

На правах рукописи



КОПЫЛЬЦОВ Антон Александрович

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ
ОБРАБОТКИ СЛАБО ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ,
ПОСТУПАЮЩЕЙ ОТ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Специальность: 05.13.01 – системный анализ,
управление и обработка информации (технические системы)**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Санкт-Петербург – 2014

Работа выполнена на кафедре автоматизированных систем обработки информации и управления Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Научный руководитель: академик РАО, доктор технических наук, профессор Советов Борис Яковлевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Лукьянов Геннадий Николаевич, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, декан инженерно-физического факультета

кандидат технических наук
Емельянов Александр Александрович,
Санкт-Петербургский государственный
экономический университет, доцент
кафедры прикладных информационных
технологий

Ведущая организация: ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Защита состоится «_29_» _декабря_ 2014 г. в _14:00_ часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д212.238.07 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им.В.И. Ульянова (Ленина)

Автореферат разослан «_28_» _октября_ 2014 г.

Ученый секретарь совета по защите
докторских и кандидатских
диссертаций Д 212.238.07

 Цехановский В.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время в связи с развитием техники и средств связи используется большое количество технических систем, с которых осуществляется сбор разнообразной информации с помощью различных датчиков. Информация, поступающая от технических систем, весьма разнообразна и поступает на различные датчики. Это могут быть видеокамеры (аналоги зрения), датчики звука и / или ультразвука (аналоги слуха), тактильные датчики (аналоги осязания), датчики регистрирующие ионы (аналоги вкуса и запаха), температуру, давление, вибрацию, направление силы тяжести, движения и др. Количество таких датчиков, с помощью которых осуществляется сбор информации с технической системы, может измеряться сотнями и тысячами. Совокупность объединенных датчиков можно рассматривать, как часть некоторой системы, с помощью которой осуществляется наблюдение за некоторой технической системой. Поступающая информация часто содержит искажения, помехи, шумы.

Формализация это процесс представления информации об объектах и процессах в формализованном виде, т.е. в некоторой форме. В автоматизированных информационных системах вид формализации задается технологическими инструкциями и другими средствами, например, рабочими листами. Под формализацией также понимают метод исследования, основанный на использовании формализованных математических, логических и других систем, в которых вместо естественного языка используется язык специальных символов, чаще всего, математических. Формализация данных - выбор, разработка и/или реализация заполнения форм входных документов для ввода данных в систему. Наиболее часто формами входных документов в информационных и библиотечных системах являются анкетная и табличная.

В нашем случае под слабо формализованной информацией понимаем информацию, которая представлена (поступает от технических систем) в разнообразном виде (непрерывном, дискретном) с различных датчиков, например, видео, аудио, температурных, ионных, давления, скорости и т.д. Для того чтобы из слабо формализованной информации получить формализованную, можно, например, непрерывную информацию представить в виде дискретной, путем записывания в таблицу данных через фиксированные промежутки времени, а дискретную информацию, снимаемую с различных датчиков, можно записывать в таблицу в одинаковом формате. К сожалению, это не всегда можно осуществить.

Обработка такой информации, с целью подготовки принятия решений, осуществляется различными способами, в частности, разрабатываются детерминистские и вероятностные методы извлечения и обработки информации, экспертные системы и системы поддержки принятия решений. Каждый из подходов имеет свои преимущества и недостатки. Однако, системы, которые позволяли бы это делать удовлетворительно, до сих пор не созданы. Сложность решения этой проблемы состоит в том, что с развитием техники и средств связи объем слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, с одной стороны, существенно возрастает (количество различных датчиков измеряется тысячами), а с другой стороны, интервалы времени, в течение которых нужно принимать правильные решения, резко сокращаются. Таким образом, разработка моделей и алгоритмов обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, с целью поддержки принятия решений, актуальна.

Обзор интеллектуальных технологий и интеллектуальных вычислений показал, что методы обработки слабо формализованной информации интенсивно развиваются и наибольшего развития в последнее время получили эволюционные алгоритмы и различные их комбинации с нейронными, нечеткими, сетевыми и другими структурами, т.е., наибольшее развитие получили подходы, в основу которых заложены механизмы, заимствованные из живой природы.

