и создавать новые технологии, оптимизировать процессы управления и повышать производительность систем.

Одним из ключевых аспектов анализа математического и алгоритмического обеспечения является разработка оптимальных алгоритмов для обработки информации. Это включает в себя создание программ и скриптов, которые позволяют эффективно решать различные задачи, такие как анализ данных, распознавание образов, управление процессами и другие. Такие алгоритмы являются основой для работы различных информационных систем и играют важную роль в повышении их производительности. Кроме того, анализ математического и алгоритмического обеспечения также включает в себя разработку математических моделей, которые описывают поведение системы и её взаимодействие с окружающей средой. Данные модели помогают специалистам понять особенности системы, прогнозировать её поведение и принимать обоснованные управленческие решения. Такой анализ позволяет улучшить работу систем управления и обработки информации, а также повысить их надёжность и эффективность.

Ещё одним важным аспектом анализа математического и алгоритмического обеспечения является обеспечение безопасности информационных систем, для этого разрабатываются алгоритмы шифрования данных, защиты от взломов и вирусов, а также другие методы защиты информации [2]. Такой анализ помогает сделать информационные системы более надёжными и защищёнными от киберугроз. Благодаря постоянному развитию математического и алгоритмического обеспечения, специалисты могут создавать более эффективные и интеллектуальные системы управления и обработки информации. Это открывает новые возможности для применения технологий в самых различных областях жизни, улучшает качество услуг и продуктов, повышает производительность и экономическую эффективность.

В современном мире существуют многочисленные тенденции в области систем управления и обработки информации. Одной из основных является стремительное развитие цифровых технологий, что приводит к постоянному улучшению процессов управления и обработки данных. Важным направлением также является переход к облачным технологиям, что позволяет эффективно хранить и обрабатывать большие объёмы информации. Также стоит отметить тенденцию к автоматизации процессов управления, что

позволяет повысить производительность и эффективность работы организаций. Неотъемлемой частью современных систем управления и обработки информации является защита данных. В условиях растущей угрозы кибератак такие вопросы, как кибербезопасность и управление рисками, становятся все более актуальными.

Исследования в области математического и алгоритмического обеспечения продолжают развиваться, чтобы следовать за быстро развивающимися технологиями и требованиями рынка. Постоянно совершенствуются методы анализа данных, разрабатываются новые алгоритмы и создаются инновационные технологии, которые улучшают нашу жизнь и работу в различных сферах деятельности. Математическое и алгоритмическое обеспечение – важный компонент современных технологий, который продолжает развиваться и улучшаться для достижения новых высот и решения сложных задач.

Математические модели позволяют описывать реальные явления и процессы, предсказывать их развитие и оптимизировать работу систем. Алгоритмы, в свою очередь, обеспечивают эффективное выполнение задач и операций, сокращая время работы и затраты ресурсов. Кроме того, разработка новых алгоритмов позволяет находить решения для сложных задач, которые ранее были неразрешимы.

В целом, анализ математического и алгоритмического обеспечения играет важную роль в современном мире и будет продолжать оказывать влияние на нашу жизнь и развитие технологий в будущем. С развитием Интернета вещей, больших данных и искусственного интеллекта, современные системы управления и обработки информации становятся все более сложными и многообразными. Интеграция различных технологий позволяет создавать умные системы, способные самостоятельно анализировать данные, принимать решения и оптимизировать процессы. Это открывает новые возможности для бизнеса и промышленности, улучшая их конкурентоспособность и операционную эффективность. Одной из интересных тенденций в системах управления и обработки информации является развитие технологии блокчейн. Блокчейн позволяет создавать надёжные и прозрачные цифровые реестры для хранения информации и совершения сделок без посредников. Это открывает новые возможности для улучшения безопасности и прозрачности данных, а также для создания новых бизнес-моделей и сервисов.

С другой стороны, рост объёма данных и увеличение скорости их обработки создают вызовы в области приватности и защиты

персональной информации. Компании и организации сталкиваются с необходимостью соблюдать строгие правила и стандарты по защите данных, чтобы предотвратить утечки и злоупотребление информацией. Информационная безопасность становится одним из основных приоритетов при разработке и внедрении современных систем управления и обработки информации.

Таким образом, современные тенденции в области систем управления и обработки информации отражают не только стремительное развитие технологий, но и необходимость обеспечения безопасности и прозрачности данных. Эффективное использование инноваций, цифровых технологий и защиты информации становится ключевым фактором успешного функционирования современных организаций в цифровой эпохе.

Системы управления и обработки информации в современном мире

Системы управления и обработки информации в современном мире – это комплексные технологии и инструменты, которые позволяют собирать, хранить, обрабатывать, анализировать и передавать различные данные и информацию. Такие системы включают в себя аппаратное обеспечение (компьютеры, серверы, сетевое оборудование), программное обеспечение (операционные системы, базы данных, прикладное программное обеспечение) и специализированные приложения и сервисы (CRM, ERP, BI, Big Data и др.). Такие системы играют ключевую роль в различных сферах деятельности – от производства и транспортировки до экономики и науки. Основой эффективной работы таких систем является их математическое и алгоритмическое обеспечение. Также играют важную роль в сборе, анализе и интерпретации больших объемов данных (Big Data), что позволяет выявлять новые тенденции, прогнозировать поведение рынка и клиентов, оптимизировать процессы и принимать стратегические решения [1]. Кроме того, системы управления и обработки информации помогают обеспечить безопасность и защиту данных, обеспечивая их конфиденциальность, целостность и доступность. Все это делает их неотъемлемой частью современного мира и ключевым инструментом для успешного функционирования организаций и общества в целом. Также данные системы играют важную роль в цифровой трансформации организаций, позволяя им адаптироваться к изменяющимся условиям рынка и конкурентной среды. Они обеспечивают возможность оперативного реагирования на новые требования и

возможности, повышая гибкость и мобильность бизнеса. Благодаря системам управления и обработки информации организации могут эффективнее взаимодействовать с внешними стейкхолдерами, улучшая коммуникацию и уровень сервиса. Интеграция различных технологий и приложений позволяет создавать единое информационное пространство, где данные могут быть легко доступны и использованы для принятия стратегических решений.

Системы управления и обработки информации продолжают совершенствоваться и развиваться, внедряя новые методики и технологии, такие как искусственный интеллект, машинное обучение и интернет вещей. Это позволяет организациям быть на передовой в своей отрасли и обеспечивать устойчивый рост и развитие в долгосрочной перспективе. Также такие системы способствуют повышению уровня безопасности данных организации. Современные технологии позволяют защитить информацию от утечек, взломов и других киберугроз, обеспечивая конфиденциальность и целостность данных. Кроме того, системы мониторинга и аналитики помогают выявлять возможные угрозы и предотвращать их возникновение, обеспечивая надёжную защиту организации.

Важным аспектом использования систем управления информацией является также улучшение процессов внутри компании. Автоматизация рутинных операций, оптимизация рабочих процессов и повышение эффективности работы персонала – все это способствует повышению производительности и снижению издержек. Благодаря цифровым технологиям и интеграции различных приложений, организации могут создавать гибкие и адаптивные бизнес-процессы, что в свою очередь способствует улучшению конкурентоспособности компании. Системы управления и обработки информации играют ключевую роль в анализе данных и принятии стратегических решений. Сбор, хранение и анализ больших объемов данных позволяют организации прогнозировать тенденции рынка, идентифицировать потенциальные возможности для развития бизнеса и принимать обоснованные решения. В итоге, цифровая трансформация организаций становится эффективным и перспективным путём к обеспечению роста и успешного развития компании.

Математическое обеспечение систем управления и обработки информации включает в себя различные методы и модели, которые позволяют анализировать и предсказывать поведение системы в различных условиях. Это включает в себя математические модели динамических систем, алгоритмы оптимизации,

методы статистического анализа данных и многое другое. правильный выбор методов и моделей математического анализа позволяет оптимизировать процессы управления и обработки информации, улучшая эффективность работы системы. Математическое обеспечение систем управления и обработки информации является основой для принятия решений, оптимизации процессов и предсказания результатов работы системы. Оно позволяет анализировать данные, выявлять закономерности, и строить модели, которые помогают предсказывать будущее развитие событий. Благодаря математическим методам, алгоритмам и моделям, разработчики и инженеры могут создавать системы, способные эффективно управлять и обрабатывать информацию в реальном времени.

Алгоритмическое обеспечение систем управления и обработки информации включает в себя разработку и реализацию программного обеспечения, которое обеспечивает работу системы в соответствии с её задачами и требованиями. это включает в себя разработку алгоритмов обработки данных, алгоритмов управления системой, интерфейсов для взаимодействия с пользователем и многое другое. качественное алгоритмическое обеспечение позволяет обеспечить стабильную и надёжную работу системы, а также обеспечить возможность дальнейшего развития и совершенствования. Алгоритмическое обеспечение систем управления и обработки информации играет ключевую роль в автоматизации процессов и повышении производительности системы в целом. Разработка и оптимизация алгоритмов позволяют сократить время выполнения операций, снизить расходы на обработку и хранение данных, а также повысить качество работы системы в целом. Кроме того, алгоритмы способствуют повышению безопасности системы и защите информации от несанкционированного доступа.

Таким образом, математическое и алгоритмическое обеспечение систем управления и обработки информации является ключевым элементом для обеспечения их эффективной работы и развития. в современном мире, где данные и информация играют все более важную роль, правильный анализ и выбор методов и моделей математического и алгоритмического обеспечения становится все более значимым для успешного функционирования системы. Алгоритмическое обеспечение систем управления и обработки информации играет ключевую роль в автоматизации процессов и повышении производительности системы в целом. Разработка и оптимизация алгоритмов

позволяют сократить время выполнения операций, снизить расходы на обработку и хранение данных, а также повысить качество работы системы в целом. Кроме того, алгоритмы способствуют повышению безопасности системы и защите информации от несанкционированного доступа.

Одним из ключевых аспектов разработки математического и алгоритмического обеспечения является его оптимизация под конкретные задачи и требования системы. Это требует глубокого анализа данных, предварительного тестирования алгоритмов на различных наборах данных и последующей оптимизации для достижения максимальной производительности. Такой подход позволяет создать систему, которая эффективно справляется с поставленными перед ней задачами и обеспечивает стабильную работу даже при высоких нагрузках. Кроме того, постоянное совершенствование математического и алгоритмического обеспечения является необходимым условием для поддержания конкурентоспособности системы. В условиях быстрого развития технологий и появления новых методов обработки данных, важно постоянно следить за новыми тенденциями и внедрять актуальные решения. Только таким образом можно обеспечить долгосрочную успешную работу системы управления и обработки информации.

Термин «математическое обеспечение» обычно используется для обозначения алгоритмов, основной интерес или мотивация которых математическое, а не просто применение математики [3]. Математика широко используется в обработке информации для анализа, классификации, прогнозирования и преобразования данных. Перечислим основные методы обработки информации, которые используют математику.

1. Статистика. Используется для сбора, анализа и интерпретации данных, помогает выявить закономерности, тренды и корреляции в данных.

2. Машинное обучение. Раздел искусственного интеллекта, который использует математические методы для обучения компьютеров на основе данных. Алгоритмы машинного обучения позволяют создавать модели, которые могут предсказывать результаты, классифицировать данные или оптимизировать процессы.

3. Цифровая обработка сигналов. Использует методы математики для анализа и обработки сигналов, таких как звуковые, видео- и радиосигналы. Она используется в области компьютерных графике, обработке изображений, обнаружении сигналов и многих других приложениях.

4. Криптография. Математика играет ключевую роль в криптографии – науке об защите информации. Криптографические методы используют математические алгоритмы для шифрования и дешифрования данных, защиты информации от несанкционированного доступа и обеспечения конфиденциальности.

5. Оптимизация. Математический метод для нахождения оптимального решения задачи с учётом ограничений. Она используется, например, для оптимизации производственных процессов, распределения ресурсов, управления запасами и принятия решений.

Рассмотренные методы обработки информации с использованием математики помогают извлекать ценные знания и информацию из данных, создавать прогнозы и модели, а также обеспечивать безопасность и оптимизацию процессов в различных областях.

Математические модели систем управления и обработки информации

Математические модели систем управления обычно представляют собой математические выражения, взаимосвязанные между входами, выходами и другими внутренними переменными. Создание математической модели является основой для анализа и проектирования системы управления. В зависимости от требований системы и её структуры можно выбрать соответствующую математическую модель. Например, для линейной системы можно использовать уравнения состояния, передаточную функцию или дифференциальные уравнения. Для нелинейной системы могут понадобиться нелинейные уравнения или иные методы моделирования. Математическая модель должна отражать динамику системы управления и подходить для анализа системы.

Математические модели в системах управления и обработки информации используются для представления и анализа динамики системы, её поведения и характеристик. Основные типы таких типов моделей:

Линейные модели. Такие модели очень простые и предполагают более простые решения для задач, так же они допускают эффективных методов решений. Линейные модели предполагают, что отношения между переменными системы линейны.

Нелинейные модели. Данный вид моделей включают в себя хотя бы одно нелинейное дифференциальное уравнение и описывают динамические процессы в отдельных элементах системы. Нелинейности могут быть обусловлены физическими свойствами элементов, или же введены в систему в виде корректирующих элементов [4].

