

БИОНИКА ИНТЕЛЛЕКТА

ИНФОРМАЦИЯ, ЯЗЫК, ИНТЕЛЛЕКТ

№ 2 (81)

2013

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в октябре 1967 г.

Учредитель и издатель
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Периодичность издания – *3 раза в год*

СОДЕРЖАНИЕ

СТРУКТУРНАЯ, ПРИКЛАДНАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛИНГВИСТИКА

Бондаренко М. Ф., Четвериков Г. Г.
 Феноменология мозгоподобных преобразователей информации..... 3

Вечірська І. Д.
 Аналіз методу побудови та принципів роботи реляційної мережі як багаторівневої структури паралельної дії.... 15

Хайрова Н. Ф., Шаронова Н. В., Борисова Н. В.
 Определение семантической близости на основе когнитивного подхода..... 22

Бісікало О. В., Богач І. В.
 Формальне введення образного рівня до традиційної лінгвістичної тріади морфологія-синтаксис-семантика... 27

Лукьянова Е. А.
 О языке компонентной сети Петри с компонентами-местами и компонентами-переходами 31

Шаронова Н. В., Козуля М. М.
 Комплексна оцінка екологічної безпеки з елементами компараторної ідентифікації
 рівня якості навколишнього середовища 37

Федорова Т. М.
 Побудова логічної мережі для обробки флексій іменників італійської мови..... 43

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Власенко А. Н., Кучеренко Е. И.
 Метод логического вывода в иерархических нечетко-вероятностных моделях сложных систем..... 47

Мантула Е. В., Машталир С. В.
 Адаптивное прогнозирование временных рядов при неравноотстоящих наблюдениях 53

Гребенник И. В., Ребезюк Л. Н., Ребезюк Е. Л.
 Математическая модель задачи одномерного поиска в условиях случайных возмущений 57

Зайко Т. А., Олейник А. А., Субботин С. А.
 Метод определения индивидуальной значимости признаков для извлечения численных
 ассоциативных правил 61

Гвоздинский А. Н., Козлова А. Е., Дроздов А. О.
 Принципы и методы оптимизации в современных организационных системах управления 66

Гвоздинский А. Н., Поддубный А. В.
 Исследование методов оптимизации в задачах принятия решений в многокритериальных системах 71

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ. РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ

Мохаммад Али, Михаль О. Ф.
 Локально-параллельная процедура обучения с текущей корректировкой рангов изученности
 и пересортировкой учебной выборки..... 75

Лахно В. А.
 Методи розпізнавання загроз для інформаційної безпеки в системах обробки даних критичного застосування 81

Дубровін В. І., Твердохліб Ю. В., Рашавченко А. В.
 Обзор методов вейвлет-перетворення для аналізу фоно- та електрокардіограм 87

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Литвин В. В., Мельник А. С.
 Метод координації планування ґрід-обчислень 93

Аврунин О. Г., Тымкович М. Ю., Фарук Х. И.
 Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном
 планировании оперативных вмешательств..... 101

Нечипоренко А. С.
 Особенности применения спектрального анализа для объективной оценки носового дыхания 105

Палагин А. В., Петренко Н. Г., Кулаковский В. Н., Слабковская М. П.
 К проектированию архитектуры компонентов ЗОИС для перспективных научных исследований 110

Лавров Е. А., Барченко Н. Л.
 Агент-менеджер в системе эргономического обеспечения электронного обучения..... 115

Ручкин К. А.
 Гибридная стратегия взаимодействия агентов в мультиагентной системе прогнозирования 121

Высоцкая Е. В.
 Применение робастных статистических процедур для анализа данных лабораторных
 исследований пациентов с дерматопатологией 130

Об авторах 135

Правила оформлення рукописів для авторів науково-технічного журналу «Біоніка інтелекту»..... 138



*Доброй памяти ректора
Харьковского национального
университета радиоэлектроники
БОНДАРЕНКО Михаила Федоровича
посвящается...*

М. Ф. Бондаренко, Г.Г. Четвериков

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина; e-mail: chetvergg@gmail.com

ФЕНОМЕНОЛОГИЯ МОЗГОПОДОБНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

«Мозг таит в себе не меньше тайн, чем Вселенная»

Д. Экклз

Сделана попытка анализа проблемы создания преобразователей информации с функциональными возможностями, близкими к процессам функционирования человеческого мозга. Речь идет о мозгоподобных преобразователях информации (мозгоподобных структурах), а не о точном копировании мозга. В статье рассматривается данный подход как информационный аспект эволюции на пути совершенствования средств вычислительной техники: эволюция как информационный процесс; естественный язык как объект математического описания и его роль в эволюции.

ЛОГИКА, АЛГЕБРАИЗАЦИЯ ЛОГИКИ, ОТНОШЕНИЕ, ПРЕДИКАТ, АЛГЕБРА КОНЕЧНЫХ ПРЕДИКАТОВ, МОЗГОПОДОБНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ, МОЗГОПОДОБНЫЕ СТРУКТУРЫ, АКП-СТРУКТУРЫ

Введение

Основные публикации последних лет в области ИИ четко и ясно определили главную проблему и кратчайший путь к созданию систем искусственного интеллекта – моделирование морально-этических норм и законов. Очевидно, что единственным известным нам объективным носителем морали и интеллекта является человек, а выразителем, средством к внешнему общению и носителем интеллекта является человеческая речь. Структуризация языка идет через формирование базового набора отношений (их число не более 200): временных, пространственных, каузальных, классифицирующих, кластиризирующих, лингвистических и др. Выявлению и формированию последних (лингвистических отношений), их представлению в виде соответствующих реляционных моделей, которые описаны уравнениями алгебры конечных предикатов (АКП), а также аппаратным методом решения этих уравнений и посвящена данная статья – это с одной стороны. С другой – статья навеяна впечатлениями авторов после обзора и изучения публикаций в различных, но смежных областях науки: теория информации и информационные технологии, теория интеллекта, вычислительные процессы, языкознание, когнитология, теория эволюции и др.

1. Логическая интерпретация процесса моделирования естественного языка

Исследованию проблемы моделирования механизмов естественного языка (ЕЯ), а также развитию и совершенствованию средств вычислительной техники для ее реализации с элементами k -значного кодирования и параллелизма уделяется большое внимание в научном мире [1–5].

В работе используем математический аппарат, который дает возможность описывать ЕЯ с помощью аппарата логических уравнений – это алгебра конечных предикатов, которая открывает широкие возможности перехода от алгоритмического описания информационных процессов к их описанию в виде уравнений, которые и задают отношения между переменными (характеристиками) исследуемого объекта (языка). АКП – это единственный удобный язык для формульного задания отношения символьной информации [5]. Цель данного изыскания – развитие и обобщение результатов [5, 6] в плане дальнейшего исследования интуитивно-конструктивистской теории построения многозначных структур пространственного типа языковых систем.

2. Анализ проблемы создания преобразователей информации с функциональными возможностями, близкими к процессам функционирования человеческого мозга

Бурное развитие средств вычислительной техники, быстро прогрессирующие информатизация и компьютеризация служат основой и отправной точкой автоматизации умственной деятельности, что, как следствие, «породило» новое понятие: искусственный интеллект (ИИ) как область науки на пути грандиозной попытки постичь мышление. Однако успехи в области интеллектуализации средств вычислительной техники и, в частности, процесса самообразования, незначительны особенно, если сравнивать достигнутое с ожидаемыми результатами и прогнозами. Главный интерес для исследователей проблем ИИ представляет именно интеллект, а не его искусственное происхождение. При этом проблемы развития и совершенствования

систем ИИ ставят ряд вопросов и задач с ориентацией на достижения высокоуровневой технологии обработки информации (получения нового качества), что проявляется в намерениях реализовать на фон-неймановских компьютерах систем ИИ – «необходимые компромиссные решения, представляющие собой переходные этапы к мозгоподобным преобразователям информации будущего на основе разумного отступления от принципов фон Неймана» [7, с. 96; 8, с. 3–5].

3. Анализ физиологических механизмов отражательной деятельности анализаторов и их роль в чувственном познании

Отправной точкой данного анализа послужила монография А.И. Емченко [9], основанная на анализе идей о физиологических основах чувственного познания великих ученых современности Г. Гельмгольца и И.М. Сеченова. Так, на основании естественно-научного анализа физиологических механизмов отражательной деятельности анализаторов можно утверждать, что объективная реальность в наших ощущениях и восприятиях отражается двумя способами. Свойства предметов и явлений объективного мира в наших ощущениях и восприятиях отражаются в субъективной форме, в виде символов – это так называемое рефлексивное мышление, основанное на рефлексивной деятельности мозга. Поскольку эти символы являются не произвольными знаками, а устанавливаются в процессе эволюции в результате взаимодействия организма со средой, их часто называют еще естественно-органическими знаками (чувство голода, сытости, тошноты, одышки и др.). Они составляют группу так называемых «низших чувств» и в философской литературе не рассматривались [9]. Символами объективной реальности являются и субъективные чувственные качества анализаторов: свет, цвета, звуки, запахи, вкус, тепло, чувство осязания, давления и т.п.

Другим способом в наших ощущениях и восприятиях отражаются количественные и пространственно-временные характеристики предметов и явлений внешнего мира, а именно по их подобию. Отражениями объективной реальности по ее подобию являются: восприятие направлений, восприятие стереометрической формы предметов, их числа, величины, удаленности, пространственного положения, покоя предметов, их движения и др., восприятие длительности и последовательности событий. Объективным содержанием является и количественная характеристика ощущений и восприятий. Утверждается, что соотношение между субъективной формой и объективным содержанием в ощущениях разных анализаторов разное.

В первом случае человек думает словами, а иногда преобразует их в образы. Ведь само по себе

слово лишь символ, отражающий понятие, предмет, действие. Такой способ передачи информации обладает малой информативной емкостью и требует активного участия мозговых структур по расшифровке, переработке, дополнению (“восстановлению”) принятой информации (Ю.А. Фомин, 1991). Этот вид мышления не может существовать без ключа – языка. Незнание языков делает получаемую информацию бесполезной для создания образов. При континуальном сознании мышление осуществляется не словами, а образами. Это своеобразная аналоговая система или “квантование при очень малом шаге квантования и большом объеме элементарных сигналов, поступающих в мозг в единицу времени”.

По определению Х. Дельгадо (1971 г.) со времен глубокой древности и до настоящего момента человек представляет собой функциональное единство сенсорной информации, поведенческих реакций и связующего звена между ними – интрацеребральных процессов [10, с. 104]. Однако имеется терминологическая неопределенность в понимании сознательной и бессознательной деятельности человека. Приходится согласиться с П.Д. Успенским, что сознание является как бы осознанием человеком самого себя с точки зрения: кто он есть, где находится, что знает, чего не знает, чем и для чего занимается и т.д. [10].

Только сам Человек может знать, является ли он сознательным в данный момент или нет, существует ли у него в данный момент сознание или нет. Таким образом, сознание или отсутствует или присутствует, а его высшие проявления образуют память.