Поэтому для решения проблемы обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, предлагается подход, в основу которого положены следующие недавно открытые способы хранения и обработки информации в живом организме:

1. Информация о каком-либо объекте в видео-, аудио- и других диапазонах хранится не в разных структурах мозга, а в одной и той же части, причем с течением времени эта зона нейронов расширяется (количество задействованных нейронов увеличивается), и, в случае накопления информации, количество связей между нейронами так же увеличивается.
2. Обработка какого-либо объекта в видео-, аудио- и других диапазонах, осуществляется одновременно не в разных структурах мозга, а в одной и той же части, независимо от вида информации.
3. Генерация новых знаний в мозге осуществляется путем сравнения вновь поступившей информации не со всей информацией, хранящейся в памяти, а только с определенным образом обработанной информацией (метод

ассоциаций, ассоциативное мышление), что позволяет существенно увеличить скорость обработки информации.

4. Внимание – основная функция мозга, обеспечивающая выживание организма в окружающей среде, т.е. обработка информации в мозге осуществляется с учетом приоритетов, что позволяет сократить объем хранящейся в памяти информации необходимой для принятия решений и увеличить скорость ее обработки.

5. Наблюдательность – важное свойство эволюции, позволяющее замечать повторяющиеся факты, т.е. выявлять периодические временные ряды, закономерности в событиях и явлениях, что позволяет увеличить скорость обработки информации при принятии решений.

Исходя из этих способов хранения и обработки информации в живом организме, предлагается обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, на основе моделей обработки слабо формализованной информации при недостаточном ее количестве и алгоритмов обработки и оценивания характеристик поступающей слабо формализованной информации.

Используя такой подход можно: эффективно хранить слабо формализованную информацию, путем хранения не всей информации, а только результатов ее специальной обработки; эффективно осуществлять обработку большого объема поступающей слабо формализованной информации, путем варьирования приоритетами; выявлять повторяющиеся закономерности; генерировать новые знания, путем анализа имеющейся в памяти слабо формализованной информации в виде результатов ее специальной обработки.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является слабо формализованная информация, поступающая от технических систем, а предметом исследования – процесс обработки слабо формализованной информации.

Целью диссертационной работы является исследование и разработка моделей и алгоритмов обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие **задачи:**

1. Исследование и разработка моделей обработки слабо формализованной информации при недостаточном количестве информации.

2. Разработка алгоритмов обработки и оценивания характеристик поступающей слабо формализованной информации.

3. Исследование и разработка обобщенного алгоритма обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем.

Методы исследования. Поставленные в диссертационной работе задачи решаются на основе теории вероятностей, нечеткой логики, системного анализа, теории построения моделей, теории поддержки принятия решений, численных методов и компьютерных методов обработки информации.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Модели обработки слабо формализованной информации при недостаточном количестве информации.

2. Алгоритмы обработки и оценивания характеристик поступающей слабо формализованной информации.

3. Обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем.

Научная новизна проведенного исследования:

1. Предложены модели обработки слабо формализованной информации при недостаточном количестве информации. Отличие от ранее разработанных моделей и алгоритмов состоит в том, что учитывается сочетанное влияние различных видов слабо формализованной информации на принимаемое решение.

2. Предложены алгоритмы обработки и оценивания характеристик поступающей слабо формализованной информации. Отличие от аналогов состоит в том, что предлагаемые модели и алгоритмы основаны на учете особенностей хранения и обработки слабо формализованной информации в живом организме.

3. На основе разработанных моделей и алгоритмов обработки слабо формализованной информации предложен обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем. Отличие от известных алгоритмов состоит в том, что используются одновременно модели, работающие при недостаточном количестве слабо формализованной информации об объекте исследования, и алгоритмы, разработанные с учетом особенностей хранения и обработки слабо формализованной информации в живом организме.