Дискретные модели. В данном виде математических моделей переменные и параметры являются дискретными величинами (величины принимают конечное или счётное число значений). В задачах, связанных с такими моделями, множество допустимых решений также дискретно. При построении и анализе дискретных моделей используются математические методы дискретной математики, алгебраические и другие известные математические методы, а иногда требуется разработка новых [5]. Эти модели применяются, когда информация или сигналы обрабатываются в отдельные моменты времени, а не непрерывно.

Статистические модели. Данный вид представляет собой математическое представление наблюдаемых данных, которое помогает аналитикам и специалистам по обработке данных визуализировать взаимосвязи и закономерности между наборами данных. Используются для анализа данных и прогнозирования поведения системы на основе вероятностных распределений и статистического анализа.

Оптимизационные модели. Эти модели состоят из целевой функции и систем ограничений в форме уравнений или неравенств. Направлены на поиск наиболее эффективного (оптимального) управленческого решения при соблюдении установленных ограничений. Такие модели направлены на нахождение оптимального решения задачи, часто с использованием методов линейного и нелинейного программирования.

Динамические модели. Предназначаются для описания различных процессов, явлений или исследования динамических процессов. В основе таких моделей лежат математические методы решения дифференциальных и алгебраических уравнений. Динамические модели описывают, как система развивается со временем, и часто представлены в виде дифференциальных уравнений.

Модели состояний. Такие модели являются описанием изучаемых объектов и процессов их функционирования. В этих моделях система описывается набором переменных состояния, которые изменяются во времени под воздействием входных сигналов. Для каждой системы управления и обработки информации разрабатываются свои модели состояния, учитывающие целевое назначения и функционирования системы.

Вышеперечисленные модели являются фундаментальными инструментами для анализа и проектировки системы управления и обработки информации в различных приложениях. Математические модели играют ключевую роль в анализе информации, позволяя исследователям

и аналитикам понимать сложные данные и принимать обоснованные решения.

Выбор подходящей математической модели для системы управления или обработки информации зависит от конкретных характеристик и требований данной системы. Перед началом разработки специального математического обеспечения следует детально изучить систему обработки информации, понять, что конкретно нужно управлять или обрабатывать в системе, какие параметры и переменные влияют на её работу. Очень важна и структура системы управления или обработки информации, наличие обратной связи, линейности или нелинейности элементов и др.

После выбора модели, необходимо провести её анализ и верификацию, чтобы убедиться в том, что она корректно описывает поведение системы и соответствует требованиям. Можно использовать моделирующие программы или математические методы для проверки. В процессе анализа и проверки модели можно обнаружить необходимость внесения изменений или уточнения параметров. В этом случае следует внести соответствующие коррективы и повторно проверить модель. После подтверждения корректности и соответствия модели требованиям, её можно использовать для анализа, проектирования и оптимизации системы управления или обработки информации.

Методы оптимизации систем управления и обработки информации

Оптимизация параметров в системах управления и обработки информации – это процесс настройки системы для достижения наилучшей производительности. Это включает в себя выбор оптимальных значений для различных параметров, которые влияют на работу системы.

Методы оптимизации в системах управления и обработки информации используются для улучшения производительности и эффективности, а также для решения сложных задач принятия решений. Математические алгоритмы оптимизации играют важную роль в системах управления и обработки информации. Они помогают определять наилучшие возможные решения для задач, связанных с ресурсами, планированием и принятием решений. Одними из наиболее распространённых алгоритмов оптимизации, используемых в таких системах, можно назвать методы линейного программирования; метод нелинейного программирования; метод целочисленного программирования; метод динамического программирования; метод ветвей

и границ; генетические алгоритмы; симплекс-метод.

Линейное программирование – один из самых мощных и популярных инструментов математического моделирования, охватывающий обширные области человеческой деятельности, включая экономику, окружающую среду, технологии, сложные сети, исследования и многое другое. Линейное программирование существует в различных формах [6]. Метод линейного программирования включает в себя симплекс-метод и методы внутренней точки, которые решают задачи, где целевая функция и ограничения являются линейными.

Нелинейное программирование – раздел математического программирования, посвящённый теории и методам нахождения экстремумов нелинейных функций многих переменных при наличии дополнительных условий на эти переменные. Нелинейное программирование занимается проблемой оптимизации целевой функции при наличии ограничений равенства и неравенства [7].

Методы целочисленного программирования используется, когда переменные решения должны быть целыми числами. Включает в себя метод ветвей и границ, метод ветвей и отсечений.

Динамическое программирование – это метод решения сложных задач, которые требуют решения одних и тех же подзадач. Он делает это, разбивая исходную задачу на подзадачи, а затем пытается найти решение для этих подзадач. Как только он найдёт это, он сохранит эти решения для повторного использования позже.

Метод ветвей и границ используется для решения задач оптимизации, особенно целочисленного программирования, путём систематического перебора кандидатов на решение. Данный метод, наиболее распространённый при решении задач целочисленного программирования и комбинаторной оптимизации [8].

Генетические алгоритмы представляют собой класс методов стохастического поиска, в общих чертах основанных на идеях биологической эволюции, которые успешно используются для решения самых разных задач [9]. Данный вид алгоритмов используют принципы естественного отбора для поиска оптимальных решений в больших и сложных пространствах поиска.

Градиентный спуск является таким методом нахождения локального минимума функции путём движения в направлении отрицательного градиента функции. По своей сути это алгоритм численной оптимизации, целью которого является нахождение оптимальных параметров – весов и смещений –

нейронной сети путём минимизации определенной функции затрат.

Симплекс-метод является популярным алгоритм для решения линейных программируемых задач, использующий итерационный подход для перемещения от одного угла выпуклого многогранника к другому.

Учитывая вышеперечисленное то при разработке математического обеспечения для систем управления и обработки информации следует обратить внимание на следующие аспекты:

1. Выбор подходящих математических моделей в зависимости от задачи системы управления или обработки информации.

2. Проверка корректности математических выкладок и алгоритмов, чтобы избежать ошибок и недостатков в реализации.

3. Учёт возможности ложных срабатываний или неправильных результатов в условиях изменчивой окружающей среды.

4. Анализ стабильности и устойчивости математических моделей при различных условиях работы системы.

5. Создание эффективных алгоритмов оптимизации и управления для повышения производительности и качества работы системы.

6. Использование современных методов математического моделирования и анализа для улучшения функциональности и надёжности системы.

7. Тестирование математического обеспечения на различных сценариях работы системы для обнаружения и устранения возможных проблем.

8. Постоянное обновление и совершенствование математического обеспечения в соответствии с изменениями в требованиях и условиях работы системы.

Алгоритмы в системах управления и обработки информации

Алгоритмическое обеспечение – это комплекс программных решений, обеспечивающих выполнение алгоритмов, которые управляют процессами в информационных системах. Алгоритмы играют решающую роль в разработке и эксплуатации систем управления и обработки информации. Они необходимы для эффективного принятия решений, оптимизации процессов и повышения общей производительности системы. С быстрым развитием технологий перспективы разработки и применения алгоритмов в этих системах постоянно развиваются. Одной из ключевых областей, где алгоритмы, как ожидается, окажут значительное влияние, является область искусственного интеллекта (ИИ). Алгоритмы искусственного интеллекта, такие как машинное

обучение и глубокое обучение, все чаще используются в системах управления и обработки информации для автоматизации задач, прогнозирования результатов и повышения эффективности системы. Разработка более совершенных алгоритмов искусственного интеллекта обещает произвести революцию в том, как эти системы работают и работают в будущем.

Другая перспектива применения алгоритмов в системах управления и обработки информации лежит в области оптимизации. Такие алгоритмы, как генетические алгоритмы, имитация отжига и оптимизация роя частиц, используются для решения сложных задач оптимизации в этих системах. Применяя эти алгоритмы, организации могут улучшить распределение ресурсов, сократить затраты и повысить общую производительность системы.

Кроме того, ожидается, что интеграция алгоритмов с аналитикой больших данных откроет новые возможности для систем управления и обработки информации. Используя алгоритмы для анализа больших объёмов данных, организации могут получать ценную информацию, выявлять закономерности и принимать решения на основе данных. Это может привести к улучшению стратегического планирования, улучшению качества обслуживания клиентов и повышению операционной эффективности.

В целом перспективы разработки и применения алгоритмов в системах управления и обработки информации обширны и многообещающи. Поскольку технологии продолжают развиваться, мы можем ожидать, что алгоритмы будут играть все более важную роль в оптимизации производительности системы, автоматизации процессов и стимулировании инноваций. Организации, которые используют эти достижения и инвестируют в разработку алгоритмов, скорее всего, останутся на шаг впереди и добьются значительных конкурентных преимуществ на рынке.

Роль алгоритмов в системах управления и обработки информации очень важна и разнообразна. Алгоритмы представляют собой набор инструкций и правил, которые описывают последовательность действий для решения определенной задачи. В системах управления и обработки информации алгоритмы используются для выполнения различных операций, таких как сбор, анализ и передача информации, принятие решений и управление процессами. Основные функции алгоритмов в системах управления и обработки информации включают:

1. Алгоритмы используются для обработки и анализа данных, например, для

сортировки, фильтрации, агрегации и вычислений.

2. Алгоритмы помогают системам принимать решения на основе доступной информации и определенных критериев.

3. Алгоритмы используются для управления процессами в системе, например, для планирования, распределения ресурсов и оптимизации производственных процессов.

4. Алгоритмы помогают системам контролировать и мониторить состояние и параметры работы, а также выявлять и предотвращать ошибки и неисправности.

5. Алгоритмы позволяют автоматизировать различные процессы и задачи, упрощая и ускоряя работу системы.

6. Без использования алгоритмов, системы управления и обработки информации не смогли бы эффективно функционировать и выполнять свои задачи. Алгоритмы позволяют оптимизировать использование ресурсов, повышать производительность и обеспечивать надёжность работы системы.

7. Благодаря алгоритмам системы способны быстро адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям, что делает их более гибкими и конкурентоспособными. Например, алгоритмы машинного обучения позволяют системам управления и обработки информации «учиться» на основе опыта и делать прогнозы на основе имеющихся данных.

8. Важно понимать, что выбор и оптимизация алгоритмов для конкретной системы имеет решающее значение для её успешной работы. Недостаточно просто применить самый популярный алгоритм – необходимо учитывать особенности задачи, условия работы системы и требования к результату.

9. В целом, использование алгоритмов в системах управления и обработки информации является ключевым фактором для достижения целей и задач системы, обеспечивая её эффективную работу, надёжность и конкурентоспособность на рынке.

Выделяются вычислительные алгоритмы, и управляющие. Вычислительные алгоритмы преобразуют некоторые начальные данные в выходные, реализуя вычисление некоторой функции. Алгоритмический процесс управляющих алгоритмов отличается от вычислительных и сводится к выдаче необходимых управляющих воздействий либо в заданные моменты времени, либо в качестве реакции на внешние события.

Алгоритмы, в которых решения поставленных задач сводятся к арифметическим действиям, называют численными алгоритмами. Также отметим, что с точки зрения современной

практики часто под алгоритмом понимают программу вычислительного (управляющего) процесса, автоматически осуществляемого средствами вычислительной техники. В этом случае критерием алгоритмичности процесса является возможность его программирования. Именно благодаря этой современной реальности, заключающейся в конструктивном подходе к математическим методам вычисления и управления, понятие алгоритма сегодня стало очень популярным не только в математике, но и в различных сферах инженерной и научной деятельности.

Из особенностей алгоритма выделяются самые главные:

1. Конечность. Алгоритм всегда должен заканчиваться после выполнения конечного числа шагов.

2. Определенность. Каждый шаг алгоритма должен быть определен.

3. Ввод. Алгоритм имеет некоторое число входных данных, задаваемых до начала его работы.

4. Вывод. Алгоритм имеет одно или несколько выходных данных.

5. Эффективность. Алгоритм считается эффективным, если все его операции можно точно выполнить в течение конечного промежутка времени [10].

В системах управления и обработки информации используются различные типы алгоритмов, каждый из которых предназначен для решения определенных задач. Вот некоторые из основных типов алгоритмов:

Алгоритм перебора – это подход к решению проблемы путём перебора всех возможных решений до тех пор, пока не будет найдено правильное. Основная концепция алгоритма перебора заключается в проверке всех возможных значений и комбинаций этих значений до тех пор, пока не будет найдено приемлемое или оптимальное решение. Это очень простой подход, который хорошо работает для небольших задач, но может быть очень неэффективным для больших задач [11]. Это самый фундаментальный и наименее сложный тип алгоритма. Кроме того, такие типы алгоритмов используются для поиска идеального или наилучшего решения, поскольку они проверяют все потенциальные решения.

Рекурсивный алгоритм – это метод в программировании, при котором функция вызывает сама себя для решения подзадачи, которая является частью более крупной задачи. Этот подход особенно полезен для решения задач, которые можно разбить на более мелкие, однотипные задачи. Рекурсивный алгоритм в программировании реализован в механизме так называемого рекурсивного процесса. Рекурсия – это подпрограмма, на которую прямо или

косвенно ссылаются другие подпрограммы, и на которую можно сослаться вместе с другими фактическими параметрами. В современных системах программирования стек обеспечивает правильную работу подпрограмм, особенно рекурсивных подпрограмм [12].

