

УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

DOI: 10.18137/RNU.V9I187.22.02.P.031

УДК 658.5

В.Д. Мунистер, А.Л. Золкин, В.С. Тормозов, Б.С. Стригин

УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Аннотация. Рассматривается транзакционная сущность организации распределенных вычислительных систем. Обозначается форма осуществления эталонного взаимодействия в традиционных системах передачи данных и приводится характеристика имеющихся исследований, посвященных проблемам организации управления и маршрутизации информационными процессами для устройств интернета вещей. Рассматривается алгоритм совершенствования маршрутизации информационных процессов. Детерминируется характер однонаправленной организации транзакционной операции, которая осуществляется в рамках агрегации информационных процессов, выясняются их системные связи и закономерности. Приводится модель транзакционного обеспечения информационного процесса в системе с обратной связью. Акцентируется существенная оптимизационная составляющая данных нововведений на процесс осуществления динамического регулирования трафика через средство организации промежуточного буфера данных, построенного на детерминируемом конечном автомате с механизмом магазинной памяти. Предлагается модель эффективного управляемого воздействия, построенного на методах анализа из теории мер и теории множеств. Проводится анализ применения включений в реализации метода контроля целостности данных на уровне общей модели организации. Определяется схема дуплексной транзакции и сфера ее применения в организации информационного сопровождения обмена данными. Предлагается интегративная реализация методов идентификации в рассматриваемой системе управления процессами информационно-аналитической системы на основе текущей и экспертной информации в процессе осуществления структурно-параметрического ответа на управляемое воздействие со стороны реципиента информационной услуги. Представлена схема организации сети управления процессом в двунаправленном транзакционном исполнении. Представляются результаты исследования, посвященного вопросам применения технологий граничных вычислений (на уровне буферизации) в качестве средств аналитики данных управляющих систем.

Ключевые слова: граничные вычисления, вычислительные сети, детерминируемые конечные автоматы.

V.D. Munister, A.L. Zolkin, V.S. Tormozov, B.S. Strigin

MANAGEMENT OF INFORMATION PROCESSES OF INFORMATION- ANALYTICAL SYSTEM WITH THE HELP OF BOUNDARY COMPUTATIONS

Abstract. The article deals with the transactional essence of the organization of distributed computing systems. The form of implementation of the reference interaction in traditional data transmission systems is indicated and the characteristics of the existing studies on the problems of organizing the management and routing of information processes for devices of the “Internet of things” are given. An algorithm for improving the routing of information processes is considered. The nature of the unidirectional organization of a transactional operation, which is carried out within the framework of the aggregation of information processes, is determined, their systemic relationships and patterns are clarified. The authors provide a

Мунистер Вячеслав Денисович

эксперт, Мариупольский государственный университет, город Мариуполь. Сфера научных интересов: интернет вещей; прикладная информатика; программирование. Автор более 50 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: tilandiya@yandex.com

Золкин Александр Леонидович

кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники. Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, город Самара; доцент кафедры естественно-научных дисциплин. Медицинский университет «Реавиз», город Самара. Сфера научных интересов: автоматика и автоматизация; информатика и вычислительная техника; прикладная информатика; программирование; транспорт. Автор более 300 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: alzolkin@list.ru

Тормозов Владимир Сергеевич

старший преподаватель кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем. Тихоокеанский государственный университет, город Хабаровск. Сфера научных интересов: искусственный интеллект; распознавание образов; цифровая обработка изображений. Автор более 20 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: 007465@pnu.edu.ru