Теоретическая значимость работы состоит в том, что предложенные модели и алгоритмы могут быть использованы при разработке систем искусственного интеллекта.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенные модели и алгоритмы можно практически использовать для обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, с целью поддержки принятия решений.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на XII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика – 2010», Санкт-Петербург, 20–22 октября 2010 г., на XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика – 2012», Санкт-Петербург, 24–26 октября 2012 г., на VIII Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России», Санкт-Петербург, 23–25 октября 2013 г.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 13 научных работ, из них – 5 статей (2 статьи опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК, 3 статьи – в других журналах), 8 работ – в материалах научных международных (6 работ), межрегиональной (1 работа) и всероссийской (1 работа) конференций, получены: 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (№ 2013617310 от 8 августа 2013 г.) и 1 акт внедрения.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 129 наименований, и приложения. Основная часть диссертации изложена на 125 страницах машинописного текста. Работа содержит 18 рисунков и 3 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассматриваются актуальность темы исследования, цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, рекомендации по использованию полученных результатов и положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится обзор литературы, и рассматриваются подходы, которые используются при обработке слабо формализованной информации.

Во второй главе предлагается идеология построения обобщенного алгоритма обработки слабо формализованной информации (рис. 1).

Функциональные возможности обобщенного алгоритма обработки слабо формализованной информации (ОСФИ) следующие: оценивание достоверности и безопасности поступающей слабо формализованной информации, оценивание вероятности, с которой можно доверять полученной слабо формализованной информации, выработка устойчивой реакции на поступающую слабо формализованную информацию и ее запоминание, поддержка принятия решений и генерация новой информации (рис. 2).

На Рис. 1. представлены следующие модули. Модуль сбора информации предназначен для сбора информации, поступающей от технической системы. Модуль распознавания информации предназначен для распознавания поступающей информации. Модуль классификации информации предназначен для классификации поступающей информации на некоторое количество классов (n), зависящее от конкретной задачи. Модули свертки информации (n) предназначены для обработки (свертки) информации в каждом из n классов. Модули оценивания достоверности информации (n) предназначены для оценивания достоверности поступающей информации в каждом из n классов, путем сравнения ее с ранее полученной информацией. Модули оценивания безопасности информации (n) предназначены для оценивания безопасности поступающей информации в каждом из n классов. Модули установления связей (n) между вновь полученной информацией в каждом классе и ранее полученной информацией. Модули оценивания вероятности (n), с которой можно доверять полученной информации в каждом классе. Модули поддержки принятия решений в каждом классе (n) предназначены для поддержки принятия решений в каждом из n классов.

Модуль поддержки принятия обобщенных решений предназначен для поддержки принятия решений на основе решений принятых в каждом из n классов. Модуль определения числа связей подтверждающих правильность принято решения. Модуль выработки устойчивой реакции на поступающую информацию и ее запоминание предназначен для выработки устойчивой реакции на многократно поступающую информацию и ее запоминание, путем сравнения полученной информации с ранее полученной информацией. Модуль генерации решений предназначен для генерации решений. Модуль хранилище предназначен для хранения информации поступившей ранее, сравнения вновь поступившей информации с информацией находящейся на хранении, генерации информации с последующей ее проверкой на новизну.



Рис. 1.



Рис. 2.

Предложены алгоритмы распознавания и классификации поступающей слабо формализованной информации, модели обработки слабо формализованной информации, поступающей от видео-, аудио-, ионных и других датчиков, а также различных их сочетаний. Предложены алгоритмы анализа слабо формализованной информации, поступающей от объектов, изменяющихся в нескольких диапазонах (видео-, аудио- и др.) одновременно или последовательно. Проведено сравнение с живыми системами и оценивание работоспособности системы (предложен вероятностный алгоритм оценивания работоспособности системы наблюдения). Предложены алгоритмы оценивания характеристик поступающей информации (достоверности, безопасности, наличия связей между вновь полученной слабо формализованной информацией и информацией, находящейся в хранилище).

В третьей главе рассматриваются алгоритмы обработки слабо формализованной информации, в частности, алгоритмы поддержки принятия решений, оценивания числа связей, подтверждающих правильность принятого решения, выработки устойчивой реакции на поступающую информацию, коррекции связей в хранилище и генерации новой информации и др. Описан обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, включающий 14 этапов.

Этап 1. Информация, поступающая от технической системы через совокупность различных датчиков, собирается в модуле «сбор информации».

Этап 2. Информация поступает из модуля «сбор информации» в модуль «распознавание информации», где осуществляется ее распознавание.

Этап 3. Из модуля «распознавание информации» информация поступает в модуль «классификация информации», где осуществляется ее классификация по классам (n).