Динамическое программирование – это метод оптимизации рекурсивных решений, предпочтительный для решения рекурсивных функций с повторяющимися вызовами одних и тех же входных данных [13]. Его используют для решения сложных задач путём разбиения их на более простые подзадачи.

Алгоритм «Разделяй и властвуй» – это метод решения проблем в структурах данных, работающий по принципу рекурсии. Метод «разделяй и властвуй» является одним из наиболее популярных методов проектирования рекурсивных алгоритмов. Данный алгоритм предполагает разбиение сложной задачи на более мелкие, более управляемые подзадачи, независимые от их решения, а затем происходит объединение результатов для получения окончательного решения. При этом деление происходит до тех пор, пока более мелкие подзадачи больше не могут быть разделены дальше.

Жадные алгоритмы – это класс алгоритмов, которые решают оптимизационные задачи путём принятия локально оптимальных решений на каждом этапе с надеждой найти глобальное оптимальное решение. Жадный алгоритм всегда выбирает лучший вариант в текущий момент, без учёта последствий такого выбора для будущих решений. Жадные алгоритмы подходят для задач, где локальные оптимальные решения сочетаются в глобальное оптимальное решение.

Рандомизированный алгоритм – это алгоритм, в котором один или несколько шагов основаны на случайном выборе правила. То есть среди многих детерминированных правил одно выбирается случайно в соответствии с вероятностью [14].

Выводы

В данной статье рассматривается роль математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации. Одной из ключевых задач систем управления и обработки информации является обеспечение их эффективной работы с помощью математического и алгоритмического обеспечения. Анализ такого обеспечения позволяет оптимизировать процессы обработки данных, повысить производительность системы и обеспечить её надёжную работу.

Математическое обеспечение включает в себя различные методы и алгоритмы, которые используются для обработки данных,

оптимизации процессов и принятия решений. Это может быть как классическая математика, так и современные методы анализа данных, машинное обучение и искусственный интеллект. Выбор правильных методов и алгоритмов играет важную роль в создании эффективной системы управления информацией. Алгоритмическое обеспечение в свою очередь представляет собой набор инструкций и правил, которые определяют логику обработки данных и выполнения задач. Разработка оптимальных алгоритмов позволяет ускорить работу системы, снизить затраты ресурсов и обеспечить ее высокую производительность. Таким образом, сочетание математического и алгоритмического обеспечения является основой для создания эффективных систем управления и обработки информации.

Эффективное математическое и алгоритмическое обеспечение также играет важную роль в обеспечении безопасности и защите информации. Защита данных от несанкционированного доступа, анализ сетевой активности и обнаружение аномалий - все это требует разработки специализированных математических моделей и алгоритмов.

В целом, анализ математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации является неотъемлемой частью современной науки и технологий. Благодаря этому анализу специалисты могут создавать инновационные решения, улучшать существующие технологии и повышать эффективность работающих систем. Он играет важную роль в различных областях, таких как информационные технологии, автоматизация процессов, управление производством и многие другие сферы.

Литература

1. Назаренко, Ю. Л. Обзор технологии «большие данные» (Big Data) и программно-аппаратных средств, применяемых для их анализа и обработки / Ю. Л. Назаренко // *European science*, 2017. - №. 9 (31). – С. 25-30.
2. Москвин, А.Д. Анализ современных алгоритмов шифрования данных / А. Д. Москвин, Л. Э. Петросян // *Инженерный вестник Дона*, 2023. - № 4 (100). – С. 102-115.
3. Haigh, T. *Mathematical Software Pioneer* / T. Haigh, J. R. Rice // *IEEE Annals of the History of Computing*, 2010. 32. 72-81. 10.1109/MAHC.2010.64.
4. Каширских В. Г. Теория автоматического управления. Часть 2. Нелинейные и специальные системы [Электронный ресурс]: для студентов специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и

технологических комплексов» / В. Г. Каширских – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2012.

5. Дискретные модели [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/diskretnye-modeli-2f4cd2>

6. Антипин, А. С. Линейное программирование и динамика / А.С. Антипин, Е.В. Хорошилова // Уральский математический журнал, 2015. - Том 1. №1 (1). – С. 3-19.

7. Cornuéjols, Gérard & Pena, Javier & Tütüncü, Reha. (2018). Nonlinear Programming: Theory and Algorithms, 2018. 10.1017/9781107297340.021.

8. Kianfar, K. Branch-and-Bound Algorithms, 2011. 10.1002/9780470400531.eorms0116.

9. Dergatchev S. An analysis of genetic algorithms using evolutionary dynamics / S. Dergatchev // Известия Южного федерального университета. Технические науки, 1999. - Том 13. № 3. – С. 96-97.

10. Алексеев, В. В. Теория Алгоритмов. Учебно-методическое пособие / В. В. Алексеев // СарФТИ НИЯУ МИФИ, 2021.– 100 с.

11. Python Brute Force algorithm [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pythonhint.com/post/4526493234834360/python-brute-force-algorithm#:~:text=A%20brute%20force%20algorithm%20is,the%20problem's%20constraints%20or%20criteria>

12. Юнусова, Л. Р. Рекурсивный алгоритм / Л.Р. Юнусова, А.Р. Магсумова // Проблемы науки, 2020.- № 2 (50). – С. 43-45.

13. Dynamic Programming [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.scaler.com/topics/data-structures/dynamic-programming/>

14. Граничин, О. Н. Рандомизированные алгоритмы в задачах обработки данных и принятия решений / О. Н. Граничин // Системное программирование. – СПбУ, 2012. – С. 141-162.

Шарибченко Е.И., Мальчева Р.В. Анализ математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации. В статье рассматривается роль математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации. Анализируются существующие проблемы систем обработки информации, что является важным компонентом разработки современных технологий. На основании анализа делается вывод, что математические методы и алгоритмы играют ключевую роль в управлении информацией, обработке данных и разработке новых технологий. Алгоритмическое обеспечение, в свою очередь, отвечает за разработку эффективных алгоритмов для обработки данных, решения задач управления информацией, оптимизации процессов и других задач. Описываются характерные особенности математического и алгоритмического обеспечения. Значительное внимание уделяется математическим моделям систем управления и обработки информации. Рассматриваются типы алгоритмического обеспечения. В заключении отмечается, что исследования в области математического и алгоритмического обеспечения для систем управления и обработки информации позволяют создавать эффективные и надёжные технологии, улучшать производительность и качество работы систем, а также разрабатывать новые инновационные решения.

Ключевые слова: алгоритм, обеспечение, анализ, модель, обработка

Sharibchenko E.I., Malcheva R.V. Analysis of mathematical and algorithmic support for control and information processing systems. This article examines the role of mathematical and algorithmic support for control and information processing systems. The article analyzes the existing problems of information processing systems, which is an important component of the development of modern technologies. Based on the analysis, it is concluded that mathematical methods and algorithms play a key role in information management, data processing and the development of new technologies. And algorithmic support, in turn, is responsible for the development of effective algorithms for data processing, solving information management problems, process optimization and other tasks. The characteristic features of mathematical and algorithmic software are described. Considerable attention is paid to mathematical models of control and information processing systems.

Keywords: algorithm, support, analysis, model, processing.

Статья поступила в редакцию 30.05.2024
Рекомендована к публикации профессором Павлышом В. Н.

Вариант имитационного моделирования систем теплоснабжения и отопления в SIMULINK/SIMSCAPE

Л. Г. Тугашова, А. Р. Батыров, М. Э. Мингалев, Д. Д. Мухаметшин

Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»
кафедра автоматизации и информационных технологий
E-mail: arslan.batyrov.01@mail.ru

Аннотация:

В настоящее время важной задачей является обеспечение энергоэффективного управления тепловым режимом зданий. Решение вышеназванной задачи предполагает разработку математических и имитационных моделей тепловых режимов зданий и систем теплоснабжения. Важным этапом является определение оптимальных параметров тепловых режимов зданий и технологических установок. Для определения параметров возможно применение имитационных моделей, реализованных, в частности, с применением программного пакета *Simulink/Simscape*. В системах теплоснабжения применяются автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (ИТП). В состав ИТП входят теплообменники, насосы, регуляторы, системы автоматизации. Приведена схема ИТП, которая может быть зависимой или независимой. Также здания могут быть снабжены системами отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК, HVAC). ОВК представляет собой комплекс технологий, направленных на поддержание определенных параметров воздуха (температуры, влажности, химического состава) внутри помещений, а также салонов автомобилей (климат-контроль). Показан пример моделирования потока влажного воздуха в системе HVAC транспортного средства с применением *Simulink/Simscape*. Для решения задачи энергоэффективности на действующих технологических установках осуществляется модернизация существующей системы теплоснабжения. В работе приведен пример технического перевооружения блока стабилизации установки подготовки нефти. В существующую систему включены кожухотрубчатый теплообменник, ИТП, схема автоматизации. Результатом такого оснащения является возможность отказа от котельной и использование энергетических ресурсов технологической установки. В работе приведены расчетные значения температур теплоносителей кожухотрубчатого теплообменника. Автоматизация системы отопления на установке способствует повышению эффективности процесса и позволяет уменьшить нагрузку на операторов.

Общая постановка проблемы

Задачей исследования является разработка моделей систем теплоснабжения и отопления с применением программного пакета *Simscape* с целью оптимизации температурных режимов в жилых зданиях, а также на технологической установке.

Исследования

В настоящее время в системах теплоснабжения одним из способов решения задачи экономии тепловой энергии является внедрение индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) с системой автоматики. Важным параметром, необходимым для определения оптимального температурного режима здания, является температура в помещениях. Задачей регулирования в системах теплоснабжения является поддержание температуры воздуха внутри помещений при воздействии

возмущающих факторов (температуры наружного воздуха и др.), а также температуры воды, поступающей в систему горячего водоснабжения (ГВС), при заданных ограничениях [1]. При управлении температурным режимом применяют различные решения, например, типовые регуляторы с заданиями по температурным графикам, системы с нечеткой логикой, нейросетевые алгоритмы и др.

Особенности состояния и свойств веществ, для которых требуется организовать обмен теплом, привели к появлению большого набора технических решений. Классификация рекуператоров включает более десятка разновидностей. Основные виды, наиболее часто встречающиеся в технике и быту, бывают такими:

- Трубчатые. Эта схема появилась одной из первых и в простейшем случае выглядит как

две прямые трубы, одна из которых проходит внутри другой большего диаметра.

- Кожухотрубчатые. Развитие трубчатой схемы, когда внутренний контур образован не одной, а множеством трубок, объединенных в пучок. Наружная труба исполняет функцию защитного кожуха.

- Пластинчатые. Более современное оборудование, обладающее большим КПД, а также минимальными размерами и малым весом. Такой аппарат состоит из отдельных пластин, имеющих гофрированную поверхность.

- Пластинчато-ребристые. Разновидность схемы, в которой каналы между пластин создаются не выштамповкой на поверхности, а дополнительными элементами (ребрами), закрепляемыми сваркой.

Основное преимущество ИТП – поставка горячей воды пользователям с минимальными потерями. С его помощью можно настраивать температуру в отдельном доме через специальные индивидуальные настройки.

Располагают устройство как в отдельном техническом строении, так и в подвалах.

ИТП обеспечивает подачу тепла и воды в конкретное помещение, а также организацию вентиляции объектов различного назначения: жилых, производственных, ЖКХ. Тепловые пункты обслуживают как одиночные здания – небольшие дома или постройки, так и группу или даже сеть объектов.

В каждом случае подбирается своя схема ИТП:

- учет расхода тепла и теплоносителя;
 - защита системы теплоснабжения от аварийного повышения параметров сетевой воды;
 - отключение системы;
 - равномерное распределение теплоносителя;
 - регулировка и контроль параметров циркулирующей жидкости;
 - преобразование вида теплоносителя.
- Схема ИТП изображена на рисунке 1.