Стригин Борис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурно-строительного проектирования. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва. Сфера научных интересов: исследование защитных свойств и совершенствование легких ограждающих конструкций. Автор более 120 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: striginbs@mgsu.ru

model for bringing the transactional support of the information process to a feedback system. The essential optimization component of these innovations is focused on the process of implementing dynamic traffic regulation through the means of organizing an intermediate data buffer built on a deterministic finite automaton with a push-pull mechanism. A model of an effective controlled action based on the methods of analysis from the theory of measures and the theory of sets is proposed. The analysis of the use of inclusions in the implementation of the data integrity control method at the level of the general model of the organization is carried out. The scheme of a duplex transaction and its scope in the organization of information support of data exchange are determined. An integrative implementation of identification methods in the considered process control systems of an information-analytical system is proposed based on current and expert information in the process of implementing a structural-parametric response to a controlled impact on the part of the information service recipient. A process control network organization scheme in a bidirectional transactional execution is indicated. The results of a study devoted to the use of edge computing technologies (at the buffering level) as a means of data analytics for control systems are presented.

Keywords: edge computing, computer networks, deterministic finite automata, predictive analytics.

Введение

Организация межсетевое взаимодействия в вычислительных сетях и системах является задачей приведения к некоторому формальному базису для согласованной реакции на некоторое управляющее воздействие, которое однозначно идентифицируется звеньями системы, объединяется в функциональную группу передаточных функций и обозначается общим наименованием «интерфейс», то есть представляет собой набор соглашений о взаимодействии типа и формы представления сведений, являющихся объектом передачи данных в тракте информационного обмена.

Управление информационными процессами в динамически изменяемой среде передачи данных представляется трудоемкой организационной задачей, что объясняется дуалистичной формой содержания информационного взаимодействия.

С одной стороны, форма осуществления эталонного взаимодействия в традиционных системах передачи данных может рассматриваться в контексте параметрической природы явлений и осуществляемой регистрации событий как формы представления данных; с другой – природа наблюдений рассматривает форму повторения тех или иных явлений по статистическому критерию, который более универсален, так как далеко не все характеристики окружающего мира можно однозначно идентифицировать как параметр, но можно определить величину вероятности их возникновения.

Автоматизация процессов согласования и конвертации управляющих сигналов в проводных и беспроводных сегментах сети несет существенные временные задержки, которые исчисляются десятками миллисекунд.

Структурная организация распределенных вычислений существенно осложняет процесс обеспечения однородности в процессе организации обратной связи, что объясняется каскадируемостью звеньев управления и подсистем регулирования. Организационно-техническое сопровождение процессов осуществления доставки данных сопряжено с задачей контроля времени жизни информационных сигналов на физическом и канальном уровнях модели взаимодействия открытых систем [8].

Инкапсуляция механизмов предотвращения коллизий, контроля целостности и достоверности данных, а также выполнение базовых механизмов по обеспечению конфиденциальности данных существенно усложняет процесс эффективной пропускной способности сети, фактически заполняя ее данными специфического содержания.

Актуальность проблемы содержания трафика как целостной группы признаков организованного информационного обмена играет важную роль в низкопотребляющих сетях и сетях, организованных на модели «нулевого доверия» или концепции root-of-trust [1].

Это обосновано небольшой скоростью передачи данных – ограничениями, вызванными выполнением функционального требования автономности приемопередатчиков. В системном анализе данный критерий можно отнести к перекрывающим, если говорить про соблюдение категорий функциональной полноты.

Методы исследования

В настоящем исследовании ставится цель по реализации формальной модели модернизации эталонного взаимодействия, основанной на нивелировании избыточности служебного трафика через выработку новых принципов организации управляемого воздействия на информационные процессы информационно-аналитической системы средствами системного анализа.

Рассматриваемая тема является междисциплинарной и слабоизученной, поэтому обзор исследований на подобную тему предусматривает разные критерии оценки и анализа формы выражений системных явлений и процессов [2; 11], возникающих в процессе осуществления вида взаимодействия.

В частности, в работе [11] объективной стороной исследования выступает метапредметный аппарат оценки миграционного процесса, а мерой оценки действия – векторная величина, используемая при оценке стабилизации динамических систем. В исследованиях [4; 12] обобщаются эмпирические законы из теории систем, которые построены преимущественно на эвристической оценке системных проявлений и изучении объекта исследования с позиций приведения субъектной предметной характеристики.