4. Случайна ли структура мозга как преобразователя информации. Четвертое состояние человеческого сознания. Структура мозга

Еще в 1934 г. Ралеон-и-Калах, один из величайших нейрогистологов мира, предупредил, что Вселенная отражает структуры мозга, и будет она оставаться такой до тех пор, пока мозг будет оставаться загадкой [10, с.72]. Только после познания тайн мозга мы выйдем на путь, связанный с первоисточником нашего сознания, который находится в пределах Вселенной.

Известно, что правое полушарие имеет корково-подкорковые, корково-лимбические проекции, а в левом преобладают интракортикальные связи [9–17].

Совсем недавно была уточнена роль ретикулярной формации мозга не только в активизации коры, но и в накоплении энергии (биоэнергоаккумулятор мозга). В то же время на функциональную активность коры постоянно влияют воздействия одного полушария на другое. практическим выводом из этих положений является влияние на

снижение активности коры не только с помощью ретикулярной формации.

Мы помним только то, что происходило в период осознания самого себя. Моменты самосознания случайны, и они дают яркие воспоминания о сопутствующих моментах и обстоятельствах, но человек их не контролирует. Они приходят и уходят под контролем внешних обстоятельств, случайных ассоциаций и эмоций. Высшая функция сознания, просветление, космическое сознание, может относиться к самопознанию или к высшему сознанию — объективному сознанию. Важно отметить, что человек не может быть понят без представлений о его сущности и личности. Сущность — основа физического и умственного характера, это то, что ему (человеку) принадлежит всегда, дано природой и судьбой.

Сущность ближе всего имеет отношение к столь часто употребляемому термину «подсознание» человека. Здоровый нормальный человек своей сущностью доминирует над личностью. В то же время понятие «личность» связано с тем, что удастся приобрести человеку в процессе жизни. Это то, что ему не принадлежит. Сущность нельзя легко изменить, утратить, повредить. Личность можно полностью изменить какими-то обстоятельствами, она может быть повреждена и даже утрачена. Сущность перерастает личность у хороших и необразованных людей, это не дает надежды на последующее развитие. Быстрый рост личности оставляет сущность в подростковом состоянии, что представляет собой возможности ребенка при вполне зрелом возрасте.

Согласно гипотезе Р.Хаббарда мы познаем окружающую действительность с помощью систем аналитического и реактивного ума. Анализ постоянно поступающей информации проводит «Компьютер высшей сложности» (анализер) — аналитический ум, имеющий стандартные блоки памяти, которые заносят точно и достоверно всю информацию на протяжении всей жизни человека. «Аналитический ум» постоянно оценивает новый опыт по сравнению со старым, стремится избежать ошибок. В данном случае мы имеем какой-то механизм формирования личности человека.

В то же время «реактивный ум» не поддерживает контакты на уровне сознания, является хранилищем любой информации, связанной с деятельностью человека, отражает прежде всего его сущность. Это коллективное бессознательное.

В качестве примера толкования последнего приведем следующие рассуждения. Интеллект — «вещь» относительная. Так, для человека интеллект — это способность к познанию, преобразованию природы, общества и самого себя (т.е. не «дурак»), а для термита интеллект — способность строить термитник. При этом один термит не способен строить термитник. Два термита также не

способны к построению термитника. И, начиная всего лишь с некоторого, вполне определенного числа термитов, это сообщество способно построить термитник. Следовательно, с точки зрения данного толкования «элементы интеллекта» начинают проявляться лишь при определенном сообществе особей, т.е. в этом случае имеем отсутствие индивидуального интеллекта (сущности) и возможности коллективного. Существуют коллективные интеллекты и в широком смысле этого понятия, не обладающие индивидуальностью — Великая Метаболическая Сеть.

Система «реактивного ума» может быть изолирована от «аналитического» при наркозе. В этом случае она создает комплексы ощущений во время операции с любыми сигналами во внешней среде.

Согласно Р. Хаббарду трансовые состояния возникают потому, что мы отключаем контроль «аналитического ума» над «реактивным», а словом «сон» вызываем своеобразную энграмму подчинения воли человека целевому внушению. Сон вносит в действие человека вседозволенность и логику абсурда.

Необходимо уточнить, что правое полушарие скорее всего определяет возможности «реактивного ума», а левое полушарие — участвует в работе аналитической системы мозга.

5. Принцип дополнительности Нильса Бора

Микромир современного человека состоит из парной работы полушарий, которая определяет гармонию сущности и личности человека в их постоянном взаимодействии с информационно-энергетическим полем.

Парная работа полушарий головного мозга продолжает оставаться актуальной проблемой современной науки [9–17]. Выяснилось, что любая информация быстрее воспринимается и оценивается правым полушарием. Доказана связь неосознанных мотивов с правым полушарием, что указывает на возникновение автономизации, прекращения контролирующей роли левого полушария. При шизофрении прежде всего нарушается опережающая роль правого полушария в восприятии информации.

При составлении узора из цветных элементов активность левого полушария резко снижается в сторону правого полушария. Необходимо уточнить, что правое полушарие скорее всего определяет возможности «реактивного ума», а левое полушарие участвует в работе аналитической системы мозга. Правое полушарие проводит анализ информации процессов, развивает образное мышление. При написании письма работает левое полушарие, идет обработка информации с позиции логики, объективизации, рационализации. Правое полушарие в этот момент бездействует.

Наличие функциональной асимметрии позволяет лучше овладеть профессией пилота, оператора. Она наблюдается при феноменальных способностях.

Система «реактивного ума», которую можно сравнить с проявлениями так называемой «подсознательной деятельности», является одной из общих для всех людей системной организацией поведения. Без знания особенностей этой системы трудно оценивать периоды истинного сознания в жизни человека, продвинуться в область самосознания.

Правое полушарие участвует в оценке отрицательных эмоций. Здесь бушуют неприемлемые для контролирующей роли левого полушария мотивы поведения. При остром отключении правого полушария наступает эйфория. Левое полушарие является источником положительных эмоций, обеспечивающих восприятие приятного и смешного. Правополушарная активность связана с образным мышлением и способствует восстановлению поисковой активности.

Работа по проблеме самопознания, изучение сознательной (β -темп) и бессознательной (α -темп, δ -темп, δ -темп) (ИСС) деятельности человека была подвергнута анализу с точки зрения возможности создания условий для духовной эволюции (например, молитва) человека, формированию сверхсознания. В этом плане доступны работы мыслителей и философов русского происхождения, которые подходили к этой проблеме вне связи с конкретной идеологией или национальными традициями. Это прежде всего Г. Гурджиев и его последователь П.Д. Успенский.

Задачей человека является овладение контролем над сознанием, возможностью осознавать самого себя. Только при контроле за сознательной оценкой событий мы фиксируем их в своей долговременной памяти. Чаще всего человек не осознает самого себя, а иллюзия самосознания создается памятью и мыслительными процессами. Сознание или осознание самого себя может полностью отсутствовать, а человек может разумно себя вести, думать, смотреть.

Бодрствование, сон, самосознание и объективное сознание — вот перечень состояний сознания [10, с.104]. Последние три могут быть отнесены к так называемым измененным состояниям сознания (ИСС). При ИСС человек как бы утрачивает обычный для него контакт с окружающей действительностью, что сопровождается общим нарушением ориентации.

Можно уточнить, что это своеобразные, трансовые состояния, которые возникают при изменении функциональной способности мозга принимать и обрабатывать любые виды информации, усваивать ее и готовить к дальнейшей реализации.

При трансовых состояниях возникает повышенная готовность психики к приему информации при оптимальном состоянии всех психических процессов.

Такие состояния могут возникать при длительных, утомительных поездках, после работы с эмоциональным напряжением, при прослушивании расслабляющей музыки, произнесении молитв и мантр, медитации, церковных богослужениях, массовых митингах и собраниях, посвященных реализации какой-либо идеи.

Способность к изменению общей ориентации возникла у человека в процессе эволюции при взаимодействии мозга, сознания с информационным полем Земли. Возникновение таких состояний в животном мире как бы подтверждает универсальность трансовой реакции сознания для всех живых организмов.

Среди важнейших состояний сознания следует выделить: сон, бодрствование, самосознание и объективное сознание.

Человек располагает Центрами, определяющими различные функции организма. К ним относятся:

- интеллект (ум, мышление);
- эмоции (чувства);
- инстинкт (внутренняя работа организма);
- интуиция (способность);
- движение (внешняя работа организма);
- пол (мужская и женская функции).

В состоянии самосознания человек становится объективен по отношению к себе, а объективное сознание предусматривает контакт с окружающим миром и реальными событиями. Самосознание — высшая эмоциональная функция, а объективное сознание является высшей функцией мышления. Точно так же отдельно существует понятие сущности и личности человека.

Работа и взаимодействие определенных центров могут формировать различные функциональные состояния у людей. Эти люди отличаются знанием самого себя.

Преобладание двигательных и инстинктивных центров над эмоциональными и интеллектуальными создает человека физического типа.

Преобладание эмоционального центра над другими создает человека эмоционального типа.

У человека интеллектуального отмечается преобладание аналогичного центра.

Наиболее важным является достижение единства самосознания, постоянного «я» и воли.

Эти люди обладают исключительной способностью к самосознанию, в зависимости от необходимости могут использовать работу любого из высших центров, что обеспечивает им работу многих функций и различные способности.

Получение контактов с реальностью и объективным миром помимо самосознания приводит к объективному сознанию.

Человек седьмой категории может достигнуть всего, он имеет свободную волю и постоянное «я», может контролировать любые состояния сознания в самом себе, приближается к сверхсознанию.

Сон. Сон имеет огромное значение в сохранении нормальных функций головного мозга, процессов его саморегулирования, является одной из форм изменяемого сознания человека. Новая эра в изучении не только сна, но и мозга, психики человека возникла в 1953 году, когда Е.Азеринский и Н.Клейтман открыли фазу «быстрого сна».

Первые 90 минут проходят без быстрых движений глаз — это стадия медленного сна. Затем идет «быстрый сон»: в этом периоде наблюдается быстрое движение глаз, веки закрыты [10, с. 122]. Ровное дыхание сменяется прерывистым, ритм сердца изменяется, артериальное давление теряет стабильность, приток крови к мозгу увеличивается на 40%, возникают яркие сны, где отражается активное поведение человека. Однако, в этой фазе мышцы не сокращаются, человек как бы бездвижен. Через 20 минут меняется поза и снова наступает «медленный сон».

Такой цикл продолжается всю ночь. Быстрый сон — продукт эволюции, он был нужен первобытному человеку в виду постоянной опасности.

В медленном или дельта-сне нельзя запомнить сновидения. В дельта-сне устраняется процесс информационной нагрузки, идет процесс познания наиболее важных событий. В быстром сне (как и в трансовом состоянии) преобладает активность правого полушария. Длительность этой фазы составляет 20-30% от общей длительности сна.

Так называемая «быстрая фаза» сна является своеобразным генератором сновидений, а некоторые из них становятся пророческими ввиду того, что они повествуют о событиях, которые должны произойти в будущем.

Материальная точка зрения оставила загадкой причину и цель жизни, что не способствует созданию нравственных идеалов для грядущих поколений. Нет сомнений, что подлинная история человека всегда была движением к познанию истины.

Душа — ключ к пониманию законов Вселенной! Т.е. развитие скрытых возможностей — необходимая школа для понимания Бога и Вселенной. Мир Мысли — небесный Мир — родина Души.