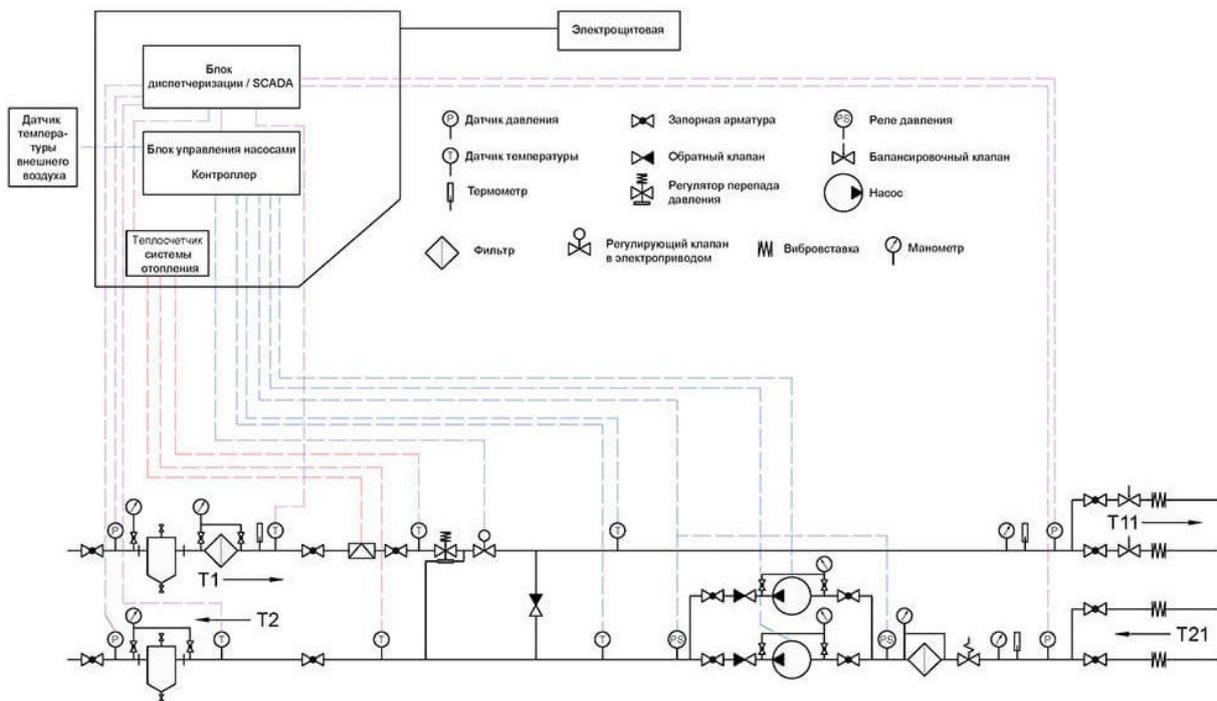


Рисунок 1 - Схема ИТП [3]

Классическая схема ИТП включает:

- ввод тепловой сети. Прибор учета.
- подключение системы вентиляции.
- подключение отопительной системы.
- подключение горячего водоснабжения.
- согласование давлений между системами теплоснабжения и теплоснабжения.
- подпитка подключенных по независимой схеме отопительных и вентиляционных систем.

У каждого теплоузла своя схема подключения, которая подбирается с учетом особенностей источника энергии. Схема ИТП может быть зависимой или независимой. В

первом случае вода поступает в контур отопления напрямую из внешней сети, и температура регулируется за счет смешивание с обратной водой. При независимой схеме ключевую роль играет двухконтурный теплообменник. Из контура котельной теплоноситель попадает в теплообменник и передает тепло в дополнительный контур.

Такая схема ИТП может применяться во всех способах подачи теплотенергии потребления, начиная с отопления и заканчивая вентиляцией [4].

Кожухотрубчатые теплообменники относятся к поверхностным теплообменным аппаратам рекуперативного типа. Широкое распространение этих аппаратов обусловлено прежде всего надежностью конструкции и большим набором вариантов исполнения для различных условий эксплуатации:

- однофазные потоки, кипение и конденсация;
 - вертикальное и горизонтальное исполнение;
 - широкий диапазон давлений теплоносителей, от вакуума до 8,0 МПа;
 - площади поверхности теплообмена от малых (1 м²) до предельно больших (1000 м² и более);
 - возможность применения различных материалов в соответствии с требованиями к стоимости аппаратов, агрессивностью, температурными режимами и давлением теплоносителей;
 - использование различных профилей поверхности теплообмена как внутри труб, так и снаружи и различных турбулизаторов;
 - возможность извлечения пучка труб для очистки и ремонта.
- различают следующие типы кожухотрубчатых теплообменных аппаратов:
- теплообменные аппараты с неподвижными трубными решетками;
 - теплообменные аппараты с неподвижными трубными решетками и с линзовым компенсатором на кожухе;
 - теплообменные аппараты с плавающей головкой;
 - теплообменные аппараты с U-образными трубами;
 - кожухотрубчатые теплообменные аппараты с неподвижными трубными решетками отличаются простотой конструкции и, следовательно, меньшей стоимостью.

Кожухотрубчатый теплообменный аппарат представляет из себя пучок теплообменных труб, находящихся в цилиндрическом корпусе (кожухе). Один из теплоносителей движется внутри теплообменных труб, а другой омывает

наружную поверхность труб. Концы труб закрепляются с помощью вальцовки, сварки или пайки в трубных решетках.

В кожух теплообменного аппарата с помощью дистанционных трубок устанавливаются перегородки. Перегородки поддерживают трубы от провисания и организуют поток теплоносителя в межтрубном пространстве, интенсифицируя теплообмен. К кожуху теплообменного аппарата привариваются штуцеры для входа и выхода теплоносителя из межтрубного пространства.

На входе теплоносителя в межтрубное пространство в ряде случаев устанавливаются отбойники, необходимые для уменьшения вибрации пучка труб, равномерного распределения потока теплоносителя в межтрубном пространстве и снижения эрозии ближайших к входному штуцеру труб. К кожуху теплообменного аппарата с помощью фланцевого соединения крепятся распределительная камера и задняя крышка со штуцерами для входа и выхода продукта из трубного пространства [5].

В рамках технического перевооружения систем управления подготовкой нефти возможна установка блочного индивидуального теплового пункта (БИТП) и кожухотрубчатого теплообменника (КТО). Вариант подключения кожухотрубчатого теплообменника показан на рисунке 2. Значения температур теплоносителей приведены в таблице 1.

Поток нефти, который поступает в КТО, проходит снизу колонны стабилизации для осуществления процесса теплообмена. Система отопления установки комплексной подготовки нефти основана на принципе теплообмена. Для этого используются теплоносители, которые циркулируют по системе и передают тепло от источника до объектов, которые необходимо подогревать.

Охлаждение нефти осуществляется с использованием промежуточного теплоносителя через теплообменник. Этот процесс играет ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности нефтеперерабатывающих предприятий.

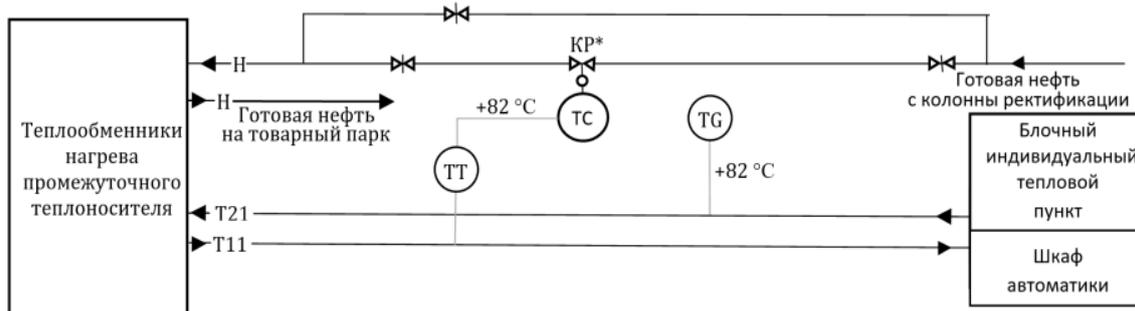


Рисунок 2 - Подключение кожухотрубчатого теплообменника на технологической установке

Таблица 1 - Данные по теплоносителям кожухотрубчатого теплообменника

Наименование частей теплообменного аппарата		Трубное	Межтрубное
Рабочая температура среды	на входе	145	78
	на выходе	82	100
Наименование рабочей среды		Нефть	Вода

В качестве теплоносителей применяются разнообразные вещества, такие как вода, водяной пар, электроэнергия, а также горячие газы и нефтепродукты. Каждый из этих теплоносителей обладает своими уникальными свойствами и преимуществами, что позволяет подобрать оптимальный вариант для конкретных условий и требований технологического процесса.

Наиболее распространённым и часто используемым теплоносителем является водяной пар. Его популярность объясняется рядом причин. Во-первых, водяной пар не представляет пожарной опасности, что особенно важно при работе с легко воспламеняющимися углеводородами. Во-вторых, он обладает высокой теплоотдачей, что способствует эффективному теплообмену и быстрому охлаждению нефти. В-третьих, водяной пар имеет относительно небольшой вес, что облегчает его транспортировку и распределение по теплообменной системе. И наконец, он легко транспортируется, что упрощает организацию производственного процесса и позволяет экономить ресурсы.

Таким образом, использование водяного пара в качестве теплоносителя для охлаждения нефти является обоснованным и эффективным решением, обеспечивающим высокую производительность и безопасность на всех этапах подготовки нефти.

Отопление, вентиляция и кондиционирование (ОВК), или HVAC (сокращение от англ. Heating, Ventilation, & Air Conditioning), представляют собой комплекс технологий, направленных на поддержание определённых параметров воздуха - температуры, влажности и химического состава - внутри помещений, включая салоны автомобилей (климат-контроль). Эти системы обеспечивают комфорт и безопасность в различных условиях, от жилых домов до коммерческих и промышленных объектов.

Разработка систем вентиляции и кондиционирования является важной частью инженерной отрасли, основанной на принципах термодинамики, гидродинамики и теплопередачи. Эти системы включают в себя широкий спектр оборудования и технологий,

таких как котлы, тепловые насосы, кондиционеры, вентиляторы и системы фильтрации воздуха. Они спроектированы для работы в разных климатических условиях и с разными типами зданий, от небоскребов до подземных сооружений.

Системы ОВК играют ключевую роль в обеспечении комфортных условий в промышленных и административных зданиях, бассейнах и других сооружениях, где поддержание оптимальных температур и влажности достигается через обработку наружного воздуха. Они обеспечивают не только комфорт, но и здоровье обитателей помещений, предотвращая проблемы, связанные с плохим качеством воздуха, такие как аллергии и респираторные заболевания.

ОВК-системы также играют важную роль в энергосбережении и экологической устойчивости. Современные системы разрабатываются с учётом энергоэффективности и минимизации воздействия на окружающую среду, используя инновационные технологии, такие как возобновляемые источники энергии и умное управление потреблением ресурсов. Они также являются неотъемлемой частью современных «умных» домов, где интеграция с системами автоматизации позволяет оптимизировать управление климатом в реальном времени, адаптируясь к изменяющимся условиям и предпочтениям пользователей.

Кроме того, системы ОВК используются для специфических задач, таких как обеспечение нужных климатических условий в медицинских учреждениях, лабораториях, дата-центрах и других специализированных объектах, где параметры воздуха критически важны для безопасности и функционирования оборудования и здоровья людей.

Таким образом, ОВК-системы представляют собой комплексный и многогранный элемент современной инфраструктуры, способствующий улучшению качества жизни, повышению производительности и защите окружающей среды.

Основные цели управления микроклиматом (HVAC) включают:

1) Создание и поддержание комфортного микроклимата для людей, растений, животных или материальных ценностей внутри зданий или сооружений.

2) Экономия энергии, необходимой для создания и поддержания желаемого микроклимата.

Это может быть применено в жилых помещениях, салонах автомобилей, космических аппаратах и других объектах. Управление микроклиматом осуществляется с помощью различных инженерных систем, таких как тёплые полы, холодные потолки, радиаторы, фанкойлы, системы кондиционирования и вентиляции, увлажнители и осушители воздуха, ионизаторы и другие. Для эффективного управления всеми этими устройствами необходима интегрированная система управления микроклиматом. При правильной настройке системы управления различные элементы должны работать гармонично в любых условиях, учитывая изменения, такие как открытые или закрытые окна, наличие людей в помещении, время суток, дни недели и изменения тарифов на энергоресурсы. Кроме того, современные здания могут быть оборудованы системами удалённого управления климатом через интернет, мобильные приложения или компьютеры диспетчеров. Пример системы (HVAC) транспортного средства изображён на рисунке 3. Представленная модель содержится в библиотеке *MatLab* [7].

В данном примере происходит моделирование потока влажного воздуха в

системе отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC) транспортного средства. Воздушный объем кабины автомобиля рассматривается как место, где влажный воздух обменивается теплом с окружающей средой. Влажный воздух проходит через рециркуляционную заслонку, вентилятор, испаритель, смешивающую дверцу и обогреватель перед возвращением в кабину. Рециркуляционная заслонка выбирает источник потока - из кабины или извне. Клапан смесителя направляет поток вокруг обогревателя для регулирования температуры.

Модель может быть запущена в двух режимах: с использованием заранее заданных системных входов или с ручным вводом данных. Параметры управления HVAC в предустановленных системных входах располагаются в подсистеме «Системные входы». В случае ручного ввода данных параметры управления могут быть настроены в процессе работы с помощью элементов управления на панели управления. Полученные графики результатов моделирования показаны на рисунке 4.

Одним из актуальных подходов к моделированию управления в системах теплоснабжения и ОВК является применение прогнозирующих моделей *MPC* (*Model Predictive Control*). В работах [8, 9] предложены подходы к управлению тепловыми режимами зданий на основе прогнозирующих моделей *MPC*. В статье [10] приведено решение по применению *MPC*-управления для систем ОВК.