Новизна рассматриваемой темы характеризуется применением формальных методов системного анализа в организации транспарентного двустороннего управления транзакциями через стек-организацию обработки промежуточных данных, что не рассматривается в современных учебных и научных изданиях в качестве системного метода имплементации динамического управления.

Результаты исследования и их обсуждение

Как уже было отмечено ранее, имплементация средств контроля трафика является существенным и объективным ограничением количественных и качественных характеристик сетей [4].

На наш взгляд, следует выделить понятие контроля трафика в совершенную функциональную величину, выраженную скалярной величиной принадлежности динамической меры оценки достоверности сопровождения уровня организации технической системы.

Оценка принадлежности может осуществляться путем расчета платежных матриц или определением весовых коэффициентах на узлах сети, участвующих в замкнутом информационном обмене.

Ключевую роль в определении сопровождения играет термин «маршрутизация» – метод определения оптимальной стратегии поведения для трафика в пространственной среде, выраженной планарным или мультипланарным графом.

Системно-техническое сопровождение организации рассматриваемой системы должно быть усовершенствовано за счет применения новых подходов к синтезу звеньев управления и анализа, что обосновано прямой связью управляющей функции информационно-аналитического обеспечения и служебным трафиком, который является порождением звена управления [10].

Системная организация метода организации маршрутизации между связанными узлами сети сводится к определению канала связи и времени доступности канала для переноса управляемого воздействия от реципиента к источнику, и наоборот.

Данная схема организации является топологически выверенной, однако в случае с распределенной средой организации сети или при большом количестве оконечных и промежуточных узлов, что характерно для набирающих популярность сенсорных сетей окружающего интеллекта или интернета вещей, не может быть оптимальной в силу критериев идентификации звеньев системы.

Программные сокеты не могут однозначно идентифицировать управляемое воздействие, так как их основная роль сводится к инкапсуляции данных в форму, пригодную для отправки. Связность маршрутизации между функцией идентификации порции данных нарушается в момент делегирования контроля доставки на получателя, что в целом харак-

терно для всех типов сетей. Временной лаг, вызываемый временем ожидания от получателя, не позволяет выделить вычислительные ресурсы конкретного узла распределенной сети на расчет векторов расстояний для следующей порции данных, что, в свою очередь, делает информационную систему частично не дееспособной.

Системная проблема маршрутизации как неделимой части информационного обмена сводится к сложности оптимальной стратегии работы по анализу маршрутов для конкретных данных.

При использовании методов идентификации маршрута для объекта (данных) система находится в условиях нормального функционирования, но при этом параметры ее модели пути ищутся по результатам статистической обработки наблюдений естественных изменений величин на входе и выходе, что требует большого количества заявок на ресурсы вычислительной системы. Минимизировать количество пересылок невозможно в силу отсутствия средств агрегации данных между источником и получателем.

В связи с этим остро стоит вопрос актуальности существующей системной модели маршрутизации трафика как средства доставки данных к получателю. В существующих реалиях развития вычислительных систем при возникновении коллизий или ошибок передачи, что возможно при нарастании рангов связности мультисервисных сетей, маршрутизация как единственный посредник между пользователем и сервером превращается из поставщика информационной услуги в средство с противоположной функцией работы, и у каждой порции данных есть так называемое время жизни. И если в гомоморфных сетях избыток ошибок доступа компенсируется средствами синхронизации или выделенными каналами связи, то при полиморфном обслуживании это превращается в существенную функциональную проблему, нарушающую принципы системной композиции звена управления.

На наш взгляд, общая проблема системной организации маршрутизации детерминруется характером однонаправленной организации транзакционной операции, которая осуществляется в рамках агрегации информационных процессов.