Девиз великого Пифагора (VI век до Р.Х.) “познай самого себя, и ты познаешь Вселенную, Созидателя (Создателя-Творца-Бога)”... Бог создал человека по своему образу и подобию; мы же играем роль передатчика, преобразователя, но не первоисточника! Создавая по образу и подобию себе подобных разумных “помощников” в виде робототехнических средств приходим, например, к мозгоподобным преобразователям информации [10–17].

6. Информация. Информатизация. Информатика

Занятие информатикой превращается в наше время в науку, которая начинает изучать способы информационного общения человека, животных, космоса, Земли, различных элементов природы. Информацию при этом можно толковать как объективную характеристику всего, что связано с пониманием и определением сложности, неоднородности, структурированности. Другими словами, информация — это носитель трансформации в той или иной форме (трансформация при этом толкуется как преобразование, превращение, транспонирование (передача)). Винер писал: «Информация есть информация, а не материя и не энергия».

Быстро прогрессирующие компьютеризация и информатизация требуют постоянного повышения производительности вычислительных средств. Однако делать это становится все труднее. Резервы увеличения быстродействия их решающих элементов исчерпываются. Остается путь наращивания числа одновременно работающих элементов в процессоре компьютера. Применительно к вычислительным средствам, работающим по принципу программного управления Дж. фон Неймана, делать это не имеет смысла, поскольку в них в каждый момент времени одновременно находится в работе лишь небольшое число элементов. Попытки же перехода к вычислительным средствам параллельного действия пока не дают ожидаемого роста их производительности. Так, например, производительность многопроцессорных ЭВМ растет не пропорционально числу имеющихся в ней процессоров, как, казалось бы, должно быть, а гораздо медленнее. Возникают существенные трудности также и при попытках создания высокопроизводительных нейрокомпьютеров, которые строятся в виде сетей из формальных нейронов.

Между тем, существует “вычислительная машина”, созданная природой, а именно — мозг человека, для которой проблема полноценного распараллеливания обработки информации полностью решена [9 — 17].

Необходимо признать, что первыми начали развивать информационную медицину гомеопаты и получили при этом прекрасные результаты лечения. При изготовлении гомеопатических лекарств свойства различных веществ в виде минералов, растений передаются пациенту через «память воды», которая используется при их разведении. Особое значение имеет влияние различных лекарственных препаратов, алкоголя, наркотиков, приводящих к поражению мозга. В силу этого должны быть созданы методы, позволяющие исключить зависимость и привыкание к последним.

В прошлом веке во Франции был один хирург, который почти всех своих пациентов вылечил безо всяких операций. Он знал «тайную мудрость»

человеческого организма, так как смотрел на него с необычной точки зрения. Давайте же посмотрим на наш организм в свете его видения.

Для этого вспомним, что нам в школе говорили о возникновении жизни на Земле. Каждый ведь слышал про водную колыбель первых одноклеточных организмов. Скажите, что же изменилось с тех пор? По большому счету — ничего. Да, организмы стали многоклеточными, вышли на сушу, но внутри осталось море! Медики знают, что вводить в вену можно только солевой «физиологический раствор». Все внутренние жидкости (кровь, слезы, пот, моча) имеют соленый вкус. А это значит, что по-прежнему все, что нужно всем нашим клеткам для жизни, обеспечивает вода. Только управляет этой внутренней водой уже не природная гармония, а мы сами.

Однако наш организм «спроектирован» настолько мудро, что справляется со всей работой сам, оставляя нам время и силы для более высоких целей, чем обеспечение жизнедеятельности своих внутренних органов. Очень хорошо иллюстрирует этот факт такой пример: ученые просчитали, что для обеспечения водой комбината, в котором поддерживается культура клеток равных по количеству клеткам человеческого организма, необходимо было бы 200 тысяч литров воды в сутки — это объем 50 спортивных бассейнов!!! А мы обходимся лишь 1,5 — 3 литрами! Только представьте, какая огромная работа ежеминутно прodelывается внутри нас, для того чтобы мы могли ходить на работу, гулять, смотреть фильмы и т.д. Все это совершается благодаря нашей системе кровообращения и очистки крови в почках, которые фильтруют 10–12 ведер (100 —120 литров!) первичной мочи в день, пропуская через себя весь объем крови за 25 минут! А потом, экономя воду и нашу жизнь, реадсорбируют почти всю воду обратно, так что в итоге выделяется 1,5 — 3 л концентрированной мочи. Иначе мы бы всю жизнь проводили бы на унитазе...

Что же происходит, когда воды клеткам не хватает. Есть такой хороший образ, который позволит прочувствовать на своей шкуре, каково придется нашим клеточкам. Представьте себе, что вы вместе с другими людьми оказались в воде бассейна. Хорошо, правда? А теперь создаем другие условия — вас там так много, что поместиться можно только став плечом к плечу, и воду не меняли пару суток (и в туалет не выпускали). Да еще и работать заставляют. Долго ли протянете? А ведь мы создаем более тяжелые условия своим клеткам, когда не пьем воду в достаточном количестве годами! О каком здоровье может идти речь? Ведь в квартире мы регулярно убираем. Мы просто забываем или вообще не знаем, что воду надо пить регулярно. Как правило, мы ищем, где же напиться, когда ощущаем жажду. А это ведь сигнал SOS, который говорит,

что начались изменения в свойствах крови. Значит в тканях нехватка воды уже давно.

Почему в пустыне мало кто выживает? Причина — обезвоживание. Для организма его последствия — это сгущение крови и уменьшение ее объема, которое организм компенсирует сужением просвета кровеносных сосудов. Вот откуда берет начало гипертония. На том месте, где клетки, не перенося тяжелых условий, гибнут — образуется соединительная ткань. А это уже начало склероза. В загрязненной среде, как в болоте, более вероятен рост патогенной микрофлоры. Отсюда же берут свое начало всевозможные аллергии, астма, отеки, камни в почках и прочие диагнозы. Очень много можно на эту тему почерпнуть из книги Бахмангхелиджа «Вы не больны — у вас жажда!»

Чтобы восстановить свою «систему орошения» рассчитаем необходимый лично Вам объем воды: разделите свой вес в килограммах на 20 и получите количество литров, которое надо выпивать в сутки. Так, при весе 70 кг норма воды составит 3,5 л ($70/20 = 3,5$ л).

Итак, хирург Залманов просто знал, что если восстановить среду обитания клеток, то человек выздоравливает. Воздействие на информационно-энергетические структуры может изменять состояние и поведение любого объекта. Этот механизм лежит в основе телекинеза, дистанционной диагностики, коррекции состояния живых и неживых объектов.

7. Артефакты

Психометрия является одной из непознанных возможностей человека. Это психическая способность людей предсказывать события, связанные с каким-либо предметом, которые они держат в руках и, таким образом, получают доступ к информационной индивидуальной ячейке семантического информационного пространства.

История древних цивилизаций свидетельствует, что не объем информации, а способности мозга к сверхсознанию, духовная эволюция человека позволяли «людям из Атлантиды» достигать больших успехов в создании более совершенных технических решений, владении тайнами мозга и Вселенной.

Сейчас уже не вызывает сомнений, что многие представители ушедших цивилизаций могли пользоваться возможностями единого информационного поля, а их мозг содержал самые различные программы дистанционного взаимодействия с единым информационным полем, семантическим пространством.

8. Познание-Язык-Мышление. Естественный язык как всеобщий язык науки

Первый шаг на пути к созданию языка заключался в выражении впечатлений от событий с помощью символов, звуков или каких-либо иных способов. Весьма вероятно, что столь примитивного

уровня общения достигли, по крайней мере в известной степени, все животные, живущие сообществами. Более высокая ступень в общении достигается, когда вводят новые символы, усложняются о том, что означают эти символы, и выражают отношение к событиям, обозначаемым ими. На этом этапе уже можно сообщать о более сложных последовательностях событий. Так рождается язык. Если язык должен служить всеобщему взаимопониманию, то те, кто им пользуется, должны придерживаться единых правил для символов, с одной стороны, и связей между событиями — с другой. Проблема овладения этими правилами решается теми, кто говорит на одном языке, в основном чисто интуитивно в детстве. Когда же эти правила осмысливаются, возникает то, что называют грамматикой. На ранней стадии каждое отдельное слово языка может соответствовать впечатлению. На более поздних стадиях такая прямая связь утрачивается, поскольку по крайней мере некоторые слова выражают впечатления только в комбинации с другими словами (например, слова “быть” или “вещь”). Теперь уже не отдельные слова ставятся в соответствие впечатлениям, а комбинации слов отвечают группам впечатлений. При этом язык становится отчасти независимым от первоначальных впечатлений и достигается его большая внутренняя связность и самостоятельность. Только на этом более высоком этапе развития, когда появляется достаточно много абстрактных понятий, язык становится инструментом мышления в подлинном смысле этого слова. Но именно здесь язык становится источником опасных ошибок и заблуждений. Все зависит от того, в какой мере слова и их комбинации соответствуют миру впечатлений.

На чем же основана столь тесная связь между языком и мышлением? Разве нельзя мыслить, пользуясь не языком, а лишь понятиями и комбинациями понятий, для которых невозможно подобрать слова? Разве не случалось каждому из нас подыскивать слово уже после того, как он ясно осознал связь между предметами? Мы были бы склонны приписывать акту мышления полную независимость от языка, если бы индивидуум формировал или мог формировать свои представления, не общаясь с другими людьми посредством языка. И все же, весьма вероятно, что мышление индивидуума, выросшего в подобных условиях, было бы очень ограниченным. Отсюда мы должны заключить, что умственное развитие индивидуума и в особенности характер формирования и комбинирования понятий в значительной мере связаны с языком. Следовательно, одинаковый язык означает одинаковое мышление. В этом смысле мышление и язык связаны друг с другом.

Что же отличает язык науки от языка в обычном смысле? Как объяснить, что язык науки в целом

понятен каждому? Наука стремится к предельной точности и ясности понятий, их взаимосвязи и ответственности чувственным данным.

Рассмотрим в качестве *примера* язык евклидовой геометрии и алгебры. Имеется небольшое число вводимых независимо понятий и символов, таких как число, прямая, точка, и фундаментальные правила комбинирования этих понятий. Вместе они образуют основу для построения или определения всех упорядоченных утверждений и других понятий. Связь между понятиями и утверждениями, с одной стороны, и данными чувственных ощущений — с другой, устанавливается путем операций счета и измерения, определенных с достаточной четкостью. Наднациональный характер научных понятий и научного языка обусловлен тем, что они были созданы лучшими умами всех времен и народов. В одиночестве они создали духовные орудия для технической революции, преобразившей за последнее столетие жизнь человечества. Созданная ими система понятий служила путеводной нитью в диком хаосе чувственных восприятий и научила нас извлекать общие истины из частных наблюдений.