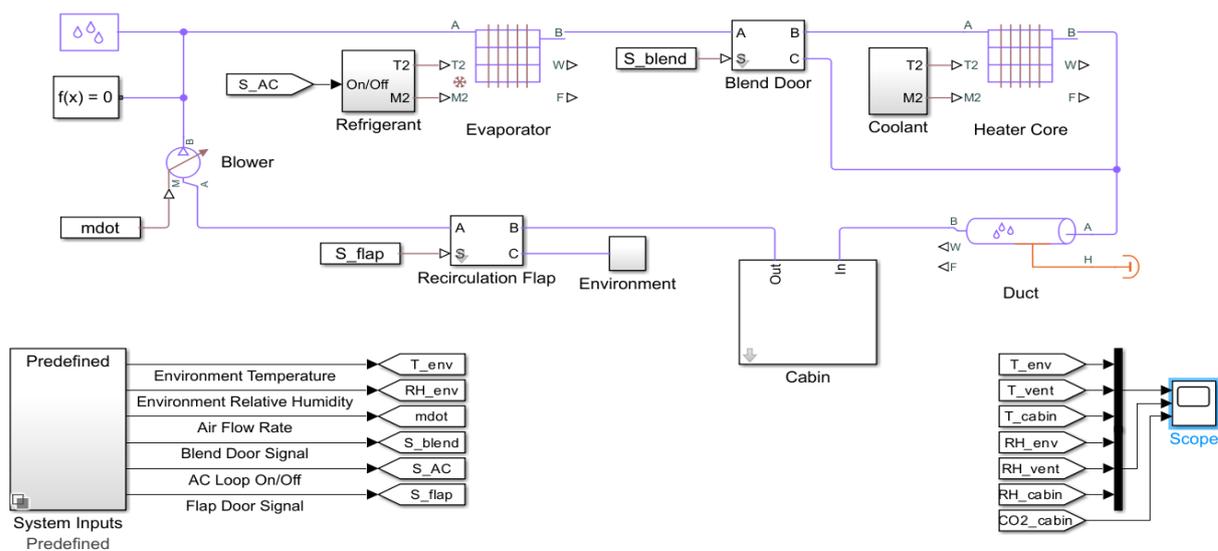


Рисунок 3 - Модель системы HVAC транспортного средства

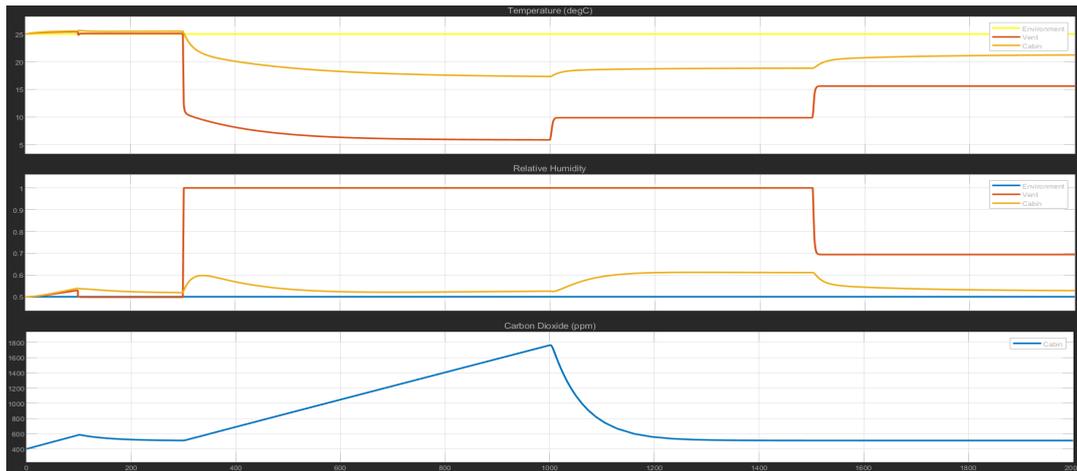


Рисунок 4 - Графики температурного режима

Выводы

Таким образом, для экономии тепловой энергии и улучшения качества переходных процессов при управлении тепловым режимом здания предлагается применять прогнозирующие модели. Эти модели позволяют более точно и эффективно контролировать параметры теплового режима, предсказывая изменения температурных условий и адаптируясь к ним. Для реализации данных моделей подходит использование библиотеки *Simscape* пакета *Matlab*, которая предоставляет мощные инструменты для моделирования физических систем.

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) представляет собой комплекс современных установок и оборудования, включающих теплообменники, насосы, регуляторы и системы автоматизации. Этот комплекс обеспечивает возможность не только значительной экономии теплоносителя, но и создания оптимального микроклимата внутри зданий и помещений, что напрямую влияет на комфорт и здоровье проживающих или работающих там людей.

Установка ИТП приносит множество эксплуатационных преимуществ. Во-первых, значительно снижаются эксплуатационные затраты, связанные с потреблением и транспортировкой тепловой энергии. Во-вторых, минимизируются тепловые потери благодаря более точному регулированию температуры и снижению излишков тепла.

Литература

1. Солдатенков А. С., Потапенко А. Н., Глаголев С. Н. Исследование математической модели управления автоматизированным индивидуальным тепловым пунктом с типовыми регуляторами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. № 1 (2). Том 14. С. 679-684.
2. Алибекова М. А. Моделирование автоматической регулировки процесса

теплообмена // *Universum: технические науки* : электрон. научн. журн. 2022. 4(97).

3. International Telecommunication Union [Electronic resource] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <https://servicepto.ru/info/chtotakoe-individualnyi-teplovoy-punkt>.

4. Миронов А. Г. Учёт теплообменных процессов в моделях магистральных нефтепроводов в пакете *matlab/simscape* // Молодая нефть: сб. статей. Всерос. молодежной науч.-техн. конф. нефтегазовой отрасли / отв. за выпуск О.П. Калякина. 2015.

5. Борисов И. И., Колюбин С. А. Комплексное моделирование мехатронных систем. Установка *Simscape Multibody Link* и экспорт моделей САПР. Моделирование захватных устройств. Описание механизма. 2020.

6. Потапов Н. С., Маслов А. А. Оценка адекватности модели адаптивной системы управления с применением средств математического моделирования // Наука - производству: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Мурманский гос. техн. ун-т. Мурманск, 2018. С. 77-84.

7. Дьяконов В. П. «MATLAB. Полный самоучитель». ДМК Пресс. 2023. 769 с.

8. Тугашова Л. Г. Моделирование температурного режима системы теплоснабжения зданий // Решение: Материалы Шестой Всероссийской научно-практической конференции, г. Березники, 14 октября 2017 г. Пермь: ПНИПУ, С. 338-340.

9. Марьясин О. Ю., Колодкина А. С. Управление тепловым режимом зданий с использованием прогнозирующих моделей // Вестник СамГТУ. 2017. № 1 (53). С. 122-132.

10. Андрийчук В. Н., Соколов В. И., Андрийчук Н. Д. Управление системами отопления, вентиляции и кондиционирования на основе MPC-подхода // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2022. № 5(157). С. 5-13.

Тугашова Л.Г., Батыров А.Р., Мингалев М.Э., Мухаметшин Д.Д. Вариант имитационного моделирования технологического объекта в Simulink/Simscape. В настоящее время важной задачей является обеспечение энергоэффективного управления тепловым режимом зданий. Решение вышеназванной задачи предполагает разработку математических и имитационных моделей тепловых режимов зданий и систем теплоснабжения. Важным этапом является определение оптимальных параметров тепловых режимов зданий и технологических установок. Для определения параметров возможно применение имитационных моделей, реализованных, в частности, с применением программного пакета Simulink/Simscape. В системах теплоснабжения применяются автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (ИТП). В состав ИТП входят теплообменники, насосы, регуляторы, системы автоматизации. Приведена схема ИТП, которая может быть зависимой или независимой. Также здания могут быть снабжены системами отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК, HVAC). ОВК представляет собой комплекс технологий, направленных на поддержание определенных параметров воздуха (температуры, влажности, химического состава) внутри помещений, а также салонов автомобилей (климат-контроль). Показан пример моделирования потока влажного воздуха в системе HVAC транспортного средства с применением Simulink/Simscape. Для решения задачи энергоэффективности на действующих технологических установках осуществляется модернизация существующей системы теплоснабжения. В работе приведен пример технического перевооружения блока стабилизации установки подготовки нефти. В существующую систему включены кожухотрубчатый теплообменник, ИТП, схема автоматизации. Результатом такого оснащения является возможность отказа от котельной и использование энергетических ресурсов технологической установки. В работе приведены расчетные значения температур теплоносителей кожухотрубчатого теплообменника. Автоматизация системы отопления на установке способствует повышению эффективности процесса и позволяет уменьшить нагрузку на операторов.

Ключевые слова: индивидуальный тепловой пункт, Simscape, моделирование, кожухотрубчатый теплообменник, отопление, кондиционирование.

Tugashova L.G., Batyrov A.R., Mingalev M.E., Mukhametshin D.D. Option for simulation modeling of a technological object in Simulink/Simscape. At present, an important task is to ensure energy-efficient management of the thermal regime of buildings. The solution to the above problem involves the development of mathematical and simulation models of thermal regimes of buildings and heat supply systems. An important stage is to determine the optimal parameters of thermal regimes of buildings and process units. To determine the parameters, it is possible to use simulation models implemented, in particular, using the Simulink / Simscape software package. Automated individual heating points (IHP) are used in heat supply systems. IHPs include heat exchangers, pumps, regulators, automation systems. The IHP diagram is given, which can be dependent or independent. Also, buildings can be equipped with heating, ventilation and air conditioning (HVAC) systems. HVAC is a set of technologies aimed at maintaining certain air parameters (temperature, humidity, chemical composition) inside buildings, as well as car interiors (climate control). An example of modeling a humid air flow in a vehicle HVAC system using Simulink / Simscape is shown. To solve the problem of energy efficiency at the existing process units, the existing heat supply system is being modernized. The paper provides an example of technical re-equipment of the stabilization unit of the oil treatment unit. The existing system includes a shell-and-tube heat exchanger, an ITP, and an automation scheme. The result of such equipment is the ability to refuse the boiler room and use the energy resources of the process unit. The paper provides the calculated values of the temperatures of the heat carriers of the shell-and-tube heat exchanger. Automation of the heating system at the unit helps to increase the efficiency of the process and reduces the load on operators.

Keywords: individual heating point, Simscape, modeling, shell-and-tube heat exchanger, heating.

*Статья поступила в редакцию 02.06.2024
Рекомендована к публикации профессором Павлышом В. Н.*

Application of economic and mathematical methods in the analysis of accounts receivable

G. N. Udeneeva, N. E. Kolsanova, G. T. Gubaidullina

E-mail: Galina.udeneeva@mail.ru

Annotation:

The author has constructed a multiple linear regression equation describing the dependence of the resultant indicator on the identified factors. Economic interpretation of the parameters of the equation of multiple linear regression was carried out. The quality of the obtained regression equation was evaluated from an economic and mathematical point of view. Multicollinearity was performed to eliminate the occurrence of errors in the mathematical model.

General statement of the problem

Nowadays the relevance of analysis and control of accounts receivable is increasing, because the successful activity of the organization is ensured by its stable financial position.

In order to avoid losses and penalties, as well as to control compliance with financial and payment discipline of settlements, it is necessary to strictly monitor the level of accounts receivable.

For this purpose, it is necessary to identify what factors have the greatest impact on the level of accounts receivable of the organization. The most appropriate technique is to build an economic and mathematical model of the dependence of the level of accounts receivable. That will further allow you to analyze it and make appropriate management decisions.

The analysis of accounts receivable is studied by many authors: S. I. Adamenkova [1], M. A. Vakhrushina [2], T. I. Grigorieva [3], Z. V. Kiryanova [4], V. G. Kogdenko [5], N. P. Lyubushin [6], V. Y. Pozdnyakov [7], G. V. Savitskaya [8], V. I. Strazhev [9], A. D. Sheremet [10] and others.

Meanwhile, without giving examples of the use of economic and mathematical methods in the analysis of accounts receivable, they only consider the possibility of their application. This leads to unexplored issues that subsequently leave gaps and inaccuracies in practical research.

Having built a model and carried out a correlation and regression analysis of the dependence of accounts receivable on output per employee, the level of utilization of production facilities and the implementation of a production plan using computer technology on the example of JSC "Minsk Bearing Plant".

The purpose of this study is to establish and evaluate the dependence of accounts receivable on:

1. output per worker;
2. the level of utilization of production capacity;

3. fulfillment of the plan for production output.

Objectives of the study:

1. To build a multiple linear regression equation describing the dependence of the resultant indicator on the identified factors.
2. To carry out economic interpretation of the parameters of the equation of multiple linear regression.
3. To evaluate the quality of the obtained regression equation from the economic and mathematical points of view.
4. To independently carry out critical (to identify shortcomings) and supporting analysis (to identify advantages) of the constructed economic and mathematical model.

Research methodology

Research methods are used:

1. Correlation analysis.
2. Regression analysis (multiple linear regression).
3. least squares method.

For the first time developed a model describing the relationship between the level of accounts receivable, output per worker, the level of utilization of production capacity and fulfillment of the plan for production output (Fig. 1).