Этап 4. Информация, поступающая в каждый из n классов, подвергается в модулях «свертка информации» своей, присущей данному классу, обработке по определенному алгоритму (свертке).

В основу алгоритма свертки положен экспертный метод, разработанный ранее для оценки качества программных продуктов при недостатке информации. Пусть N - достаточно большое целое число. Можно взять $N = 50$ или больше.

Для оценивания качества съема информации с объекта наблюдения предполагаются выполненными несколько условий: дискретности, приоритета,

нормировки. Пусть $f_i = \sum_{j=1}^{m_i} P_j K_j$ - формула для расчета качества съема

информации с объекта наблюдения, где $P_1 = 0$, $P_2 = 1/N$, $P_3 = 2/N, \dots$, $P_{N+1} = N/N=1$ - весовые коэффициенты, принимающие дискретные значения (условие дискретности), K_j ($j = 1, \dots, m$) - числовые значения используемых типов съема информации (показатели), m - число показателей, т.е. число используемых типов съема информации, определяющих f_i . Условие приоритета означает, что вводятся отношения порядка между показателями (такой же или немного важнее, важнее, значительно важнее). А именно, если показатель K_a такой же или немного важнее показателя K_b , то $P_a \geq P_b$, если показатель K_r важнее показателя K_q , то $P_r > P_q$, если показатель K_r значительно важнее показателя K_q , то $P_r \gg P_q$, т.е. между P_r и P_q находится по крайней мере одно некоторое P_r такое, что $P_r > P_r > P_q$. Предполагается выполненным условие нормировки

$$\sum_{j=1}^{m_i} P_j = 1, \quad 0 \leq P_j \leq 1.$$

Поскольку набор весовых коэффициентов $P_1, P_2, P_3, \dots, P_{N+1}$, удовлетворяющих условиям дискретности, приоритета и нормировки не единственный, то получаем несколько значений f_i . Можно определить их среднее значение $\bar{f} = (\sum_{j=1}^{N_0} f_j) / N_0$, дисперсию

$$D = [\sum_{j=1}^{N_0} (f_j - \bar{f})^2] / N_0 \text{ и среднее квадратичное отклонение } \sigma = D^{0.5},$$

где N_0 - число полученных f_j . Процедура получения \bar{f} называется сверткой. Применяя свертку к показателям (числовым значениям используемых типов съема информации) можно оценить качество съема информации с объекта наблюдения

Этап 5. Оценивание достоверности информации в модулях «оценивание достоверности информации».

Этап 6. В модулях «оценивание безопасности информации» осуществляется оценивание безопасности информации в каждом классе.

Этап 7. Установление связей между вновь полученной информацией в каждом классе и ранее полученной информацией, осуществляется в модулях «установление связей».

Этап 8. Оценивание вероятности, с которой можно доверять полученной информации, в каждом классе осуществляется в модулях «оценивание вероятности» с помощью вероятностного алгоритма оценивания работоспособности системы наблюдения. Предполагается, что система наблюдения, от которой поступает различная информация, содержит модули: модуль зрения, модуль слуха, тактильный модуль, модуль вкуса и запаха, и др.

При необходимости количество модулей легко может быть уменьшено или увеличено. Входными данными являются наименования неисправностей системы, наиболее часто встречающиеся при работе системы. Первоначально можно взять данные о вероятности выхода из строя каждого из модулей. Это будут исходные вероятности, которые в дальнейшем в процессе работы при конкретных условиях могут корректироваться.

Каждая из поломок (неисправностей) каждого модуля характеризуется определенными признаками. Эти признаки представлены в виде вопросов, на которые можно ответить либо «да», либо «нет». Алгоритм выявления неисправностей реализован в виде 7 этапов:

(1) Ввод исходных данных (неисправность, характеристики, их количество). Каждая неисправность характеризуется набором типичных характеристик, нетипичных характеристик и промежуточных характеристик. Тогда информацию можно записать в следующем виде:

(A, PA,

N11, P111, P121, N12, P112, P122,....., N1j, P11j, P12j,

N21, P211, P221, N22, P212, P222, N2k, P21k, P22k,

N31, P311, P321, N32, P312, P322, N3m, P31m, P32m),

где A – название неисправности, PA - вероятность этой неисправности при данных условиях, N1i - номера типичных вопросов (j – количество типичных вопросов, $1 \leq i \leq j$), P11i - вероятность положительного ответа, P12i - вероятность отрицательного ответа, N2k - номера нетипичных вопросов (k – количество нетипичных вопросов $1 \leq i \leq k$), P21i - вероятность положительного ответа, P22i - вероятность отрицательного ответа, N3i - номера промежуточных вопросов (m – количество промежуточных вопросов $1 \leq i \leq j$), P31i - вероятность положительного ответа, P32i - вероятность отрицательного ответа, причем

$P11i+P12i=1$, $P21i+P22i=1$, $P31i+P32i=1$

и сумма всех PA по всем неисправностям A равна 1.

Количество вопросов типичных, нетипичных и промежуточных может быть равным как одному, так и больше, т.е. $j \geq 1$, $k \geq 1$, $m \geq 1$. Общее число вопросов равно $j+k+m$ и все вопросы хранятся в памяти компьютера в виде списка вопросов.

(2) Ввод основной неисправности осуществляется в виде вопроса из списка вопросов, хранящегося в памяти компьютера.

(3) Из общего списка неисправностей выделяется новый список неисправностей, при которых на заданный вопрос ответу "да" соответствует вероятность $P > P^*$, где P^* - некоторое число между 0 и 1. т.е. $0 \leq P^* \leq 1$.

(4) Выбор наиболее вероятного вопроса осуществляется перебором самого последнего списка неисправностей. следующим образом. Просматриваются все численные значения вероятности с ответом "да" на типичные, нетипичные и промежуточные вопросы и выбирается наибольшее значение вероятности. В случае, когда их оказывается несколько, то выбирается любая. Максимальному значению вероятности соответствует определенный вопрос, который и задается. На этот вопрос возможен ответ либо "да", либо "нет". Этот вопрос исключается из списка вопросов.

(5) Если на поставленный вопрос следует ответ "да", то просматриваются все значения вероятности с ответом "да" на типичные, нетипичные и промежуточные вопросы и выбирается наибольшее значение вероятности. Выбранной максимальной вероятности соответствует некоторый новый вопрос, который и задается. Этот задаваемый вопрос исключается из списка вопросов. Из общего списка неисправностей выделяется новый список неисправностей. Из списка неисправностей убираются неисправности, в которых на этот вопрос (номер этого вопроса) вероятность положительного ответа $P < P^{**}$, где P^{**} - некоторое число между 0 и 1, т.е. $0 \leq P^{**} \leq 1$.

Если на поставленный вопрос следует ответ "нет", то просматриваются все значения вероятности с ответом "нет" на типичные, нетипичные и промежуточные вопросы и выбирается наименьшее значение вероятности. Выбранной минимальной вероятности соответствует некоторый новый вопрос, который и задается. Этот задаваемый вопрос исключается из списка вопросов. Из общего списка неисправностей выделяется новый список неисправностей. Из списка неисправностей убираются неисправности, в которых на этот вопрос (номер этого вопроса) вероятность отрицательного ответа $P > P^{***}$, где P^{***} - некоторое число между 0 и 1, т.е. $0 \leq P^{***} \leq 1$.

(6) Проверяется количество оставшихся неисправностей. Если их больше 1, то осуществляется переход на этап 4. В противном случае, эта оставшаяся неисправность и является искомой. Таким образом, из списка неисправностей выбирается новый список неисправностей и т.д. Постепенно список неисправностей сокращается, и продолжая эту процедуру придем к ситуации, когда останется одна неисправность, которая наилучшим образом удовлетворяет ответам на заданные вопросы.