Какие надежды и страхи принесет человечеству научный метод? Скорее всего этот вопрос был поставлен правильно. То, что может сотворить какое-либо устройство в руках людей, зависит исключительно от характера тех целей, которые ставит перед собой человечество. Коль скоро эти цели намечены, научный метод указывает средства для их достижения. Указывать же эти цели научный метод поможет. Научный метод сам по себе не мог бы ни к чему привести и даже вообще не мог бы появиться, не будь у человека страстного стремления к ясному пониманию. Наш век характеризуется развенчиванием целей и совершенствованием средств для их достижения. Если мы страстно стремимся к безопасности, благосостоянию и свободному развитию всех людей, то должны найти и средства для достижения этого состояния. Если к этому стремится даже небольшая часть человечества, то время докажет правильность ее устремлений.

9. Естественный язык как объект математического описания

Сейчас в информатике распространяется и утверждается в правах тот взгляд, что естественный язык с математической точки зрения представляет собой какую-то алгебру. Эта алгебра называется лингвистической. Она пока в значительной мере гипотетична. Как Буратино, который уже существовал в полене до того, как его выстругал папа Карло. Изучение лингвистической алгебры показывает, что она относится к классу логических алгебр, а именно: в ней можно обнаружить и алгебру предикатов и алгебру предикатных операций.

Мысли – это предикаты, предложения – это формулы алгебры предикатов, выражающие эти предикаты. Грамматическая структура предложений выражается на языке алгебры предикатных операций. Когда мы обмениваемся предложениями, то, по сути дела, обмениваемся предикатами, отношениями. Когда изучается семантика предложения (то есть его смысловая сторона), то предложение предстает перед исследователем как формула алгебры предикатов. Если же изучается строение предложения, тогда на него смотрим как на формулу алгебры предикатных операций. Естественный язык человека представляет собой какой-то алгебраический аппарат в действии, по-видимому, одну из разновидностей алгебры предикатных операций, точнее – физическую реализацию этого алгебраического аппарата. Алгебра предикатов тоже в естественном языке присутствует, но она вложена, как маленькая матрешка в большую, в алгебру предикатных операций. Нужно узнать, какой именно вариант алгебры предикатных операций реализован в естественном языке. И нет ли в естественном языке еще каких-нибудь алгебраических структур сверх этого. Если это удастся сделать, то далее надо научиться переводить фразы естественного языка на язык логической математики, то есть осуществить, математическое описание смысловой структуры текстов, их грамматической структуры. Грамматика так легко охватывает всю семантику текста потому, что грамматическая алгебра охватывает семантическую алгебру. Имеется важная проблема – перевод текста с одного языка на другой. Это не только практическая, но и теоретическая проблема. Два различных варианта естественного языка (например, русский и английский) – это разные лингвистические алгебры, заданные на одном и том же носителе – множестве мыслей. Синтаксически же алгебры у разных естественных языков могут существенно отличаться, но все равно они будут алгебрами предикатных операций. В лингвистической алгебре имеются два яруса – семантический и синтаксический. Ставится задача как можно конкретнее и детальнее описать механизм лингвистической алгебры. Каждое предложение и образуемый из предложений текст выражают некоторую мысль, которую следует рассматривать как какой-то элемент носителя лингвистической алгебры, а соответствующее ей предложение (текст) – как описывающую его формулу. Оказывается, что предложение и тексты строятся тем же способом, который используется при образовании формул. Предложения, выражающие одну и ту же мысль, можно рассматривать как тождественные формулы лингвистической алгебры. Мысли интернациональны, каждую из них можно выразить на любом естественном языке. Разные языки (например, русский и английский) можно рассматривать как различные лингвистические

алгебры, заданные над одним и тем же носителем – множеством всевозможных мыслей, которыми способны оперировать люди. Предложения разных языков, выражающие одну и ту же мысль, это тождественные формулы. Перевод текстов с одного языка на другой следует считать переходом от формул одной лингвистической алгебры к тождественным им формулам другой алгебры, заданной над тем же носителем. В роли носителя любой лингвистической алгебры выступает множество всех доступных человеку мыслей. Смысл текста можно представить в виде формулы алгебры предикатов, а его синтаксическую структуру – в виде формулы алгебры предикатных операций. Механизм естественного языка можно формально описать только средствами логической математики. Какой-то (по-видимому – не самый лучший) алгебро-логический язык в логической математике мы уже имеем. Мы знаем, что он универсален. С его помощью можно вскрыть и формально описать алгебро-логическую структуру естественного языка. Главная задача логической математики в языкознании – узнать, какой именно вариант алгебры предикатных операций реализован в естественном языке, убедительно показать алгебраическую природу языка и мышления (или развить какую-либо еще более удачную альтернативную теорию, если алгебро-логический подход окажется недостаточным). Если это удастся сделать, то далее надо будет научиться переводить фразы естественного языка на язык логической математики. Формальное описание всех механизмов естественного языка в полном объеме – это пока неподъемная задача для логической математики и теории интеллекта. Чтобы стать способной решить эту задачу, логическая математика должна многократно усилить свой алгебраический инструментарий, развивать язык формального описания. И она его уже интенсивно развивает.

10. Значимость математического описания естественного языка для развития логической математики

Логическая математика имеет тесные и глубокие связи с языкознанием. Во всяком случае, естественный язык – это такой механизм, который относится к компетенции логической математики. Как алгебраическая система он развит гораздо лучше, чем современный аппарат логической математики. Кем он создан? Как знать? Природой, генетическим интеллектом, сформировался стихийно в процессе эволюции живых организмов. Логической математике есть что перенять у естественного языка. Она может подучиться у природы (то есть воспользоваться бионическим подходом к изучению интеллекта). Природа располагает гораздо более совершенным языком логической математики, чем человек. Человек никогда не

откажется от естественного языка в пользу языка математики или языков программирования, вообще искусственных языков, разрабатываемых информатикой. Логическая математика проявляет глубокий интерес к изучению механизма естественного языка. Лингвистическая алгебра – это не фикция, она фактически существует, так как реализована в механизме естественного языка и мышления, но ее структура пока еще очень слабо изучена наукой. Алгебра логики появилась в результате изучения в середине 19-го столетия логической структуры сложных предложений Джорджем Булем. Алгебра предикатов появилась в результате попыток математического описания процессов склонения и спряжения слов (то есть процессов словоизменения) в 70-х годах 20-го столетия. Если удастся вскрыть алгебро-логическую структуру естественного языка, то тогда сам алгебро-логический аппарат, развиваемый наукой и используемый на практике информатикой в процессе компьютеризации и информатизации, будет поднят на неизмеримо более высокий уровень. Важно извлечь из естественного языка алгебро-логический аппарат, который может оказаться намного более совершенным, чем известный и используемый в настоящее время. Пока это не удалось сделать в полном объеме. Алгебра предикатов появилась как результат долгих безуспешных попыток описать некоторые простейшие синтаксические механизмы языка. Алгебра логики появилась в результате изучения смысловой структуры сложносочиненных предложений. Идут два встречных процесса: усиление алгебры предикатных операций и выявление алгебраической структуры естественного языка. Вместе взятые, они ведут к единой цели: разработке более совершенного аппарата логической математики. Пытаться формализовать лингвистические механизмы логическая математика должна уже сейчас, чтобы выявить то, чего ей еще недостает. Таким образом, формальное описание механизмов естественного языка сильно стимулирует развитие логической математики. Здесь мы изложим те достижения (пока еще не очень большие) теории интеллекта, которыми к настоящему времени она уже располагает.

11. Пути совершенствования информатизации. Новые информационные технологии

Имея формальное описание естественного языка, можно будет реализовать его на ЭВМ и тем самым привить машине способность владения естественным языком. Нужно, чтобы машина приспособилась к человеку и говорила на его языке, а не наоборот, человек приспособился к машине. Пока же все наоборот. Если удастся извлечь из анализа естественного языка более совершенный алгебро-логический язык, то это сильно увеличит возможности разработчиков

информационных систем, новых информационных технологий. Естественный язык для человека наиболее удобен. Человек не променяет его ни на язык математики, ни на язык программирования. Представляется, что нет другой такой области знания, которая в большей степени, чем эта, могла бы способствовать уяснению глубинной природы человека и повышению темпов компьютеризации и информатизации общества. Тогда можно будет привить машине способность к естественному языку. Это резко повысит уровень машинного интеллекта, облегчит общение человека с машиной. Алгебро-логический аппарат, извлеченный из естественного языка, может существенно расширить возможности разработчика, создающего новые информационные технологии.

12. Математические структуры – протопит (прообраз) мозгоподобных структур (АКП-структур)

(АКП-структуры – это структуры, которые синтезированы средствами алгебры конечных предикатов (АКП)). Обращаемся к классическому определению этого понятия: «Структура математическая – родовое название, объединяющее понятия, общей чертой которых является то, что они применимы к множествам, природа элементов которых не определена. Чтобы определить структуру, задают отношения, в которых находятся элементы множеств (типовая характеристика структуры), а затем постулируют, что данные отношения удовлетворяют условиям – аксиомам структуры».

Из определения понятия «математическая структура» явствует, что оно зиждется, во-первых, на понятии отношения, которое характеризует внутреннее строение структуры, и, во-вторых, на понятии системы условий-аксиом, характеризующих свойства структуры (или, иначе говоря, системы законов внешнего поведения структуры). Условия-аксиомы записываются формулами на известном языке кванторов, применяемым к операциям над переменными предикатами. Конкретные же отношения выражаются в виде множеств наборов предметов, графов, графиков или таблиц без использования формул.

Возникает вопрос: а возможно ли вообще отношения выражать формулами? Поразительно, но факт: среди всевозможных способов непосредственного выражения отношений не обнаруживается ни одного формульного. Возникает подозрение, что отношения вообще не поддаются непосредственному описанию формулами.

13. Реляционная обработка информации в конечных объектах и ее техническая реализация в системах ИИ

В 70-80-х годах прошлого столетия авторы этой статьи в рамках научной школы, руководимой профессором Шабановым-Кушнареном Ю.П., пытались проникнуть в структуру естественного

языка человека, который, как известно, является системой отношений. При этом возникла настоятельная потребность формульного описания отношений. Столкнувшись с невозможностью непосредственного представления отношений формулами, авторы воспользовались наличием взаимно однозначной связи отношений с предикатами. Данные изыскания позволили вплотную подойти и построить так называемую «алгебру предикатов». На языке этой алгебры можно формулами выразить любые конечные предикаты, соответствующие заданным отношениям, и выполнять их преобразования, получая из уже имеющихся предикатов новые. А при необходимости эти предикаты можно преобразовать обратно в соответствующие им отношения. Любое же отношение, когда это потребуется, можно преобразовать обратно в предикат. Таким образом, была решена задача косвенной формульной записи любых фиксированных отношений и их прямого и обратного преобразования. Т.е. появилась возможность получать преобразователи информации прямого и обратного действия.

Как известно, отношения формально выражают мысли людей, а их преобразования соответствуют процессу мышления. Поэтому создание алгебры предикатов открывает возможность формульного описания и автоматизации мыслительной деятельности человека.