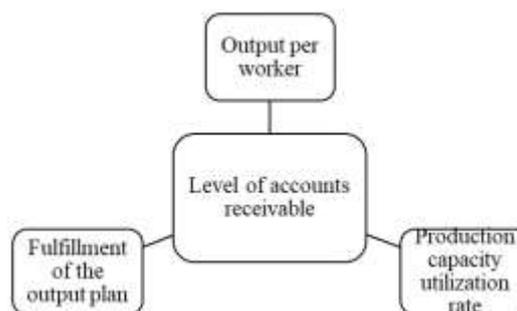


Figure 1 - Economic and mathematical model of the level of accounts receivable

To assess the quality of the model, we will conduct a correlation and regression analysis of accounts receivable with the use of computer technology. Out of the whole set of programs for conducting correlation and regression analysis, it was most appropriate to use the program product “DSTAT”. This program is distinguished not only by its accessibility for users, but also by:

- 1) the simplicity of the interface;
- 2) the presence of a large list of built-in functions and data analysis package for economic-mathematical and statistical calculations;

3) the ability to quickly adjust the initial data;

- 4) low probability of inaccuracies.

The obtained printouts of calculations are placed in the text of the article.

Theoretical assumptions of the research were confirmed on the example of JSC “Minsk Bearing Plant” (Table 1).

A matrix of pairwise correlation coefficients was constructed using computational tools (Fig. 2).

Table 1 – Initial information

Observation number	Level of accounts receivable, thousand rubles	Output per worker, thousand rubles	Production capacity utilization rate, %	Fulfillment of the output plan, %
i	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
1	4 745	1,59	19,9	100,6
2	4 875	1,68	20,2	100,8
3	5 231	2,45	21,5	101,2
4	5 121	2,23	21,1	101,5
5	4 997	1,98	20,3	101,3
6	4 867	1,46	20,3	101,1
7	4 983	1,85	20,3	101,7
8	5 123	1,97	20,3	101,9
9	5 889	2,14	21,2	102,3
10	4 987	1,87	20,2	102,8
11	6 234	2,28	21,5	103,5
12	6 457	2,42	21,6	103,9
13	6 312	3,22	22,3	103,4
14	6 241	3,21	22,3	103,3
15	6 123	3,15	22,3	103,9
16	5 937	2,89	21,7	102,6
17	5 873	2,8	21,2	102,1
18	5 982	2,89	21,8	102,5
19	6 678	3,35	22,4	103,2
20	6 498	3,22	22,2	103,1
21	6 543	3,24	22,4	103,4
22	6 231	3	22,2	103,8
23	6 347	3,12	22,3	103,2
24	6 586	3,27	22,5	103,7
25	5 573	2,98	21,9	102,2
26	5 347	2,76	21,7	102,6
27	5 457	2,85	21,7	102,9
28	5 243	2,53	21,6	102,2
29	5 197	2,49	21,6	102,2
30	4 983	1,87	20,2	101,5
31	5 009	1,93	20,3	101,8
32	4 976	1,75	20,2	101,5
33	4 863	1,67	20,1	101,4
34	4 887	1,84	20,3	101,8
35	5 165	1,85	21,2	102,2
36	5 190	1,98	21,6	102,5



Figure 2 - Matrix of pairwise correlation coefficients

Analyzed the matrix of pairwise correlation coefficients:

1. The dependent variable *y* is most closely related to variable *x3* ($r_{x3y} = 0.865$). Variables *x2* and *x4* also have high influence on it.

2. Moreover, factors *x2* and *x3* have a close relationship with each other ($r_{x2x3} = 0.934 > 0.8$), which confirms multicollinearity. Therefore, it is necessary to exclude one of the two variables.

3. It is advisable to exclude the variable *x3*. Due to the close correlation coefficients, it can be considered possible to exclude any of the two factors.

Next, a linear regression equation is constructed describing the relationship between the factors and the resulting indicator (Fig. 3).

The parameters of the model were calculated. The protocol of regression analysis results is presented below (Fig. 3-4).

Results of the study

An economic interpretation of the parameters was carried out. If the output per worker will increase by one thousand rubles, the change in accounts receivable of the organization will be + 518.22 thousand rubles. With an increase in the implementation of the plan for output by one percent, the accounts receivable of the organization will increase by an average of 333.37 thousand rubles. Factor *x2* has a greater impact on the resultant indicator.

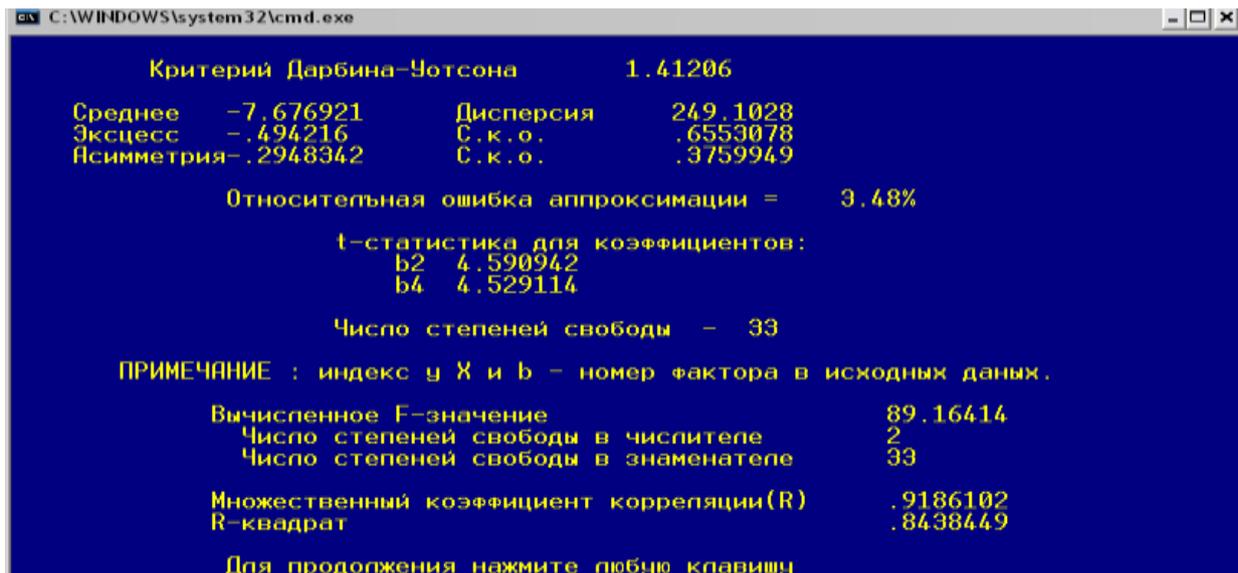


Figure 3 - Estimation of regression parameters by the least squares method

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Множественный коэффициент корреляции (R) .9186102
R-квадрат .8438449

ПОШАГОВАЯ РЕГРЕССИЯ - ПОЛУЧЕНО УРАВНЕНИЕ:
Уравнение регрессии имеет вид:
У=-2.965E+04 +5.201E+02*X2 +3.318E+02*X4
t-статистика для коэффициентов:
b2 4.590942
b4 4.529114

Число степеней свободы - 33

ПРИМЕЧАНИЕ : индекс у X и b -номер фактора в данных

Вычисленное F-значение 89.16414
Число степеней свободы в числителе 2
Число степеней свободы в знаменателе 33

Множественный коэффициент корреляции (R) .9186102
R-квадрат .8438449
Для продолжения нажмите любую клавишу
    