При определении системных связей между способом осуществления информационного сервиса [7] были выявлены следующие закономерности:

- принцип конечности операций (транзакций) для полимодельной или интермодальной организации сети (что характерно для беспроводных самоорганизующихся сетей) не может иметь одинаковую силу и принадлежность, поскольку существует дифференциация сегментов сетей и связей узлов внутри их;
- управляемое воздействие при односторонней форме управления, что характерно для большинства систем передачи данных и технологий физического уровня передачи информации, несет существенный урон по компенсационным характеристикам сетей на уровне компенсационных характеристик гибридных фильтров модулируемых сигналов (гармоник);
- существующие системы передачи данных не анализируют трафик в процессе информационного обмена, что переносит существенные временные затраты на получателя, которому нужно проверить полученные данные по ряду иных категорий и критериев в силу обеспечения принципов конфиденциальности, достоверности и аудита данных.

В связи с существенными системными проблемами предлагается модель приведения транзакционного обеспечения информационного процесса к системе с прямой обратной связью.

Такая организация системы управления анализом данных требует существенных технических нововведений и синтеза новых управляющих решений в процесс осуществления динамического регулирования.

В настоящем исследовании путем системного подхода разработан принцип организации системы передачи информации при использовании новых принципов идентификации звеньев систем управления на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации, которая сводится к организации осуществления процесса в форме конечного автомата с магазинной памятью.

Так как объект исследования является формализованным субъектом, то есть подразумевает изучение эталонной модели взаимодействия открытых систем, построенной по вертикальному и горизонтальному типу организации интерфейсов, необходимо рассмотреть понятие процесса как единицы работы системы, определяющей форму передаточной функции.

Процесс в информационной и информационно-аналитической системе обработки данных может быть выражен в форме математической абстракции графориентированного потока или конечного автомата [13].

В теории вычислений конечный автомат является средством описания функциональной заявки на переходные состояния однозначной эквивалентности и имплицитности, что характерно для изоморфных систем. В условиях неопределенности источника (возбудителя) процесс невозможно однозначно идентифицировать и определять его эквивалентность заявке на вычислительный ресурс, который необходим для системы обмена. Данное тождество верно и для неопределенности получателя информационного ресурса, однако, как правило, далеко не всегда получатель информации является детерминируемым в жизненном цикле информационного сервиса.

На Рисунке 1 продемонстрирована транзакционная сущность организации информационно-аналитической системы поддержки принятия решения, основанной на оценке параметрической природы определяемых категорий данных.



Рисунок 1. Граф-схема информационно-аналитической системы, построенной на клиент-серверной архитектуре

Существенным ограничением данной системы является отсутствие биекции связей (обратимого отображения) как частного случая изоморфизма системы управления, что объясняется традиционным подходом к организации однонаправленного транзакционного взаимодействия в современных вычислительных системах: данные, обрабатываемые в транзакции, являются однонаправленным указателем для выборки инструкции обработки по некоторому закону [3].

В распределенных вычислительных системах транзакция расщепляется (проходит декомпозицию) на неделимые информационные единицы, а затем поток заявки обслуживания проходит через дезагрегацию, чтобы потом снова вернуть результаты обработки в виде целостного (агрегированного) образа.

Информационно-аналитическое обеспечение рассматриваемых типов систем переносит большую часть вычислительных и аналитических задач на сторону сервера. Это особенно характерно для централизованных систем, применяющихся в производстве (например, в системе управления сбытом и производством, системах сбора, учета и анализа данных) [14].

Но распространенная клиент-серверная архитектура вычислительных систем не обладает хорошей устойчивостью к внешним «возбудителям» (внешним заявкам на внутреннее информационные ресурсы системы управления), что объясняется невозможностью однозначно определять и управлять уровнем величины трафика извне, особенно если система подразумевает регистрацию сигналов с динамических систем окружающего мира [9].