В настоящее время разработанная «алгебра предикатов» имеет вид алгебраической системы предикатов, состоящей из трех частей: 1) алгебры имен постоянных предикатов; 2) алгебры операций над переменными предикатами; 3) алгебраической модели, на языке которой записываются уравнения алгебры имен предикатов, выражающие постоянные отношения. На языке алгебры предикатных операций записываются условия-аксиомы (законы), определяющие наблюдаемое извне поведение математической структуры. На языке уравнений алгебры имен предикатов записываются конкретные отношения, удовлетворяющие условиям-аксиомам. Эти отношения характеризуют внутреннее строение математической структуры. Уравнения алгебры имен предикатов связывают предметные переменные – аргументы заданных предикатов. Их можно решать относительно тех или иных наборов предметных переменных. Оказалось, что средств алгебры операций над переменными предикатами достаточно для отыскания всех корней любого уравнения алгебры имен конечных предикатов. Был предложен явный способ задания конечного алфавитного оператора, который лег в основу универсального схемного решения уравнений алгебры имен предикатов [6 с.10–18]. Таким образом, был найден метод построения АКП-структур: структур прямого и обратного действия, которые реализует

этот метод. Постепенно формируется совокупность простейших типовых математических структур в виде соответствующих АКП-структур, из которых слагаются более сложные структуры. И так, были разработаны АКП-структуры первого, второго и третьего рода [18,19].

Таким образом, в процессе своей работы предложенные преобразователи информации в виде АКП-структур воспроизводят поведение конечной модели любой заранее заданной математической структуры. Реализуя соответствующие АКП-структуры, можно получить параллельно действующую модель той или иной математической структуры [20].

Выводы

В результате предложенных методов и подходов формализации естественно-языковых конструкций получаем средство формульной записи произвольных отношений. Решая полученные уравнения, можно воспроизводить на модели любые процессы, как физические, так и информационные. Отношениями можно выразить строение любых предметов, их поведение, свойства и связи между ними. Естественный язык, являющийся универсальным средством общения людей, можно рассматривать как механизм для выражения отношений, то есть как некую разновидность алгебраической системы предикатов. Обращаясь с предложениями друг к другу, люди обмениваются мыслями в виде формул отношений. Мышление – это процесс преобразования отношений, получения новых отношений из тех, которые уже имеются в наличии. Информация, поступающая к нам из внешнего мира через органы чувств, имеет вид отношений, которые несут в себе структуру окружающих нас предметов и процессов. Действуя на внешние предметы и события, человек может формировать их структуру и их течение в соответствии с заранее построенными в его уме отношениями.

Что же может служить фундаментом при планировании людьми своего дальнейшего развития, когда исчерпается «бионическая» подсказка? Представляется, что такую подсказку ему сможет дать изучение механизма логики. Логика – это, с одной стороны, наука о законах правильного мышления; с другой, – это наука обо всем возможном, что приводит к систематической формализации и каталогизации правильных способов, рассуждений. При этом в ней в скрытом (потенциальном) виде содержатся любые структуры, которые могут понадобиться человеку при совершенствовании им самого себя. Нужно лишь научиться извлекать из массива всех имеющихся в логике математических структур нужные на каждом этапе саморазвития. Таким образом, освоение логики может стать тем маяком, который будет освещать людям путь в их поступательном движении вперед.

Еще в 19-ом веке все были убеждены в том, что логика, доставшаяся нам в наследство от Аристотеля, представляет собой полностью изученную область. Однако впоследствии это убеждение было развеяно, и теперь стало очевидным, что человечество находится лишь на начальном этапе освоения математических структур, скрытых в системе логики.

В настоящее время проводятся определенные изыскания в этой области. Они основываются на процессе алгебраизации логики. Одно из направлений заключается в изучении иерархической структуры булевых алгебр. Логическая и числовая математика имеют много общего. Руководствуясь этой аналогией, было обнаружено, что логические пространства строятся по типу арифметических. В них обнаруживаются скаляры и векторы. Благодаря этому каждое логическое пространство разделяется на нижний, скалярный, слой и верхний, векторный. При этом обнаруживаются три взаимосвязанные друг с другом булевы алгебры: нижняя, скалярная; верхняя, векторная и боковая, скалярно-векторная. Векторы верхней алгебры можно рассматривать как скаляры булевой алгебры следующей ступени. Таким образом, появляется бесконечная цепочка уходящих вверх булевых алгебр. Эта область называется теорией логических пространств. В булевых пространствах можно образовывать булевы уравнения разной ступени. Был найден универсальный метод решения таких уравнений. Обнаружилось, что этот метод может быть использован для построения саморазвивающихся и реляционных сетей.

Перспективы исследований. Технотронная цивилизация, компьютеры, сети, информационные интеллектуальные артефакты и, наконец, не просто конгломерат, а симбиоз, гибрид биологического интеллекта с искусственным и логикой человека – это и есть путь самопознания и саморазвития в поступательном движении вперед (в процессе самоконструирования своей эволюции).

P.S. Мозг (Сознание – Мышление – Язык). Мозг – продукт эволюции за более, чем 200 млн. лет представляет собой студенистую массу весом 1,5 кг. Его консистенция напоминает густую горчицу, составляет 2% от общего веса тела, потребляет 20% кислорода, который необходим организму. Нервные клетки мозга генерируют энергию тока мощностью 25 Ватт. Мозг одновременно электрическая и химическая система. Не испытывает боли, потребляет 0,7 литра крови в минуту. Перерыв в снабжении кислородом и глюкозой в одну минуту приводит к потере сознания, а через 8 минут – к прекращению жизни. Органы чувств, или точнее анализаторы, являются единственным путем, по которому информация из окружающего нас мира, а также из внутренней среды организма поступает в мозг.

Кора занимает 80% объема мозга, а серое вещество образует 10 млрд. клеток. Нуждается в более интенсивном кровообращении во время сна, а не при бодрствовании. Вещество мозга содержит 100 млн. нейронов, а один нейрон связан с 60 тыс. клеток. В ходе эволюции мозг увеличился в 3 раза, чего не произошло ни с одним из органов человека [12, 13].

Предполагают, что носителем Сознания являются нейроны, которые, как снежинки и человеческие лица, неповторимы. Кодированная информация в виде электрического импульса поступает на отростки одной клетки, чтобы попасть к другой. Импульс преобразуется и открывает проходы для ионов калия и натрия. Эти реакции образуют ткань. Сознания миллиарды раз днем и ночью по всей коре головного Мозга.

Умственные способности не зависят от размеров мозга, а зависят от числа связей между нейронами и скоростью их установления. Средняя скорость – 1/1000 сек. Во всей Вселенной нет ничего сложнее Сознания [13, т. 5, с. 43–48].

Мышление – активный процесс отражения действительности в Сознании человека в виде: утверждений, суждений, умозаключений, гипотез, теорем и т.д. Мышление и Язык неразрывно связаны между собой явления – первое как высшая форма отражения действительности, а второе – как материальная форма осуществления мыслительной деятельности. Посредством Языка мысли отдельных людей превращаются из их личного достояния в общественное достояние, в духовное богатство всего человечества. Человек может выражать свои мысли многими способами (мимикой, жестами, поступками, чертежами, (схемами), рисунками и красками, музыкальными звуками, формулами и т.д.), однако универсальным средством выражения мысли является Язык. В Языке человек фиксирует свою мысль и благодаря этому имеет возможность подвергать ее анализу как лежащий вне его объект. Он служит средством понимания не только чужих, но и своих собственных мыслей. Выражая свои мысли, человек тем самым отчетливее уясняет их сам. Слово существенно для мышления и в силу того, что оно является материальной формой существования знания, что в нем откладываются, объективизируются и через него актуализируются знания, посредством которых человек во все возрастающей мере осознает окружающую действительность и самого себя. Посредством Языка происходит переход от восприятия к понятиям, осуществляется формирование обобщенной мысли, протекает процесс оперирования понятиями. Без обобщающей роли Языка человек не мог бы приобрести способность обзирать бесконечное многообразие отдельных вещей окружающего мира. Связь между Мышлением и Языком не

механическая, а органическая: их нельзя отделить друг от друга, не разрушая того и другого. Не только Язык не существует вне Мышления, но и мысли, идеи не существуют «оторвано» от Языка. [13, т.3, с. 519; т.5, с. 604-611].

Список литературы: 1. *Апресян Ю.Д.* Избранные труды. Т. 1. Лексическая семантика (синонимические средства языка) 2-изд., испр. и доп. / Ю.Д. Апресян. — М.: Языки русской культуры, 1995. — 464с. 2. *Пиотровский Р.Г.* Лингвистическая синергетика: исходные положения, первые результаты, перспективы / Р.Г. Пиотровский. — СПб.: Филологический ф-т СПбГУ, 2006. — 160с. 3. *Анисимов А.В.* Компьютерная лингвистика для всех: Мифы. Алгоритмы. Язык / А.В. Анисимов. — К.: Наук. думка, 1991. — 208 с. 4. *Лінгвістичні та технологічні основи тлумачної лексикографії* / В.А. Широков, В.М. Білоноженко, О.В. Бугаков та ін. — К.: Довіра, 2010. — 295 с. 5. *Бондаренко М.Ф.* Основы теории синтеза надшвидкодiючих структур мовних систем штучного iнтелекту / М.Ф. Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г. Четвериков. — К.: IЗМН, 1997. — 264 с. 6. *Шабанов-Кушнарeнко Ю.П.* Приложения теории интеллекта к синтезу комбинационных схем / Ю.П. Шабанов-Кушнарeнко, М.Ф. Бондаренко, Г.Г. Четвериков, З.Ю. Шабанова-Кушнарeнко // АСУ и приборы автоматики. — Харьков: Вища шк., — 1980. — Вып. 53. — С. 10–18. 7. *Глушков В. М.* Информация — феномен природы: роль информации в естественной и искусственной природе: избр. труды / В.М. Глушков. — Т. 1. — К.: Наук. думка, 1990. — 262 с. 8. *Каляев В.А.* Однородные коммутационные регистровые структуры / В.А. Каляев. — М.: Сов. радио, 1978. — 336 с. 9. *Емченко А.И.* Физиология анализаторов и учение диалектического материализма о чувственно познание / А.И. Емченко. Изд. Киевского ун-та, — 1972. — 270 с. 10. *Каструбин Э.М.* Трассовые состояния и «поле смысла» / Э.М. Каструбин. — М.: «КСП». — 1995. — 228 с. 11. *Блум Ф.* Мозг, разум и поведение / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. — М.: Мир, 1998. — 248 с. 12. *Краткая медицинская энциклопедия* / Отв. ред. А.Н. Шабанова, т.1 — М.: «Сов. энциклопедия», 1972 — 584 с. 13. *Философская энциклопедия* / Гл. ред. Ф.В. Константинов т. т. 3,5. — М.: «Сов. энциклопедия», 1970. — 584, 740 с. 14. *Дельгадо Х.* Мозг и Сознание / Х. Дельгадо. — М.:

«Мир», 1971. — 251 с. 15. *Бехтерева Н.П.* О мозге человека / Н.П. Бехтерева. — СПб.: НотаБене, 1994. — 248 с. 16. *Вилейанур С.* Рамачандран. Рождение разума. Загадки нашего сознания / С. Вилейанур. — М.: Олимп-Бизнес, 2006. — 123 с. 17. *Чайлахян Л.М.* Истоки происхождения психики, или сознания (Душа — это Божий дар или продукт естественной эволюции?) / Л.М. Чайлахян. — Пушкино: ОНТИ Пушкинского научного центра РАН, 1992. — 200 с. 18. Пат. 14935 А. Україна, МКВ Н 03 К 19/08. Функціональний перетворювач / М.Ф. Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г.Четвериков (Україна). — №96010250; Дата подання 22.01.96; Опубл. 30.06.97, Бюл. №3. — 4 с. 19. Пат. 20462 А. Україна, МКВ Н 03 К 19/02. Двовходовий багатозначний логічний елемент / М.Ф.Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г.Четвериков (Україна). — №97031289; Дата подання 20.03.97; Опубл. 15.07.97, Бюл. №3. — 4 с. 20. Пат. 2147789 РФ, МКВ Н 03 К 19/02, Н 03 М 1/00. Функціональний преобразователь с многозначным кодированием / М.Ф.Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г.Четвериков (Україна). — №97101717/09; Заявл. 04.02.97; Опубл. 24.04.2000, Бюл. №11. — 6 с.