```

Figure 4 - Multiple stepwise regression

The quality of the obtained regression equation is evaluated from an economic and mathematical point of view. From the value of the coefficient of determination $R^2 = 0.844$ it follows:

1) the coefficient of determination is close to one (more than 0.7), so the quality of regression is good;

2) the variability of accounts receivable of the organization by 84.4% is determined by the variability of output per worker and fulfillment of the plan for production output and by 15.6% by the influence of unrecorded and random factors.

In order to test the significance of the coefficient b_1 the author:

1) formulated the hypothesis H_0 , consisting in the fact that the true parameter $\beta_1 = 0$;

2) determined $\text{trac} = 518.22 / 4.570 = 113.3961$;

3) chose the significance level of hypothesis testing $\alpha = 0.05$ (5%);

4) by means of computer technology determined $\text{trc} = 2.0345$;

5) $|\text{trac.}| = 113.3961 > \text{trc} = 2.0345$.

Conclusion - the H_0 hypothesis is likely to be recognized as incorrect $1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$, the parameter β_1 is significantly different from 0. The coefficient b_1 is significant and the output per worker has a significant impact on the level of accounts receivable of the organization.

In order to test the significance of the coefficient b_2 the author:

1) formulated the hypothesis H_0 , which is that the true parameter $\beta_2 = 0$;

2) determined $\text{trasc.} = 333,37 / 4,541 = 73,4134$;

3) chose the significance level of hypothesis testing $\alpha = 0.05$ (5%);

4) by means of computer technology determined $\text{trc} = 2.0345$;

5) $|\text{trac.}| = 73.4134 > \text{trc} = 2.0345$.

We came to the conclusion that the hypothesis H_0 is recognized as incorrect with probability $1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$ the parameter β_2 is significantly different from 0. The coefficient b_2 is significant and the implementation of the output plan has a significant impact on the level of accounts receivable of the organization.

Having analyzed the obtained value of the average approximation error (3.48%). We came to the conclusion that the obtained dependence equation has a sufficient degree of accuracy in describing the dependence.

Having analyzed the obtained Durbin-Watson criterion. The calculated criterion is equal to 1.4145. Since this criterion is within the boundaries from du to $4 - du$ ($1.41 < 1.4145 < 2.41$), we can conclude that there is no autocorrelation in the model under study.

We conclude that the resulting coupling equation has a sufficient degree of accuracy in describing the dependence.

It was carried out:

1) exponential smoothing of the series;

2) a graph was drawn;

3) a trend line was drawn;

4) the trend equation was made;

5) the reliability of approximation was checked;

6) a forecast of the level of accounts receivable for 10 periods ahead was made.

The protocol of results is presented below (Fig. 5-8).

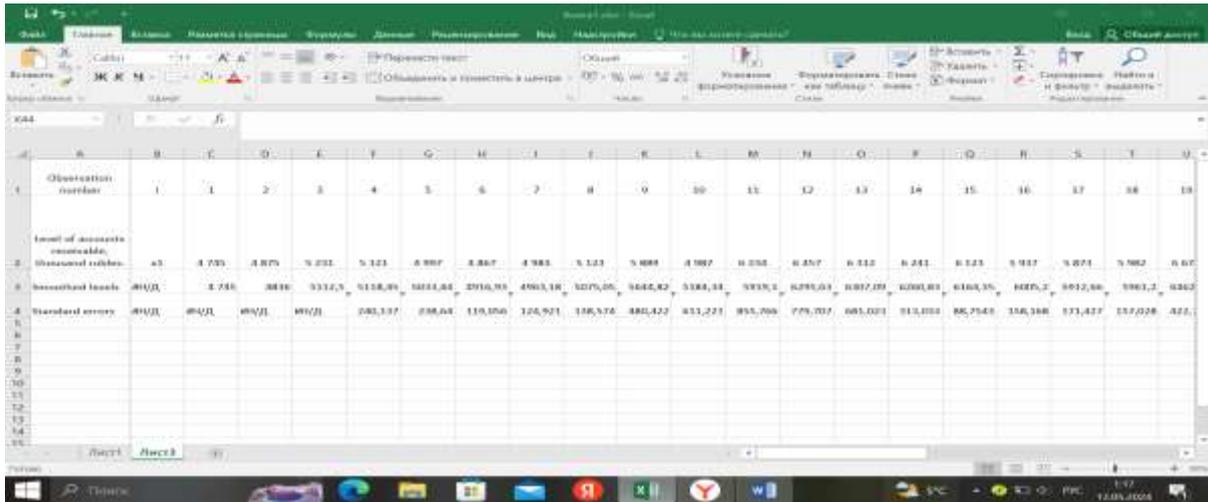


Figure 5 - Exponential smoothing

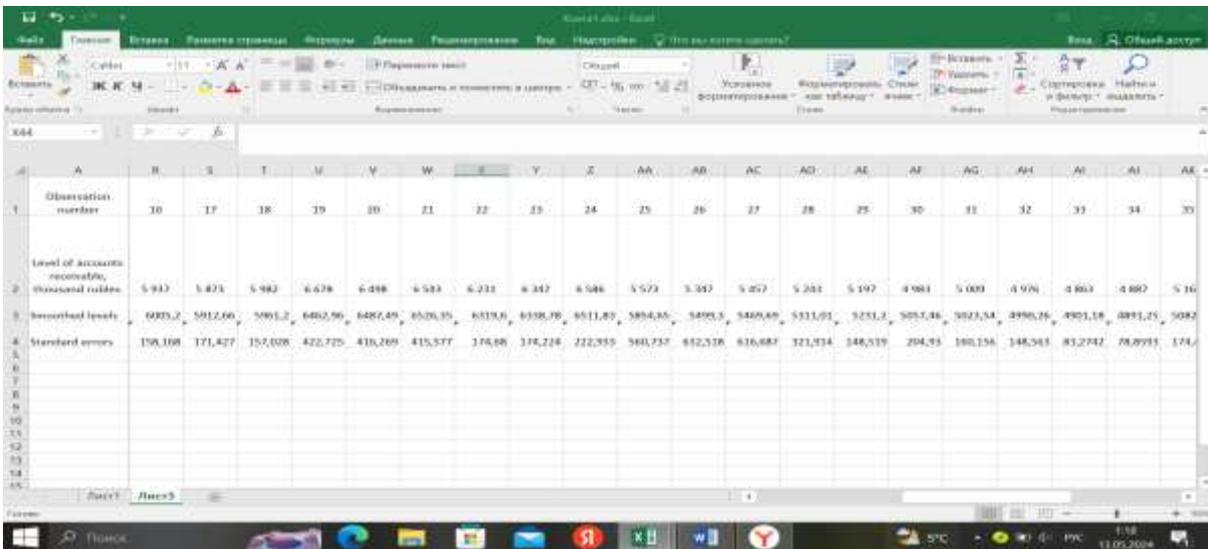


Figure 6 - Exponential smoothing

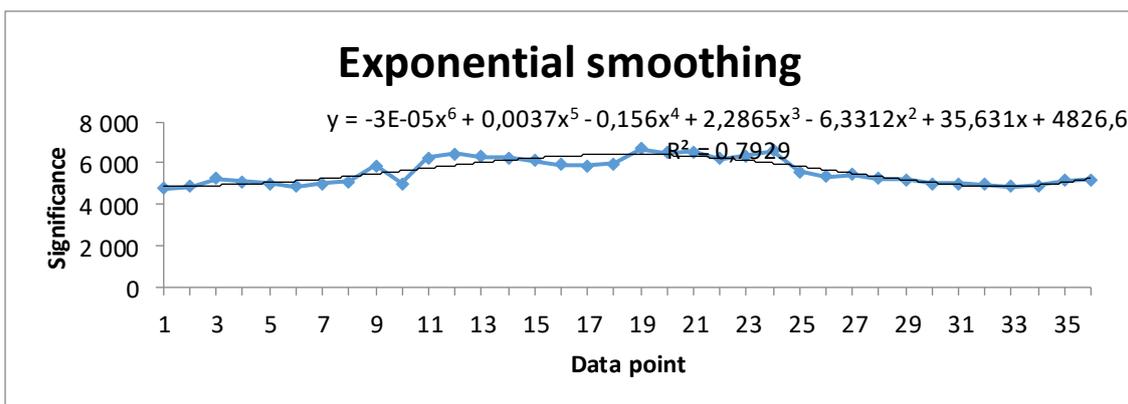


Figure 7 - Graph (line and trend equation)

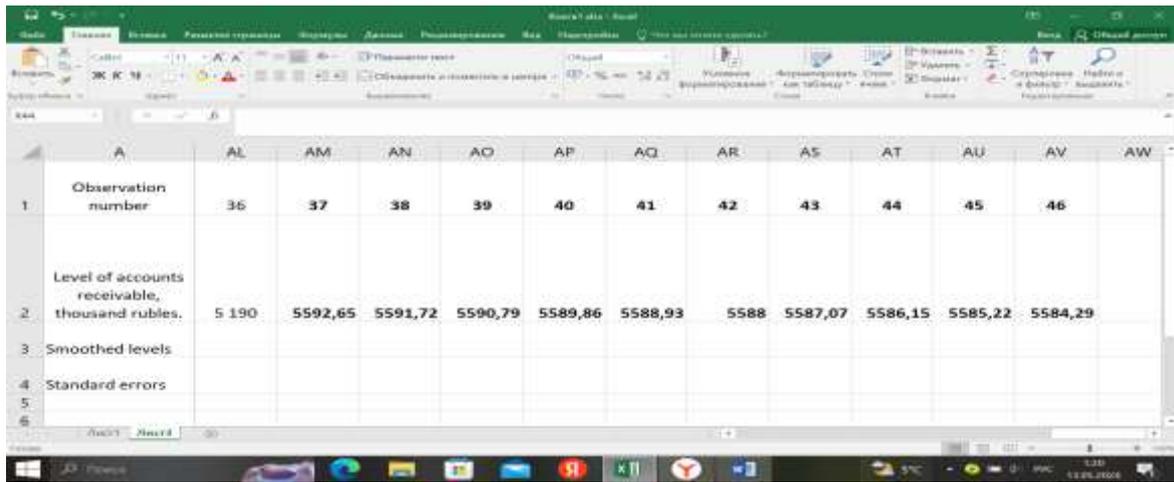


Figure 8 - Forecast of the level of accounts receivable

Conclusions

We came to the following main conclusions:

1. A multiple linear regression equation was constructed describing the dependence of the resulting indicator on the identified factors. The parameters of the model were calculated.

2. The economic interpretation of the parameters of the multiple linear regression equation is carried out.

Thus, if the output per worker will increase by one thousand rubles, the change in accounts receivable of the organization will be + 518.22 thousand rubles. With an increase in the implementation of the plan for output by one percent, the accounts receivable of the organization will increase by an average of 333.37 thousand rubles. Factor x_2 has a greater impact on the resultant indicator. It is necessary to strengthen control over compliance with financial and payment discipline of settlements to avoid losses and penalties, as well as control over the level of accounts receivable.

This information is the basis for making appropriate management decisions.

3. The quality of the obtained regression equation was evaluated from an economic and mathematical point of view.

From the value of the coefficient of determination $R^2 = 0.844$ it follows:

1) the coefficient of determination is close to one (more than 0.7), so the quality of regression is good;

2) the variability of accounts receivable of the organization by 84.4% is determined by the variability of output per worker and fulfillment of the plan for production output and by 15.6% by the influence of unaccounted and random factors. Coefficient b_1 is significant and output per worker has a significant impact on the level of accounts receivable of the organization. The coefficient b_2 is significant and the fulfillment of the plan on production output has a significant impact on the

level of accounts receivable of the organization. Having analyzed the obtained value of the average approximation error (3.48%). We came to the conclusion that the obtained dependence equation has a sufficient degree of accuracy in describing the dependence. Having analyzed the obtained Durbin-Watson criterion. The calculated criterion is equal to 1.4145. Since this criterion is within the boundaries from du to $4 - du$ ($1.41 < 1.4145 < 2.41$), we can conclude that there is no autocorrelation in the model under study.

4. Having conducted a critical and justifying analysis of the constructed economic and mathematical model. As a result, a number of advantages and disadvantages were identified.

Disadvantages:

Limited source data: using data for only 36 observations may not reflect longer economic cycles and trends.

Advantages:

1. Multicollinearity was checked and the variable x_3 was excluded, which eliminates the risk of errors and distortion of the results of the economic-mathematical model.

2. The value of the average approximation error has been calculated and analyzed, which confirms the sufficiency of the degree of accuracy in describing the dependence.

3. The Durbin-Watson criterion has been calculated and analyzed, which excludes autocorrelation in the model under study.

4. All calculations were made with the help of computing equipment, which reduces the risk of errors and distortion of results.

Literature

1. Adamenkova, S. I. Analysis of production and financial activity: study-method. manual / S. I. Adamenkova, O. S. Evmenchik – Minsk: Publishing House “Register”, 2017. – 384 c.

2. Analysis of financial statements: textbook / edited by M. A. Vakhrushina – M.: INFRA - M, 2011. – 429 с.

3. Grigorieva, T. I. Financial analysis for managers: evaluation, forecast: textbook for undergraduate and graduate studies / T. I. Grigorieva. – 3rd ed., revision and addendum – M.: Yurait Publishing House, 2017. – 486 с. – Series: Bachelor and Master. Akademicheskiy kurs.

4. Kiryanova, Z. V. Analysis of financial statements: a textbook for bachelors / Z. V. Kiryanova, E. V. Sedova – 2nd edition, revised, and supplement. – M.: Yurait Publishing House, 2014. – 428 с.

5. Kogdenko, V. G. Economic analysis: textbook for university students studying in the specialties “Finance and Credit”, “Accounting, Analysis and Audit”, “World Economy”, “Taxes and Taxation” / V. G. Kogdenko. – 2nd ed., revision and addendum – Moscow: UNITI-DANA, 2013. – 392 с.

6. Lyubushin, N. P. Economic analysis: textbook for university students studying in the specialties “Accounting, analysis and audit” and “Finance and credit” / N. P. Lyubushin. – 3rd ed., revision and addendum – Moscow: UNITI-DANA, 2010. – 575 с.

7. Pozdnyakov, V. Ya. Analysis and diagnostics of financial and economic activity of the enterprise: Textbook / Edited by Prof. V.Ya. Pozdnyakov. – M.: INFRA- M, 2012. – 617 с.

8. Savitskaya, G. V. Comprehensive analysis of economic activity of the enterprise: Textbook / G. V. Savitskaya – 6th ed., revision and addendum – M.: INFRA - M, 2015. – 607 с.

9. Strazhev, V. I. Theoretical foundations of accounting and analysis: textbook / V. I. Strazhev [et al]; ed. by V. I. Strazhev. – Minsk: Vysheyshaya shkola, 2016. – 319 p.: ill.

10. Sheremet, A. D. Comprehensive analysis of economic activity: Textbook for universities / A. D. Sheremet – Ed. revised and additional – M.: INFRA-M, 2009. – 416 с.

Уденеева Г.Н., Колсанова Н.Е., Губайдуллина Г.Т. Применение экономико-математических методов в анализе дебиторской задолженности. Построено уравнение множественной линейной регрессии, описывающее зависимость резульативного показателя от выявленных факторов. Проведена экономическая интерпретация параметров уравнения множественной линейной регрессии. Оценили качество полученного уравнения регрессии с экономической и математической точек зрения. Провели мультиколлинеарность для устранения возникновения ошибок математической модели.

Ключевые слова: дебиторская задолженность, экономико-математические методы, множественная регрессия, корреляционный и регрессионный анализ, метод наименьших квадратов

Udeneeva G.N., Kolsanova N.E., Gubaidullina G.T. Application of economic and mathematical methods in the analysis of accounts receivable. The author has constructed a multiple linear regression equation describing the dependence of the resultant indicator on the identified factors. Economic interpretation of the parameters of the equation of multiple linear regression was carried out. The quality of the obtained regression equation was evaluated from an economic and mathematical point of view. Multicollinearity was performed to eliminate the occurrence of errors in the mathematical model.

Keywords: accounts receivable, economic and mathematical methods, multiple regression, correlation and regression analysis, least squares method.

Статья поступила в редакцию 06.06.2024
Рекомендована к публикации доцентом Карабчевским В. В.

Об авторах

Батыров Арслан Рустэмович – студент кафедры автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Беловодский Валерий Николаевич - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерного моделирования и дизайна факультета информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Боднар Алина Валериевна - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Букин Сергей Леонидович – аспирант кафедры компьютерного моделирования и дизайна факультета информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Быков Никита Сергеевич - кафедра автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Дацун Наталья Николаевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математического обеспечения вычислительных систем Пермского государственного национального исследовательского университета.

Григорьев Александр Владимирович - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Губайдуллина Гульниса Тахировна - кафедра иностранных языков Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Жданович Павел Борисович - ведущий инженер-программист Управления информационного развития Волгоградского государственного медицинского университета.

Зарипова Регина Наилевна - кафедра автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Землянская Светлана Юрьевна - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных систем управления факультета информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Зузанская Софья Владимировна - кафедра автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Иванов Сергей Алексеевич - кафедра автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Колосов Максим Александрович - Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), факультет информационных технологий и управления.

Колсанова Нонна Евгеньевна - кафедра иностранных языков Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти»

Коржевич Владимир Владимирович - магистрант кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Мальчева Раиса Викторовна - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерной инженерии факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Мариничев Илья Игоревич - магистрант кафедры автоматизированных систем управления факультета информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Мингалев Максим Эдуардович - кафедра автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Мусаев Мусаев Александр Азерович - Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), факультет информационных технологий и управления.

Мухаметшин Даниил Дмитриевич - кафедра автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Парсаданян Яна Романовна - магистрант кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Петрухина Оксана Алексеевна – студентка факультета математики, информатики и физики Волгоградского государственного социально-педагогического университета.

Тугашова Лариса Геннадьевна – кафедра автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Уденеева Галина Николаевна - магистрант кафедры иностранных языков Альметьевского государственного технологического университета «Высшая Школа Нефти».

Шарибченко Елена Игоревна - аспирант кафедры компьютерной инженерии факультета интеллектуальных систем и программирования ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Шуватова Екатерина Александровна - преподаватель кафедры автоматизированных систем управления факультета информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

**Требования к статьям,
направляемым в редакцию научного журнала
«Информатика и кибернетика»**

Редколлегией принимаются к рассмотрению статьи, в которых рассматриваются важные вопросы в области информатики и кибернетики. Научный журнал издаётся с 2015 года, периодичность издания – 4 раза в год.

В журнале предусмотрены следующие рубрики:

- информатика и вычислительная техника;
- компьютерные и информационные науки;
- инженерное образование.

В соответствии с номенклатурой специальностей научных работников МОН ДНР первые две рубрики соответствуют следующим укрупненным группам специальностей научных работников:

05.01 – «Инженерная геометрия и компьютерная графика»,

05.13 – «Информатика, вычислительная техника и управление».