В связи с этим разработчиками информационных систем применяется иной подход – схема организации point-to-point (P2P) модели взаимодействия. К таким моделям относятся как гибридные решения, реализуемые на уровне сенсорных слоев компьютерных систем, так и защищенные приложения веб-сервисов.

Ключевым преимуществом данного типа взаимодействия является прозрачность и высокая связность.

Под связностью подразумевается отношение динамической принадлежности узла аддикции и носителя информации. Поэтому предлагается использовать модифицированную модель обработки информационного процесса, сочетающую принципы организации концепции «границные вычисления» и топологический подход «точка-точка».

Модель включает в себя расширенный список императивов и указаний, сводящихся к алгоритмическому приведению существующей логической топологии связно-ориентированной системы для оценки переходов и состояний некоторого абстрактного класса.

Абстрактный класс выражает собой детерминированный конечный автомат, роль которого сведена к обработке и сохранению результатов событий. Реализацией такого класса может выступать память, организованная по принципу стека, а аппаратной основой – перспективные решения в области синтеза так называемой универсальной памяти (см. Рисунок 2).

Обоснованием внедрения данной методологии разработки является дилемма выбора средств обратной связи для серверного компонента сети передачи информации и конечного устройства [5].

Выражающая способность реализации автомата с магазинной памятью позволяет делегировать тракт буферизации промежуточных данных и данных, передающихся через информационную среду, а также изучать и исследовать данные через анализ массива магазинной памяти.



Рисунок 2. Автомат с магазинной памятью

Типологическая схема внедрения предполагает также возможность реализации конвейерного способа обработки данных, а репликация может приблизить данные к пользователям в распределенных средах и масштабировать производительность путем многоадресной пересылки данных через внедрение еще одного автомата с магазинной памятью для промежуточных данных.

Операция двунаправленной транзакции в промежуточном устройстве с памятью указанного типа секционируется между двумя серверами.

Модель управления нагрузкой с таким типом транзакционного взаимодействия принимает следующий вид. Если некоторая база данных содержит каталог продукции, то в случае внедрения такого типа обслуживания можно, например, создать многопользовательское приложение передачи и обработки данных в условиях обслуживания в реальном времени, направляющее обновления названий продуктов (в условиях, приближенных к реальному времени), начинающихся с букв от А до М, на узел А, а обновления продуктов, начинающихся с букв от Н до Я – на узел Б. Затем обновления реплицируются на другой узел.

Таким образом, значение классических средств организации трафика минимизируется до модели «точка-точка».

Схожая методология применяется в программной реализации средств двунаправленной репликации данных в распределенных базах данных.

Таким образом, внешние исполняемые модули, называемые агентами репликации, передают данные от издателя к распространителю, а затем – к подписчику. Тип агента репликации зависит от используемого типа репликации.

Двунаправленные транзакции через автомат с магазинной памятью релевантны, что определяется структурными особенностями стековой памяти. Общий тракт анализа данных в системе обработки данных сводится к определению синхронизации

- приема/передачи и уведомления приемопередатчика;
- установки счетчика потока в начальные состояния.

Перегрузка на промежуточном устройстве диагностируется по увеличению задержки передачи пакетов (дополнительно – по сообщениям от промежуточных маршрутизаторов), что характерно для модели транспортного протокола в модели взаимодействия систем или для согласующих звеньев промышленных сетей.

Методы управления перегрузкой сосредотачиваются на конечных устройствах, а формализация промежуточного устройства позволяет осуществлять обслуживание трафика в соответствии с принципом обслуживания, разработанным проектировщиком.

Внедрение формальной модели дискретно-событийного описания регистрируемых событий и данных в форме стековой памяти в промежуточном узле в тракте обмена информацией расширяет функциональные возможности информационно-управляющих систем [6].

Системная связь между определением регуляторной и передаточной функциями в звене стековой буферизации однозначно применима в задачах обслуживания информационных процессов.

Ретроспективная оценка качества экспертной информации сводится к попеременному сравнению жизненных циклов детерминированных величин размерности магазинной памяти устройства буферизации.