Поступила в редколлегию 10.09.2013

УДК 519.7

Феноменологія мозкоподібних перетворювачів інформації / М. Ф. Бондаренко, Г.Г. Четвериков // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2013. — № 2 (81). — С. 3-14.

У статті розглядається визначення поняття мозкоподібні перетворювачі інформації: «мозкоподібна структура», яке ґрунтується на поняттях математичної структури, відношення, предиката, алгебраїчної системи та системи предикатів.

Бібліогр.: 20 найм.

UDC 519.7

Phenomenology of brainsimilar transformations information / M.F. Bondarenko, G.G. Chetverikov // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 3-14.

Determination of concept of brainsimila transformations information: «brainlike structure», that is based on the concepts of mathematical structure, relation, predicate, system of algebra and system of predicates, is being examined in the article.

Ref.: 20 items.

УДК 519.7:007.52; 519.711.3



І.Д. Вечірська

ХНУРЕ, м. Харків, Україна, ira_se@list.ru

АНАЛІЗ МЕТОДУ ПОБУДОВИ ТА ПРИНЦИПІВ РОБОТИ РЕЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЯК БАГАТОРІВНЕВОЇ СТРУКТУРИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ ДІЇ

В статті досліджено математичні аспекти побудови реляційних мереж мозкоподібних структур як багаторівневих структур паралельної дії на основі алгебри скінченних предикатів. Розвинено теорію лінійних логічних перетворень для обґрунтування механізмів роботи реляційних мереж. Наведено аналіз та перспективи результатів дослідження.

ВІДНОШЕННЯ, ДЕКАРТІВ ДОБУТОК, ЛІНІЙНЕ ЛОГІЧНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ, РЕЛЯЦІЙНА МЕРЕЖА, СТЕПІНЬ ЛІНІЙНОГО ЛОГІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ, ТРАНЗИТИВНЕ ЗАМИКАННЯ

Вступ

Швидке зростання кількості нових технологій веде до появи значного потоку нової термінології, яка не завжди є коректною або ж взагалі змістовно не відрізняється від вже встановлених та виважених часом понять. Ця проблема веде не тільки до плутанини термінів, а, як наслідок, і до виконання зайвих або неправильних дій. За таких темпів інформатизації суспільства стає досить важко відслідкувати всі тенденції і обрати необхідну для конкретної задачі технологію. Хоч це може видаватися і абсурдним, але чим швидше ростуть інформаційні потоки, тим важливішим стає глибинне дослідження математичних засад методів реалізації та суті понять. Людині вже важко сприйняти весь інформаційний потік. Вона моделює всі процеси в своєму мозку, можна сказати – сприймає їх через певну призму. Зазвичай цією призмою виступає логіка. Але закони логіки – це закони обробки імпульсів нейронами мозку [1]. Для того ж щоб повніше сприйняти інформацію, необхідно мати якомога ширший базис, носій у вигляді операцій та елементів. На сьогодні вже нікого не дивує твердження, що математика – це образ мислення [2]. Таким чином, математико-логічний апарат мислення людини має бути загальної природи, здатним описувати будь який об'єкт. Таким апаратом може бути алгебра скінченних предикатів (АСП) (автори – чл. кор. академії наук України М.Ф. Бондаренко та заслужений діяч науки і техніки УРСР Ю.П. Шабанов-Кушнарєнко). Автори АСП розробили математичний апарат, здатний формально описувати відношення, а отже, об'єкти будь-якої природи. Крім того, в рамках наукової школи М.Ф. Бондаренка, Ю.П. Шабанова-Кушнарєнко було досліджено різні математичні структури, такі як логічний аналіз, предикатні категорії, реляційна алгебра та інші, а також розроблено потужний інструментарій для їх подальшого розвитку. Серед останніх розробок [1, 3] – дослідження мозкоподібних структур, що являються математичною моделлю у вигляді реляційної логічної мережі, особливістю якої є паралельна

обробка інформації в усіх вузлах мережі та одночасна обробка інформації не лише у вигляді даних (значення), але й у вигляді знань (предикат). М.Ф. Бондаренко та Ю.П. Шабанов-Кушнарєнко відмічають, що людина вміє передбачувати події та приймати дійові заходи щодо управління ними, звертаючись за допомогою до свого мозку. Основу мозку складає нейронна мережа, що реалізує модель зовнішнього і внутрішнього світу людини. Інтелект – це база даних, з якої людина дістає необхідні їй відомості. Інтелект – це система відношень, які можна представити у вигляді рівнянь. Інформацію з цих рівнянь добувають шляхом їх розв'язання. Таким чином, мозок – це мережева система паралельної дії, яка розв'язує логічні рівняння.

Реляційна логічна мережа працює за принципами роботи мозку: законами логіки, що описуються основними тотожностями АСП, та обробляє інформацію будь-якого типу внаслідок універсальності алгебраїчного апарату.

Велике значення в теорії реляційних логічних мереж надається формальній постановці задачі. І це теж дуже актуальна проблема на сьогоднішній день. Оскільки виникають цілі галузі науки, де недостатньо розвинений математичний апарат. Такою областю можна вважати штучний інтелект. Існує думка, що у перспективі для розв'язання задачі машиною необхідно буде лише сформулювати її чітку постановку, тобто швидкість і якість розв'язку буде залежати лише від того, наскільки вдало вдасться навести математичну постановку задачі [4]. І саме тут може статися в нагоді математичний апарат АСП, універсальність якого ґрунтується на універсальності поняття відношення та теорії побудови реляційних мереж як засоби моделювання об'єктів довільної природи.

Отже, метою роботи є аналіз методу побудови та принципів роботи реляційної логічної мережі за рахунок розвитку теорії лінійних логічних перетворень як основного інструментарію обробки інформації в мережі та розробка методу знаходження кількісної оцінки її роботи.

1. Побудова реляційної логічної мережі як багаторівневої структури паралельної дії

Побудова реляційної мережі передбачає насамперед глибокий аналіз вихідного відношення. Якщо розглянути деяке багатомісцеве відношення, то слід звернути увагу, що кожна змінна області відправлення, (як і області прибуття), має свою область визначення і область значень. Складність формального опису полягає в тому, що необхідно враховувати всю ієрархію понять. Так, якщо задачею є побудова математичної моделі словозміни якоїсь частини мови, то недостатньо розглянути типи закінчень та властиві їм ознаки. Щоб отримана модель була адекватною, необхідно провести якомога глибший аналіз. А для цього в наведеному прикладі необхідно розбити змінну частину слова (закінчення) на літери, а кожен з присутніх ознак – на їх значення. Далі встановлюють зв'язки між конкретними значеннями змінних та будують систему бінарних відношень.

Зауважимо, що для побудови економної математичної моделі необхідно дослідити всі можливі бінарні відношення. Це дозволить ввести допоміжні вузли для спрощення схеми та підвищити швидкодію мережі. Виявлення допоміжних (внутрішніх) вузлів ґрунтується на понятті повного образу і прообразу предмета та на понятті фактор-множини, що являється розбиттям множини, яке відповідає еквівалентності, визначеній на цій множині.

Під розбиттям множини будемо розуміти будь-яку систему непустих підмножин вихідної множини, таких що кожен елемент множини належить одній і тільки одній підмножині. Множини, які належать розбиттю, назвемо класами розбиття або шарами, рівнями розбиття.

Нехай задано множини $M = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, де x_i – елемент множини M , $x_i \in M$, $i = 1, n$.

Кожній еквівалентності E , визначеній на декартовому добутку множини $M \times M$, можна поставити у взаємно-однозначну відповідність розбиття множини за наступним правилом: якщо $E(x_i, x_j) = 1$, $i, j = 1, n$, тобто $(a_i, a_j) \in E$ ($x^i E u^j$), то предмети a_i та a_j , яким відповідають значення змінних, потрапляють в один клас розбиття, якщо ж $E(x_i, x_j) = 0$, тобто $(a_i, a_j) \notin E$, то – в різні класи.

Для того щоб знайти розбиття, що відповідає заданій еквівалентності, необхідно визначити класи розбиття за вказаним правилом. Зв'язок між множиною M , еквівалентністю E та розбиттям R – це тримісцеве відношення третього ступеня, де M і E – це відношення першого ступеня, а розбиття R – відношення другого ступеня. Отже, розбиття є функціональним відношенням, яке визначає деяку функцію $f : (M, E) \rightarrow M/E$ третього ступеня.

Таким чином, для довільних відношень отримуємо логічну реляційну мережу як багаторівневу структуру.

Функціональну роботу гілок реляційної мережі забезпечує метод розшарування предикатів [5, 6], який саме й дозволяє виділити бінарні відношення в вихідному n -арному. Метод розшарування предиката (або метод тришарової декомпозиції предиката) ґрунтується на поняттях декомпозиції першого роду предиката, яке дозволяє представити вихідний предикат у більш простому вигляді, та декомпозиції другого роду уже отриманого простішого предиката. Розшарування предикатів дають нам важливу формулу для визначення тришарової декомпозиції предиката E :

$$E(x_1, x_2, \dots, x_n) = D(g_1^{-1}(f_1(x_1)), g_2^{-1}(f_2(x_2)), \dots, g_n^{-1}(f_n(x_n))),$$

де f_1, f_2, \dots, f_n , g_1, g_2, \dots, g_n – деякі функції.

Далі наведемо загальний вигляд предиката 2-го роду у зручнішій для практичного використання формі за допомогою предиката рівності відображень.

Узагальнене твердження про загальний вигляд 2-го роду предиката на n -арні предикати має вигляд:

$$E(x_1, x_2, \dots, x_n) = \exists v \in B(F_1(x_1, v) \wedge F_2(x_2, v) \wedge \dots \wedge F_n(x_n, v)),$$

де –

$$F_i(x_i, v) = \exists x_1 \in A_1 \exists x_2 \in A_2 \dots \exists x_{i-1} \in A_{i-1} \exists x_{i+1} \in A_{i+1} \dots \exists x_n \in A_n, S(x_1, x_2, \dots, x_n, v),$$

S – функція, яка приписує деякі різні імена v усім наборам змінних (x_1, x_2, \dots, x_n) , для яких $E(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1$; B – множина усіх таких імен.

Наведений спосіб знаходження характеристичних предикатів використовує певну функцію класифікації S , яка приписує деякі різні імена v усім парам предметів, для яких предикат дорівнює 1.