(7) Коррекция вероятностей. Эксперт загружает обучающую выборку. В качестве обучающей выборки можно использовать, например, список неисправностей за последний год, выявленных в процессе работы системы. На основании этих данных эксперт определяет вероятности ответа на тот или иной вопрос. При проведении новых наблюдений вероятности периодически пересчитываются и перезаписываются в таблицу. Коррекцию вероятностей можно записать следующим образом. Если до коррекции было NN наблюдений и для А-той неисправности имели

(A, PA,

N11, P111, P121, N12, P112, P122,, N1j, P11j, P12j,

N21, P211, P221, N22, P212, P222, N2k, P21k, P22k,

N31, P311, P321, N32, P312, P322, N3m, P31m, P32m),

а после провели еще MM наблюдений и с неисправностью А было А1 случаев, из которых: на вопрос с номером N1i (1<=i<=j) ответ «да» был в N1pi случаях и «нет» – в N1mi случаях, на вопрос с номером N2i (1<=i<=k) ответ «да» был в N2pi случаях и «нет» – в N2mi случаях, на вопрос с номером N3i (1<=i<=m) ответ «да» был в N3pi случаях и «нет» – в N3mi случаях, то после коррекции будем иметь

(A, PAN,

N11, P111N, P121N, N12, P112N, P122N,, N1j, P11jN, P12jN,

N21, P211N, P221N, N22, P212N, P222N, N2k, P21kN, P22kN,

N31, P311N, P321N, N32, P312N, P322N, N3m, P31mN, P32mN),

и новые значения вероятностей PAN,

P111N, P121N, P112N, P122N,, P11jN, P12jN,

P211N, P221N, P212N, P222N,, P21kN, P22kN,

P311N, P321N, P312N, P322N,, P31mN, P32mN

можно определить следующим образом:

$$PAN = (NN PA + A1) / (NN + MM),$$

$$P11iN = (NN PA P11i + N1pi) / (NN PA + A1), P12iN = 1 - P11iN, 0 <= i <= j,$$

$$P21iN = (NN PA P21i + N2pi) / (NN PA + A1), P22iN = 1 - P21iN, 0 <= i <= k,$$

$$P31iN = (NN PA P31i + N3pi) / (NN PA + A1), P32iN = 1 - P31iN, 0 <= i <= m,$$

где (NN+MM) – общее число случаев после коррекции, (NN PA) - число случаев с неисправностью А до коррекции, (NN PA + A1) - число случаев с неисправностью А после коррекции,

Этап 9. Поддержка принятия решений в каждом классе осуществляется в модулях «поддержка принятия решений».

Этап 10. Сбор сгенерированных решений из всех классов осуществляется в модуле «обобщенная поддержка принятия решений» и затем на их основе осуществляется генерация новой совокупности решений.

Этап 11. В модуле «определение числа связей» осуществляется сравнение принятого решения с решениями, принятыми ранее.

Этап 12. В модуле «выработка устойчивых решений» осуществляется выработка устойчивой реакции на многократно поступающую информацию и ее запоминание.

Этап 13. В модуле «генерация решений» осуществляется генерация решений.

Этап 14. В модуле «хранилище» на основе вновь записанной информации и путем ее сравнения с ранее записанной информацией генерируется новая информация.

В четвертой главе приведено экспериментальное оценивание полученных результатов. Предложено описание моделей и алгоритмов поддержки принятия решений применительно к различным техническим системам. Рассмотрены задачи колебания длинного стержня, движения автотранспорта, управления неравновесной химической реакцией. Дано описание областей возможного использования предложенного подхода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В ходе проведенного исследования получены следующие результаты, обеспечивающие достижение поставленной цели:

1. Разработаны модели обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, при недостаточном количестве информации. В частности, модели свертки для обработки видеoinформации, аудиоинформации, информации поступающей от тактильных и ионных датчиков. Разработаны модели совместной обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, информация от которых поступает через различные датчики одновременно или последовательно в различных диапазонах. Предложены модели распознавания и классификации поступающей слабо формализованной информации, вероятностный алгоритм оценивания работоспособности системы наблюдения за технической системой, алгоритмы оценивания характеристик (достоверности и безопасности) поступающей слабо формализованной информации, алгоритм установления связей между вновь полученной слабо формализованной информацией и ранее полученной, находящейся в хранилище, информацией.

2. Разработаны алгоритмы обработки и оценивания характеристик поступающей слабо формализованной информации. В частности, алгоритмы

поддержки принятия решений в классах, выявленных после классификации слабо формализованной информации, алгоритм оценивания числа связей, подтверждающих правильность принятого решения, алгоритм выработки устойчивой реакции на поступающую слабо формализованную информацию, алгоритм обобщенной поддержки принятия решений, алгоритм коррекции связей в хранилище и генерации новой информации.