Текущая оценка экспертной ситуации (если конечное устройство является датчиком или актуатором) позволяет снизить роль традиционных средств контроля качеством регистрации значений путем использования алгоритмов регрессионной модели анализа на промежуточном устройстве или системы через функцию сравнения равенности участвующих операндов в параллельных линиях обработки через свойство эквивалентности. Способ анализа систем, где элементами множеств (коллекций) являются обработанные данные в промежуточном (граничном) узле системы передачи информации, приводит к множеству наблюдаемых проявлений свойства (D), которому должно ставиться в соответствие следующее множество значений переменной:

$$D: Si = [Si, j, j = \{1, N\}] \rightarrow Xi = [Xi, j, j = \{1, N\}],$$

где Si – i -е свойство; Xi – переменная.

Выводы

Таким образом, в рамках настоящего исследования были представлены результаты научно-исследовательской работы, посвященной вопросам применения технологий граничных вычислений на уровне организации буферизации в качестве средств аналитики управляющих систем.

Выявлена оптимизационная составляющая принципов организации взаимодействия, сформулирована ее интегративная роль и значение в процессе организации анализа данных в граничном контуре обработки.

Литература

1. Васильев Д.И., Гасанов Э.Э., Кудрявцев В.Б. О стабилизации одной автоматной модели миграционных процессов // Дискретная математика. 2019. Т. 31, № 1. С. 56–71.
2. Горлушкина Н.Н. Системный анализ и моделирование информационных процессов и систем: учебное пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2016. 120 с.
3. Задорожный В.Н., Долгушин Д.Ю., Юдин Е.Б. Аналитико-имитационные методы решения актуальных задач системного анализа больших сетей. Омск: Омский государственный технический университет, 2013. 324 с.
4. Игнатъев Н.А. Интеллектуальный анализ данных на базе непараметрических методов классификации и разделения выборок объектов поверхностями: монография. Ташкент: Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, 2010. 140 с.
5. Каширина И.А., Федутин К.А. Системный анализ мониторинговой экологической информации с помощью нейронной сети fuzzyart // Актуальные проблемы прикладной математики, ин-

форматики и механики: сборник трудов международной научной конференции (Воронеж, 17–19 декабря 2018 года). С. 1565–1571.

6. Козлов С.В. Использование соответствия Галуа для анализа данных в технических системах // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием (Тольятти, 22–24 апреля 2019 года). С. 136–143.

7. Кривоносов Д.М. Системный анализ и синтез топологической структуры проводных сетей передачи данных: специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кривоносов Дмитрий Михайлович. Волгоград, 2004. 23 с.

8. Скворцов Д.Е. Граничные вычисления: разработка модели граничных вычислений // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2018): сборник научных трудов XXI Российской научной конференции (Москва, 25–28 апреля 2018 года) / под научной редакцией Ю.Ф. Тельнова. М.: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2018. С. 110–115.

9. Ткаченко К.С. Обеспечение корректной работы интеллектуальных информационных технологий на основе изменения параметров компьютерных узлов // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании: сборник трудов научно-технической конференции в рамках Всероссийского молодежного научного форума «Общение студентов и аспирантов в научной и профессиональной сферах» (Ижевск, 26 мая 2021 года). Ижевск: Изд-во УИР ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2021. С. 128–131.

10. Тормозов В.С., Золкин А.А., Василенко К.А. Настройка, обучение и тестирование нейронной сети долгой краткосрочной памяти для задачи распознавания образов // Промышленные АСУ и контроллеры. 2020. № 3. С. 52–57.

11. Фролов А.В. Принцип конечной топологии распознавания топологических форм // Известия РАН. Теория и системы управления. 2010. № 1. С. 68–76.