Таким чином, отримуємо

$$E(x_1, x_2, \dots, x_n) = D_B(f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_n(x_n)) = \exists u \in B(F_1(x_1, u) \wedge F_2(x_2, u) \wedge \dots \wedge F_n(x_n, u)).$$

Вираз $D(u_1, u_2, \dots, u_n)$ – це предикат n -арної рівності, його зміст можна виразити наступною формулою:

$$D(u_1, u_2, \dots, u_n) = 1 \Leftrightarrow u_1 = u_2 = \dots = u_n.$$

Предикат можна представити як композицію предикатів H_1, H_2, \dots, H_n та D_C :

$$E(x_1, x_2, \dots, x_n) = \exists p_1, p_2, \dots, p_n \in C(H_1(x_1, p_1) \wedge H_2(x_2, p_2) \wedge \dots \wedge H_n(x_n, p_n) \wedge D_C(p_1, p_2, \dots, p_n)).$$

Розробка методу тришарової декомпозиції (рис. 1) (розшарування предиката) здійснювалась шляхом узагальнення: взяли предикат еквівалентності, виключили властивість однозначності – отримали

толерантність; виключили ще властивість рефлексивності, замінивши її квазірефлексивністю (рефлексивність не на всій області визначення, а на її підмножині) – отримали квазітолерантність. Потім прибрали останню властивість симетричності і отримали довільний n -арний предикат.

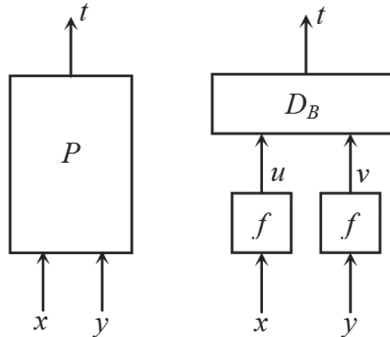


Рис. 1.

Метод тришарової декомпозиції предиката дозволяє представити сам процес тривірневої декомпозиції предиката у вигляді відповідної схеми розшарування. Побудована схемна реалізація реалізує широке розпаралелювання обробки інформації і дозволяє обчислювати результат за декілька тактів. Схема працює в декількох режимах: обчислює значення предиката за заданим, визначає невідомі значення змінних за відомими і т.п.

2. Аналіз принципів роботи реляційної мережі

Реляційна логічна мережа складається з полюсів і гілок, що їх з'єднують. Полюсам відповідають змінні, а гілкам – бінарні відношення, які їх зв'язують. В процесі розв'язання задачі, яку промодельовано логічною мережею, в деякі її полюси надходять відомі знання, а мережа формує знання для інших полюсів. В кінці роботи здійснюється зняття інформації зі вказаних користувачем полюсів. Логічну мережу можна розглядати як схемно реалізовану базу знань, яка здійснює паралельну обробку інформації. В процесі роботи логічної мережі по всіх її гілках здійснюється двостороннє прямування інформації, яке супроводжується її перетворенням. Обробка знань в гілках логічної мережі здійснюється лінійними логічними перетвореннями. Ефективність роботи мережі здебільшого визначається правильним вибором методу синтезу архітектури логічної мережі для заданої задачі та вибором лінійних логічних перетворень для кожної з гілок. Економність електронної реалізації логічної мережі та лаконічність подання знань, які вона формує для кожної з задач, в значній мірі визначається вибором методу синтезу схем для кожної з її гілок.

Кожна вершина отриманої схеми характеризується своєю змінною, що визначена на відповідній множині. По суті, кожна така вершина являється не просто значенням змінної x , а одномісцевим

предикатом $P(x)$. Таким чином, в кожній вершині є якась множина, і коли відбувається паралельна передача інформації в інші вершини, то на виході отримуємо також множину значень. В результаті, кожна гілка схеми є лінійним логічним перетворенням, що забезпечує її ефективну роботу.

Кожному полюсу реляційної логічної мережі ставиться у відповідність своя предметна змінна. З кожним полюсом зв'язується область значень змінної цього полюса. Будь-який полюс (вузол) реляційної мережі в будь-який момент часу несе якесь знання про значення змінної (під знаннями розуміємо множину значень, які може набувати змінна в фіксований момент часу). Іншими словами, ці знання можна назвати станом полюса. Якщо зафіксувати стани усіх полюсів, отримаємо систему логічних рівнянь. Реляційна логічна мережа призначена для розв'язання системи рівнянь, які описують роботу мережі у всіх гілках.

Кожному полюсу відповідає своя предметна змінна x_i з областю визначення M_i , ($i = \overline{1, m}$). Пара полюсів x_i і y_j , які з'єднує гілка $K_{ij}(x_i, y_j)$, на першому етапі можна формалізувати у вигляді лінійного логічного перетворення

$$\exists x_i \in M_i (K_{ij}(x_i, y_j) \wedge P_i(x_i)) = Q_{j_{\max}}(y_j). \quad (1)$$

На другому етапі:

$$\exists y_j \in N_j (K_{ij}(x_i, y_j) \wedge P_j(y_j)) = Q_{i_{\min}}(x_i). \quad (2)$$

Лінійно-логічне перетворення мережі здійснює роботу операторів на першому етапі, якщо в мережі діють лише оператори з рівняння (1). Аналогічно визначають другий етап. Якщо в мережі реалізуються обидва етапи, мережа називається комбінованою. Мережа відшукує розв'язання рівняння

$$K(x_1, \dots, x_m) = 1 \quad (3)$$

з обмеженнями, які накладаються на область значень змінних x_i , ($i = \overline{1, m}$), $x_i \in P_i$, де $P_i \subseteq A_i$. Якщо розв'язання рівняння відшукують за складніших обмежень $L(x_1, \dots, x_m) = 1$, то мережу добудовують таким чином, щоб вона відповідала рівнянню $K' = 1$, де $K' = KL$.

Перед тим, як побудувати мережу, що реалізує предикат K , необхідно провести бінаризацію предиката, тобто представити його у вигляді

$$K(x_1, \dots, x_m) = \bigwedge_{\substack{i=1, m \\ j=1, n}} K_{ij}(x_i, y_j).$$

Розв'язання рівняння (3) здійснюється мережею за тактами. На кожному такті одночасно оброблюється інформація всіма лінійними логічними операторами мережі. Мережею на першому етапі після кожного такту здійснюється перетин усіх значень предикатів $Q_{j_{\max}}$, які сходяться з усіх сторін до кожного з полюсів x_i . На другому етапі значення предикатів $Q_{i_{\min}}$, навпаки, об'єднуються.

Мережа на першому етапі може формувати зайві розв'язки, а на другому – може не знайти деякі дійсні розв'язки. В процесі розв'язання рівняння із збільшенням номера такту роботи мережі значення предикатів $Q_{j_{max}}$ та $Q_{i_{min}}$ наближуються, причому завжди $Q_{i_{min}} \leq Q_{j_{max}}$. На певному такті наближення значень цих предикатів зупиняється. Якщо фіксовані значення зберігаються на двох тактах підряд, то процес розв'язання рівняння (3) закінчується. Якщо для всіх $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$ виявляється, що $Q_{i_{min}} = Q_{j_{max}}$, значить мережа знайшла всі розв'язки.

Розглянемо роботу реляційної мережі на прикладі словозміни прикметників (рис. 2). Формальну модель для мережі було побудовано у [7, 8].

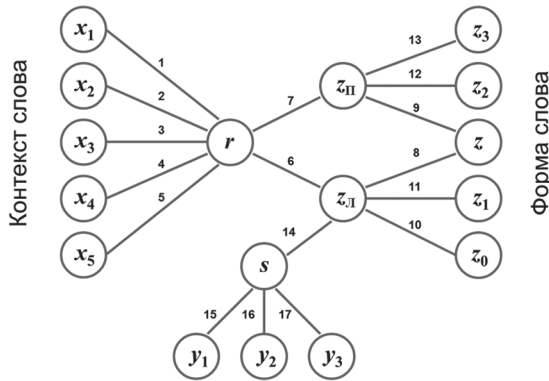


Рис. 2. Логічна мережа для морфологічного відношення

Нехай на початку роботи відомі такі значення (рис. 3): $x_1 = \{ж\}$, $x_2 = \{е\}$, $x_3 = \{Д\}$, $y_1 = \{н\}$, $y_2 = \{б\}$.

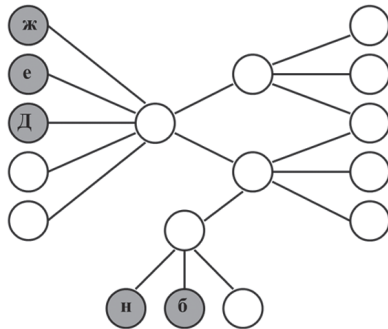


Рис. 3. Вихідні дані

Далі відобразимо роботу мережі за тактами.

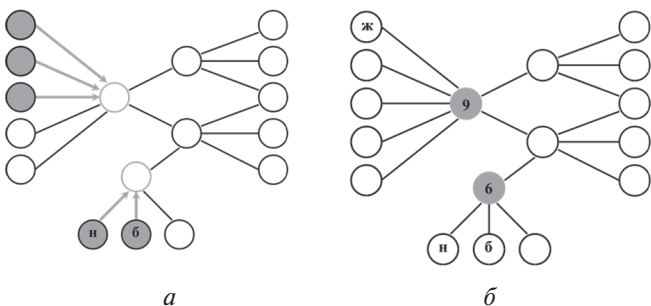


Рис. 4. а – такт 1а; б – такт 1б

На першому етапі 1-го такту було отримано 5 предикатів (рис. 4а). Внаслідок роботи лінійних

логічних операторів на другому етапі проведено 2 порівняння (рис. 4б).

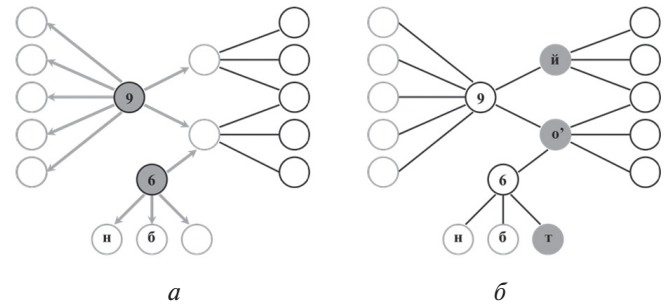


Рис. 5. а – такт 2а; б – такт 2б

На першому етапі 2-го такту було отримано 11 предикатів (рис. 5а). Внаслідок роботи лінійних логічних операторів на другому етапі проведено 10 порівняння (рис. 5б).

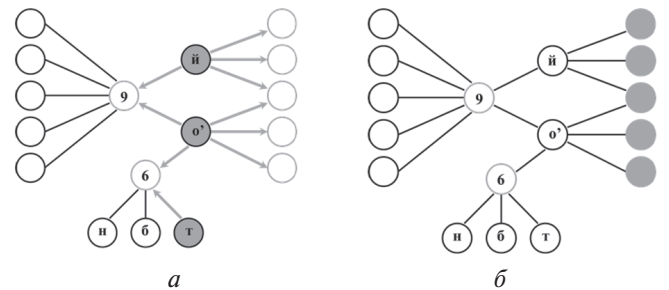


Рис. 6. а – такт 3а; б – такт 3б

На першому етапі 3-го такту було отримано 10 предикатів (рис. 6а). Внаслідок роботи лінійних логічних операторів на другому етапі проведено 7 порівнянь (рис. 6б).