С 01.02.2019 Научный журнал включён в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (приказ МОН ДНР № 135) по группам специальностей 05.01.00 и 05.13.00.

Рубрика «Инженерное образование» предназначена опубликования сотрудниками научно-методических статей.

Журнал также включён в базу данных РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) (лицензионный договор № 425-07/2016 от 14.07.2016).

Статьи, представляемые в данный сборник, должны отвечать следующим требованиям. **Содержание статьи** должно быть посвящено актуальным научным проблемам и включать следующие необходимые элементы:

- постановку проблемы в общем виде, её связь с важными научными и практическими задачами;
- анализ последних исследований и публикаций, в которых решается данная задача и на которые опирается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья;
- формулировка цели статьи и постановка задач, решаемых в ней;
- изложение основного материала с полным обоснованием полученных научных результатов;
- выводы и перспективы последующих исследований в данном направлении.

Каждый элемент должен быть выделен соответствующим названием раздела, например, «введение», «постановка задачи», «цель и задачи работы», «цель статьи», «цель исследования», «цель разработки», «анализ ... », «сравнительная оценка ... », «разработка ... », «проектирование ... », «программная реализация», «тестирование ... », «полученные результаты», «выводы», «литература». Разделы «введение», «выводы», «литература» являются обязательными. Включать в названия разделов нумерацию не разрешается.

В основном тексте статьи формулируются и обосновываются полученные авторами утверждения и результаты. Выводы должны полностью соответствовать содержанию основного текста. Языки публикаций: русский, английский.

Объём статьи, формат страницы

Для оформления статьи следует использовать листы формата А4 (210x297 мм) с полями по 2,5 см со всех сторон. Нумерацию страниц выполнять не нужно.

Рекомендуемый объём статьи – 6-12 страниц. Рукописи меньшего объёма могут быть рекомендованы к публикации в качестве коротких сообщений.

Последняя страница текста статьи должна быть заполнена не менее чем на две трети, но содержать не менее трёх пустых строк в конце.

Форматирование текста

Подготовка статьи осуществляется в текстовом редакторе Microsoft Office Word.

Весь текст статьи оформляется шрифтом Times New Roman 10 пт с одинарным междустрочным интервалом, если ниже в требованиях не сказано иного. Абзацный интервал «перед» – 0 пт, «после» – 0 пт.

На первой строке с выравниванием по левому краю располагается УДК.

Заголовок (название) статьи оформляется шрифтом Times New Roman 14 пт, полужирное начертание, с выравниванием по центру (без абзацных отступов). Заголовок статьи следует печатать с прописной буквы без точки в конце, переносы слов не допускаются. Абзацный интервал «перед» – 12 пт, «после» – 12 пт.

После названия статьи следует информация об авторах, которая выравнивается по центру (без абзацных отступов). На одной строке указываются инициалы и фамилии всех авторов через запятую. Между двумя инициалами ставится пробел. С новой строки указывается название вуза (организации) и город (для каждого автора, если не совпадают). На следующей строке указываются адреса электронной почты (один адрес либо каждого автора – по желанию). Адрес электронной почты оформляется в виде гиперссылки.

К тексту аннотации применяется курсивное начертание, с выравниванием по ширине, отступы слева и справа по 1 см. Заголовок «Аннотация» выделяется полужирным начертанием. Объём аннотации – 450-550 символов (без пробелов). Абзацный интервал «перед» – 12 пт, «после» – 12 пт.

Основной текст статьи разбивается на две колонки шириной по 7,5 см (промежуток между столбцами – 0,99 см), выравнивается по ширине. Абзацный отступ первой строки – 1 см. Автоматический перенос слов не применяется.

Заголовки разделов выполняются шрифтом Arial 10 пт, полужирное курсивное начертание. Абзацный отступ отсутствует, интервал перед абзацем – 12 пт, после абзаца – 6 пт. Для заголовка «Введение» установить интервал «перед» – 0 пт, «после» – 6 пт.

Таблицы в тексте статьи

Название следует помещать над таблицей с абзацного отступа (1 см) в формате: слово «Таблица», пробел, номер таблицы, пробел, тире, пробел, название таблицы. Название таблицы записывают с прописной буквы без точки в конце строки и выравнивают по ширине. В ячейках таблицы устанавливается выравнивание текста по центру по вертикали. По горизонтали текст выравнивается по центру либо по левому краю. Границы ячеек таблицы должны быть только чёрного цвета, толщина линии – 1 пт. На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте статьи, при ссылке следует писать слово «табл.» с указанием её номера, например, «... данные приведены в табл. 5». Таблицы нумеруются в пределах статьи. Таблица располагается сразу после ссылки на неё, если это возможно (например, после окончания абзаца). Если же таблица не помещается на текущей странице, то она должна быть расположена в начале следующей страницы (или колонки). При необходимости допускается включение в статью таблицы, ширина которой превышает ширину колонки. В этом случае таблица и её название размещаются по центру страницы. Таблица не должна выступать за границы полей страницы. Таблица и её название отделяются от основного текста статьи одной пустой строкой до и после.

Рисунки в статье

Ссылки на иллюстрации по тексту статьи обязательны и оформляются в виде «... на рис. 2» и т. п. Рисунок и его подпись выравниваются по центру колонки (без абзацных отступов), положение рисунка – «в тексте». Размещается рисунок после его первого упоминания в тексте, если это возможно (например, после окончания абзаца). Если же иллюстрация не помещается на текущей странице, то она должна быть расположена в начале следующей страницы (или колонки). При необходимости допускается включение в статью рисунка, ширина которого превышает ширину колонки. В этом случае рисунок и его подпись выравниваются по центру страницы. Иллюстрация не должна выступать за границы полей страницы. Подпись рисунка оформляется в формате: слово «Рисунок», пробел, номер иллюстрации, пробел, тире, пробел, название рисунка. Название рисунка записывают с прописной буквы без точки в конце строки. Для подписи иллюстрации применяют курсивное начертание. Иллюстрация и её подпись

отделяются от основного текста статьи одной пустой строкой до и после. Не допускается выполнять рисунки с помощью встроенного графического редактора Microsoft Office Word. Если на иллюстрации имеется текст, размер шрифта должен быть не менее чем аналогичный текст, набранный шрифтом Times New Roman 10-го размера. Иллюстрация не должна содержать много незаполненного пространства.

Формулы

Формулы и уравнения рекомендуется набирать с использованием MathType (предпочтительно) или MS Equation. Формулы и математические символы не должны существенно отличаться по размеру от основного текста. Обязательной является нумерация формул, на которые имеется ссылка в тексте статьи. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, «... согласно формуле (2)». Формулы размещаются по центру колонки, а их номера – по правому краю. Как для строки с формулой, так и для первой строки пояснений (при наличии), абзацный отступ убирается. Первая строка пояснения начинается со слова «где», после которого следует поставить табуляцию на 1 см, затем само пояснение в формате: символ, подлежащий объяснению, пробел, тире, пробел, поясняющий текст, запятая, обозначение единицы измерения физической величины. Пояснения перечисляются через точку с запятой, выравниваются по ширине. Вторая и последующие строки пояснений начинаются с абзацного отступа (1 см). Весь блок текста, связанный с формулой (только формула, несколько формул подряд или формула с пояснениями), отделяется от основного текста одной пустой строкой до и после. Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак «×». Формулы и математические уравнения могут быть записаны в тексте документа, если их высота не превышает высоту строки. При этом следует учитывать, что знаки математических операций отделяются от чисел или символов пробелами с обеих сторон. Например, «Если учесть, что $y < 0$ и $2x + y = 1$, то из формулы (3) можно выразить $x...$ ». К символам, которые приведены в формуле, при дальнейшем их употреблении (в том числе в пояснениях к формуле) должно применяться курсивное начертание. При этом к любым числам (верхние и нижние индексы, содержащие цифры и т.п.), а также к математическим знакам курсивное начертание не применяется. Не допускается вставлять формулы, выполненные в виде рисунков.

Перечисления: оформление списков

Основной текст статьи может содержать перечисления, оформленные в виде маркированного списка. В качестве маркера элемента списка разрешается использовать только короткое тире «–». Каждый элемент перечисления записывается с новой строки с абзацного отступа, равного 1 см. После символа короткого тире текст располагается с отступом в 1,5 см от левой границы строки, выравнивается по ширине, при переносе на новые строки располагается без отступов. Нумерованные и многоуровневые списки включать в статью не разрешается.

Литература

В тексте статьи обязательны ссылки на все литературные источники, номер источника указывается в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Рекомендуемое количество источников, на которые ссылается автор, не менее 10. Перечень источников приводится в порядке их упоминания в статье. Библиографическое описание каждого литературного источника оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100–2018. Перечень литературных источников оформляется в виде нумерованного списка. В качестве маркеров элементов списка используют порядковые арабские цифры с точкой. Каждый источник представляет собой отдельный элемент перечисления, записывается с новой строки с абзацного отступа, равного 1 см. После порядкового номера с точкой текст располагается с отступом в 1,5 см от левой границы строки, выравнивается по ширине, при переносе на новые строки располагается без отступов.

В конце статьи обязательно приводятся аннотации на русском и английском языках, каждая заканчивается перечнем 5-6 ключевых слов.

К тексту аннотации применяется курсивное начертание, с выравниванием по ширине, отступы слева и справа по 1 см. Слово «Аннотация» опускается. Текст аннотации начинается с ФИО авторов и названия статьи, выделяемых полужирным начертанием. Аннотация на русском языке совпадает с аннотацией, приведенной в начале статьи. В тексте аннотации на английском языке после фамилии автора указывается только первая буква имени с точкой. Абзацный интервал «перед» – 12 пт, «после» – 12 пт. Ключевые слова оформляются с новой строки аналогично тексту аннотации. Заголовок «Ключевые слова:» (англ. «Keywords:») выделяется полужирным начертанием. Ключевые слова перечисляются через запятую.

Порядок представления статьи и сопроводительные документы

В редакцию необходимо представить:

- файл с текстом статьи;
- файл, содержащий фамилию, имя и отчество авторов полностью; ученую степень, ученое звание; место работы с полным указанием должности, подразделения и наименования организации, города (страны); номера телефонов и e-mail для связи;
- экспертное заключение о возможности публикации статьи, подписанное руководителем и заверенное печатью организации, в которой работает автор статьи;
- выписка из заседания кафедры или письмо организации с просьбой об опубликовании и указанием, что изложенные в статье результаты ранее не публиковались.

Статьи и сопроводительные документы следует высылать на электронный адрес infcyb.donntu@yandex.ru.

К сведению авторов

Если статья оформлена с нарушением указанных выше требований и правил, редакция после предварительного рассмотрения может отклонить статью.

На рецензирование статьи направляются членам редакционной коллегии журнала. Все статьи публикуются при наличии положительной рецензии.

В статью могут быть внесены изменения редакционного характера без согласования с автором. Ответственность за содержание статьи и качество перевода аннотаций несут авторы.

Публикация статей в научном журнале «Информатика и кибернетика» осуществляется на некоммерческой основе.

Все номера Научного журнала размещаются в электронной библиотечной системе ФГБОУ ВО «ДонНТУ» и на сайте <http://infcyb.donntu.ru/>.

CONTENT

Informatics and computer engineering

Professional Searching the Scientific Literature for Research Papers of master’s students <i>Datsun N. N.</i>	5
Development of a simulation model for the operation of a micro-service application <i>Marinichev I., Shuvatova E., Zemlyanskaya S.</i>	16
Review of the effectiveness of blockchain technology application in logistics and supply chain management <i>Korzhevich V. V., Bodnar A. V.</i> ..	23
Virtual educational IT infrastructure based on personal computers <i>Zhdanovich P.B., Petrukhnina O.A.</i>	29
A single-mass vibrating machine with inertial drive and bilinear characteristic of elastic ties <i>Belovodskiy V.N., Bukin S.L.</i>	35
The use of adaptive optimization methods in training a neural network for the task of text generation <i>Parsadanyan Y.R., Bodnar A.V.</i>	44
Stochastic chaos: problems of modeling <i>Musaev A. A., Kolosov M. A.</i>	51
Automation of engineering calculations <i>Zuzanskaya S. V., Ivanov S. A., Bykov N. S., Zaripova R. N.</i>	59
Analysis of mathematical and algorithmic support for control and information processing systems <i>Sharibchenko E.I., Malcheva R.V.</i>	66
Option for simulation modeling of a technological object in Simulink/Simscape <i>Tugashova L.G., Batyrov A.R., Mingalev M.E., Mukhametshin D.D.</i>	76
Application of economic and mathematical methods in the analysis of accounts receivable <i>Udeneeva G.N., Kolsanova N.E., Gubaidullina G.T.</i>	83
<u>About Authors</u>	90
<u>Requirements to articles which are sent to the editors’ office of the scientific journal “Informatics and Cybernetics”</u>	92

Электронное периодическое издание

Научный журнал

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

(на русском, английском языках)

№ 2 (36) - 2024

Ответственный за выпуск Р. В. Мальчева

Технический редактор Р. В. Мальчева

Компьютерная верстка Р. В. Мальчева

Подписано к выпуску 20.06.2024. Усл. печ. лист. 11,2. Уч.-изд. лист. 7,3.
Адрес редакции: ДНР, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»,
4-й учебный корпус, к. 36, ул. Кобозева, 17.
Тел.: +7 (856) 301-07-35, +7 (949) 334-89-11
E-mail: infcyb.donntu@yandex.ru, URL: <http://infcyb.donntu.ru>