12. Чистяков М.С. Цифровая экономика как катализатор постиндустриального информационного развития // Общество, культура, человек в цифровую эпоху: Медиаэкономика, медиаполитика, медиакультура: сборник научных статей / под ред. О.В. Архиповой и А.И. Климина; Ассоциация «НИЦ «Пересвет». СПб.: Форапринт, 2020. С. 7–12.

13. Delfani F, Samanipour H, Beiki H, Yumashev A, Akhmetshin E. (2020) A robust fuzzy optimisation for a multi-objective pharmaceutical supply chain network design problem considering reliability and delivery time. *International Journal of Systems Science: Operations and Logistics*, pp. 1–25. DOI: 10.1080/23302674.2020.1862936.

14. Malikov V.N., Kunigina L.V., V.D. Munster, Zolkin A.L., Varshavskij V.R. (2021) Features of the implementation of artificial intelligence and digital technologies in industrial production: promising directions and modern trends in automation. *Journal of Physics: Conference Series: II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT II-2021)*, St. Petersburg, Krasnoyarsk, IOP Publishing Ltd, pp. 22012–20018.

References

1. Vasilyev D.I., Gasanov E.E., Kudryavtsev V.B. (2019) *O stabilizatsii odnoi avtomatnoi modeli migratsionnykh protsessov* [On the stabilization of one automatic model of migration processes]. *Diskretnaya matematika*, vol. 31, No. 1, pp. 56–71 (in Russian).

2. Gurlushkina N.N. (2016) *Sistemnyi analiz i modelirovanie informatsionnykh protsessov i sistem* [System analysis and modelling of information processes and systems] St. Petersburg, University of ITMO Publishing, 120 p. (in Russian).
3. Zadorozhnyy V.N., Dolgoshin D.Y., Yudin E.B. (2013) *Analitiko-imitatsionnye metody resheniya aktual'nykh zadach sistemnogo analiza bol'shikh setei* [Analytical-simulation methods for solving topical problems of system analysis of large networks]. Omsk, Omsk State Technical University Publishing, 324 p. (in Russian).
4. Ignatiev N.A. (2010) *Intellektual'nyi analiz dannykh na baze neparametricheskikh metodov klassifikatsii i razdeleniya vyborok ob'ektov poverkhnostyami* [Data mining based on non-parametric methods of classifying and separating samples of objects with surfaces]. Tashkent, M. Ulugbek National University of Uzbekistan Publishing, 140 p. (in Russian).
5. Kashirina I.L., Fedotinov K.A. (2019) *Sistemnyi analiz monitoringovoi ekologicheskoi informatsii s pomoshch'yu neironnoi seti fuzzyart* [Systematic analysis of monitoring environmental information with the help of the neural network fuzzy art]. *Aktual'nye problem prikladnoi matematiki, informatiki i mekhaniki: sbornik trudov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Voronezh, 17–19 dekabrya 2018 goda)* [Topical problems of applied mathematics, computer science and mechanics: compendium of works of the International Scientific Conference (Voronezh, 17–19 December 2018)]. Voronezh, Nauchno-issledovatel'skie publikatsii, pp. 1565–1571 (in Russian).
6. Kozlov S.V. (2019) *Ispol'zovanie sootvetstviya Galua dlya analiza dannykh v tekhnicheskikh sistemakh* [Use of Galois correspondence for data analysis in technical systems]. *Informatsionnye tekhnologii v modelirovanii i upravlenii: podkhody, metody, resheniya: materialy II Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Tol'yatti, 22–24 aprelya 2019 goda)* [Information technologies in modelling and management: approaches, methods, solutions: Materials II of the All-Russian Scientific Conference with international participation (Tolyatti, 22–24 April 2019)]. Tolyatti, Publisher Kachalin Alexander Vasilyevich, pp. 136–143 (in Russian).
7. Krivonsov D.M. (2004) *Sistemnyi analiz i sintez topologicheskoi struktury provodnykh setei peredachi dannykh: spetsial'nost' 05.13.01 «Sistemnyi analiz, upravlenie i obrabotka informatsii (po otraslyam)»: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk* [System analysis and synthesis of topological structure of wired data networks: specialty 05.13.01 “System analysis, management and processing of information (by industry)” Autoabstract thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences]. Volgograd, 23 p. (in Russian).
8. Skvortsov D.E. (2018) *Granichnye vychisleniya: razrabotka modeli granichnykh vychislenii. Inzhiniring predpriyatii i upravlenie znaniyami (IP&UZ-2018): sbornik nauchnykh trudov XXI Rossiiskoi nauchnoi konferentsii (Moskva, 25–28 aprelya 2018 goda)* [Boundary computing: Development of Boundary Computing Model. Enterprise Engineering and Knowledge Management (IP&UZ-2018): Collection of scientific works of XXI Russian Scientific Conference (Moscow, 25–28 April 2018)]. Moscow, Russian Economics University named after G.V. Plekhanov, pp. 110–115 (in Russian).
9. Tkachenko K.S. (2021) *Obespechenie korrektnoi raboty intellektual'nykh informatsionnykh tekhnologii na osnove izmeneniya parametrov komp'yuternykh uzlov. Informatsionnye tekhnologii v nauke, promyshlennosti i obrazovanii: sbornik trudov nauchno-tekhnicheskoi konferentsii v ramkakh Vserossiiskogo molodezhnogo nauchnogo foruma «Obshchenie studentov i aspirantov v nauchnoi i professional'noi sferakh» (Izhevsk, 26 maya 2021 goda)* [Ensuring the correct operation of IT based on the changing parameters of computer nodes. Information technologies in science, industry and education: A compendium of scientific works. Technical conference within the framework of the All-Russian Youth Scientific Forum “Communication