3. На основе разработанных моделей и алгоритмов обработки слабо формализованной информации предложен обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем.

4. Экспериментальное оценивание полученных результатов показало, что разработанный подход может быть применен к различным техническим системам.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК МОН РФ:

1. Копыльцов, А.А. Модель классификации информации и алгоритм ее предварительной обработки для статических и динамических объектов [Текст] // Известия СПбГЭТУ “ЛЭТИ” (известия государственного электротехнического университета), серия “Информатика, управление и компьютерные технологии”. - 2013. - № 6. - С. 134-139.

2. Копыльцов, А.А. Алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем [Текст] / А.А. Копыльцов, А.В. Копыльцов // Известия СПбГЭТУ “ЛЭТИ” (известия государственного электротехнического университета), серия “Информатика, управление и компьютерные технологии”. – 2012. - № 8. - С. 30 – 36.

Свидетельство об интеллектуальной собственности:

3. Копыльцов, А.А. Программа для обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013617310. Правообладатель: ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им В.И. Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ). Заявка № 2013615041. Дата поступления 19 июня 2013 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 08 августа 2013 г.

Публикации в других изданиях:

4. Копыльцов, А.А. Алгоритм коррекции связей между фрагментами слабо формализованной информации и генерация новой информации [Текст] //

Вестник Нижневартковского государственного университета. – 2014. - № 3. - С. 28-34.

5. Копыльцов, А.А. Обработка слабо формализованной информации, поступающей от технических систем [Текст] / А.А. Копыльцов, А.В. Копыльцов // Вестник Нижневартковского государственного гуманитарного университета. – 2013. - № 1. - С. 32-36.

6. Копыльцов, А.А. Обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации и его применение [Текст] / А.А. Копыльцов, А.В. Копыльцов // Вестник Нижневартковского государственного университета. – 2014. - № 35. - С. 35-44.

7. Копыльцов, А.А. Обработка слабо формализованной информации в живых и технических системах [Текст] // Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистров, аспирантов «Современное программирование» (16—17 апреля 2014 г.). Нижневартковск: Издательство Нижневартковского государственного университета. – 2014. - С. 117-121.

8. Копыльцов, А.А. Цифровой образовательный ресурс «Обработка слабо формализованной информации в живых и технических системах» [Текст] // Материалы сетевой международной научно-практической конференции «Электронное обучение в ВУЗе и школе» (16-19 апреля 2014 г.). СПб: РГПУ. – 2014. – С. 151-153.

9. Копыльцов, А.А. Кластерное атрибутирование объектов информационной обработки по понятийным частным и интегральным признакам [Текст] / А.А. Копыльцов, Р.А. Нечитайленко // Материалы XII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика – 2010» (20 – 22 октября 2010 г.). Санкт-Петербург: СПОИСУ. - 2010. - С. 49-50.

10. Копыльцов, А.А. Обработка информации в живых и технических системах [Текст] // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика – 2012» (24 – 26 октября 2012 г.). Санкт-Петербург: СПОИСУ. - 2012. - С. 373-374.

11. Копыльцов, А.А. Обработка слабо формализованной информации при недостатке информации [Текст] // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика – 2012» (24 – 26 октября 2012 г.). Санкт-Петербург: СПОИСУ. - 2012. - С. 374.

12. Копыльцов, А.А. Технические системы и слабо формализованная информация [Текст] / А.А. Копыльцов, А.В. Копыльцов // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная

информатика – 2012» (24 – 26 октября 2012 г.). Санкт-Петербург: СПОИСУ. - 2012. - С. 375.

13. Копыльцов, А.А. Сохранение конфиденциальности данных при поддержке принятия решений, на основе извлекаемой специальным образом информации [Текст] // Материалы VIII Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России» (23 – 25 октября 2013 г.). Санкт-Петербург: СПОИСУ. - 2013. - С. 104.

14. Копыльцов, А.А. Цифровой образовательный ресурс «Краткая история моделирования» и его применение в учебном процессе [Текст] / А.А. Копыльцов, А.В. Копыльцов // Материалы сетевой международной научно-практической конференции «Электронное обучение в ВУЗе и школе» (16-19 апреля 2014 г.). СПб: РГПУ. – 2014. – С. 153-155.