of students and postgraduate students in scientific and professional spheres” (Izhevsk, 26 May 2021). Izhevsk, UIR Publishing House of M.T. Kalashnikov State Technical University, pp. 128–131 (in Russian).

10. Tormozov V.S., Zolkin A.L., Vasilenko K.A. (2020) *Nastroika, obuchenie i testirovanie neironnoi seti dolgoi kratkosrochnoi pamyati dlya zadachi raspoznavaniya obrazov* [Setting, training and testing of the long short-term memory neural network for pattern identification task]. *Promyshlennyye ASU i kontrolyery*, No. 3, pp. 52–57 (in Russian).

11. Frolov A.B. (2010) *Printsip konechnoi topologii raspoznavaniya topologicheskikh form* [Principle of finite topology recognition of topological forms]. *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya*, No. 1, pp. 68–76 (in Russian).

12. Chistyakov M.S. (2020) *Tsifrovaya ekonomika kak katalizator postindustrial'nogo informatsionnogo razvitiya. Obshchestvo, kul'tura, chelovek v tsifrovuyu epokhu: Mediaekonomika, mediapolitika, mediakul'tura: sbornik nauchnykh statei* [Digital Economy as a catalyst for post-industrial information development. Society, Culture, Man in the Digital Age: Media Economy, Media Policy, Media Culture: Collection of Scientific Articles]. St. Petersburg, Foraprint Publishing, pp. 7–12 (in Russian).

13. Delfani F., Samanipour H., Beiki H., Yumashev A., Akhmetshin E. (2020) A robust fuzzy optimisation for a multi-objective pharmaceutical supply chain network design problem considering reliability and delivery time. *International Journal of Systems Science: Operations and Logistics*, pp. 1–25. DOI: 10.1080/23302674.2020.1862936.

14. Malikov V.N., Kunigina L.V., V.D. Munister, Zolkin A.L., Varshavskij V.R. (2021) Features of the implementation of artificial intelligence and digital technologies in industrial production: promising directions and modern trends in automation. *Journal of Physics: Conference Series: II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT II-2021)*, St. Petersburg, Krasnoyarsk, IOP Publishing Ltd, pp. 22012–20018.