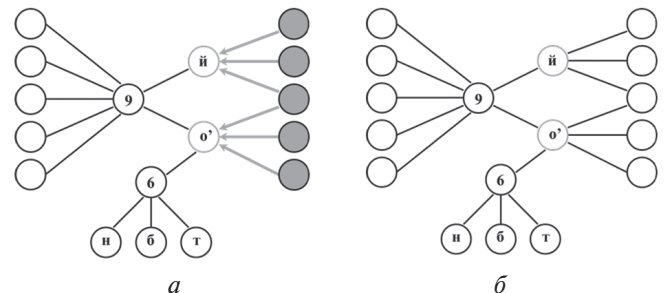


Рис. 7. а – такт 4а; б – такт 4б

На першому етапі 4-го такту було отримано 6 предикатів (рис. 7а). Внаслідок роботи лінійних логічних операторів на другому етапі проведено 2 порівнянь (рис. 7б). Зміни станів не відбулося, роботу логічної мережі було припинено.

3. Розвиток теорії лінійних логічних перетворень для обґрунтування роботи реляційної мережі

Робота мережі здійснюється за рахунок лінійних логічних перетворень.

Лінійне логічне перетворення задає перетворення однієї підмножини значень змінної x з областю визначення M , яку задано предикатом $P(x)$, в відповідну підмножину значень змінної y з областю визначення N , що задано предикатом $Q(y)$.

В роботі [9] було проведено дослідження дій над лінійними логічними перетвореннями, а саме знаходження степеня лінійного логічного перетворення. Формули для знаходження n -ого лінійного логічного перетворення $Q^{(n)}(y)$ та дуального йому $P^{(n)}(x)$ мають вигляд:

$$Q^{(n)}(y) = \bigwedge_{i=1}^n K_i Q(y), \text{ де } K_i = K = K(x,y)K(y,x),$$

$$P^{(n)}(x) = \bigwedge_{i=1}^n K'_i P(x), \text{ де } K'_i = K' = K(y,x)K(x,y).$$

Метод знаходження n -ого лінійного логічного перетворення $Q^{(n)}(y)$ можна розбити на наступні етапи. Спочатку необхідно знайти матрицю K , яка є суперпозицією ядер лінійних логічних перетворень з $P(x)$ в $Q(y)$ і, відповідно, з $Q(y)$ в $P'(x)$: $K = K(x,y)K(y,x)$, де ядро лінійного перетворення можна представити виразом $K(x,y) = \left| a_{ij} \right|_{\substack{i=1, \dots, m \\ j=1, \dots, n}}$

триця ядра дуального йому лінійного логічного перетворення має вигляд $K(y,x) = \left| a_{ji} \right|_{\substack{i=1, \dots, m \\ j=1, \dots, n}}$. Таким чи-

ном, n -а степінь лінійного логічного перетворення ($n \geq 1$) залежить від виду матриці K . А матриця K , в свою чергу, залежить тільки від області визначення змінної x і не залежить від області визначення змінної y .

Проведені дослідження показали, що якщо при знаходженні n -ого лінійного логічного перетворення було отримано однакові результати на n -ому та $n-1$ -ому кроках, то цей результат отримуємо також і на наступних $n+1$ -ому, $n+2$ -ому і т.д. кроках. Тоді таке лінійне перетворення і є шуканим.

Аналіз статистичних досліджень відіграє важливу роль в теорії реляційних мереж. З наведених в [9] фактів випливає, що швидкість роботи реляційної мережі залежить лише від розмірності підмножини вихідної змінної. Тобто чим більше значень предметної змінної подається на вхід мережі як початкові дані, тим більше кроків буде зроблено мережею до знаходження кінцевого результату.

Таким чином, кількість кроків, за які знаходиться кінцевий результат, прямо залежить від розмірності матриці K . Крім того, за статистичними даними для матриць такого типу розміру $m \times m$ кількість кроків не перевищує m .

Слід відмітити, що в багатьох випадках при знаходженні матриці K як добутку прямої матриці $K(x,y)$ на транспоновану $K(y,x)$ при різних вихідних елементах матриць було отримано однакові K . В деяких випадках було отримано матрицю з нульовими рядком та стовпчиком. Таким чином, розмірність матриці автоматично ставала на порядок нижчою. Тому, не дивлячись на доволі вагомий цифри статистики, з проведення такого роду аналізу можна зробити висновок, що всього декілька видів матриць розміру $m \times m$ використовують m кроків для знаходження остаточного розв'язку.

Інструментарій АСП дозволяє користуватись у дослідженнях різноманітним математичним апаратом. Так, вже було показано як лінійні логічні перетворення можна представити у вигляді графів та матриць, в аналітичному (формульний запис предикатів) вигляді, а також у табличному поданні. Далі розглянемо лінійні логічні перетворення як певні відношення з точки зору теорії множин.

Введемо деякі поняття та твердження теорії лінійних логічних перетворень, які допоможуть обґрунтувати роботу реляційної мережі.

Розглянемо предикат $K = K(x,y)K(y,x)$, що є композицією предикатів, які відображають роботу мережі між двома вузлами в прямому і зворотньому напрямках. Тоді предикат K^n буде визначати степінь лінійного логічного перетворення, де n буде відповідати номеру такту роботи мережі

$$K^n = \underbrace{K \circ \dots \circ K}_n.$$

Відповідно, $K^0 \stackrel{Def}{=} I$, $K^1 \stackrel{Def}{=} K$, $K^2 \stackrel{Def}{=} K \circ K$, ..., $K^n \stackrel{Def}{=} K^{n-1} \circ K$.

Твердження. Якщо деяка пара (a,b) належить деякому степеню відношення K на множині M потужності m , то ця пара належить також і деякому степеню K не вище $m-1$: $K \subset M^2$ и $|M|=m \Rightarrow (\forall a,b \in M \exists k aK^k b \Rightarrow \exists k < m aK^k b)$.

Доведення. Існування степеня k відношення K можна довести наступною побудовою:

Нехай $c_0 = a$, $c_k = b$. Тоді

$$(a,b) \in K^k \Rightarrow \exists c_1, \dots, c_{k-1} \in A \quad c_0 K c_1 K c_2 K \dots K c_{k-1} K c_k$$

$$|M|=m \Rightarrow \exists i, j \quad c_i = c_j \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c_0 K c_1 K c_2 K \dots K c_i K c_{j+1} K \dots K c_{k-1} K c_k \Rightarrow (a,b) \in K^{k-(j-i)}$$

Далі k присвоюється значення $k-(j-i)$, і процедура знову повторюється, доки виконується умова $k \geq n$.

Наслідок. Для відношення K , визначеного на множині M потужності m , виконується рівність:

$$K \subset M^2 \text{ и } |M|=m \Rightarrow \bigcup_{i=1}^{\infty} K^i = \bigcup_{i=1}^{m-1} K^i.$$

Тобто, виходячи з вищевказаного твердження та його наслідку, реляційна мережа з двох вузлів обов'язково знайде розв'язок задачі, причому не більше ніж за $m-1$ кроків.

Отже, якщо розглядати роботу реляційної логічної мережі між двома конкретно взятими вузлами, то її можна формально представити як степінь бінарного відношення.

Таке подання дає можливість уточнити критерій закінчення роботи мережі: робота реляційної логічної мережі закінчується на n -ому такті, якщо n -ий степінь лінійного логічного перетворення співпадає з k -им степенем: $K^n = K^k$, де $k < n$.

Це твердження випливає з означення степеня бінарного відношення: $K^n = K^{n-1} \circ K$. Представимо $(n-1)$ -ий степінь як композицію $(n-2)$ -го степеня бінарного відношення K та самого відношення K : $K^{n-1} = K^{n-2} \circ K$. Продовжимо таке подання далі, доки показник степеня бінарного відношення не співпаде з n . Нехай $K^n = K^{n-p}$, тобто $k = n - p$, де $1 \leq p < n$. Тоді за означення степеня бінарного відношення:

$$\begin{aligned} K^{n+1} &= K^{n-p+1}, \\ K^{n+2} &= K^{n-p+2} \\ &\dots\dots \\ K^{n+p} &= K^{n-p+p} = K^n, \end{aligned}$$

де $K^{n+p} = K^{n+(p-1)} \circ K$,

а $K^{n-p+p} = K^{n-p+p-1} \circ K = K^{n-1} \circ K$,

тобто цикл значень степеня бінарного відношення (довжиною p) буде повторюватись, що й потрібно було довести.

Далі введемо поняття замикання відношень. Неформально кажучи, замкнутість означає, що багаторазове виконання допустимих кроків не виводить за певні границі, обмеження.

Відношення K_i називається транзитивним замиканням бінарного відношення K на множині M , якщо $K_i = K \cup K^2 \cup K^3 \cup \dots \cup K^m \cup \dots$, тобто $(a,b) \in K_i$ тоді і тільки тоді, коли існують елементи $a_1 = a, a_2, \dots, a_m = b \in M$, такі що $(a_1 K a_2, a_2 K a_3, \dots, a_{m-1} K a_m)$.

Твердження. Нехай K – деяке довільне відношення на множині M , а m – її потужність. Тоді

$$K_i = K \cup K^2 \cup K^3 \cup \dots \cup K^m = \bigcup_{k=1}^m K^k.$$

Доведення. З означення шляху в множині відносно відношення випливає, що пара $(a,b) \in K_i$ тоді і тільки тоді, коли в множині M існує шлях від елемента a до елемента b . Якщо такий шлях існує, то існує також шлях від a до b , який не проходить двічі через один і той самий елемент за винятком, коли $a = b$. Такий шлях, який не включає однакових елементів з M , може мати не більш ніж m різних елементів множини M . А це означає, що $(a,b) \in K^k$ для деякого $k \leq m$, тобто

$$K_i = K \cup K^2 \cup K^3 \cup \dots \cup K^m = \bigcup_{k=1}^m K^k.$$

Поняттю транзитивного замикання в реляційних логічних мережах відповідає знаходження лінійних логічних перетворень на усіх тактах, тобто знаходження розв'язку системи предикатних рівнянь, кожне з яких відображає степінь лінійного логічного перетворення на деякому такті.

Таким чином, значення внутрішніх вузлів мережі можна знайти за наступною формулою (згідно з алгоритмом Уоршалла [10]):

$$\begin{aligned} K_i(y_j, x_k) &= K(y_j, x_k) \vee K(y_j, x_i) \wedge K(x_i, y_k), \\ 1 \leq i, j, k \leq m. \end{aligned}$$

Обґрунтування. На кожному кроці основного циклу (за i) до транзитивного замикання додаються такі пари елементів з номерами j і k (тобто $K_i(y_j, x_k)$), для яких існує послідовність проміжних елементів з номерами в діапазоні від 1 до i , зв'язаних відношенням K . Дійсно, послідовність проміжних елементів з номерами в діапазоні від 1 до i , зв'язаних відношенням K , для елементів з номерами j і k існує в одному з двох випадків: або уже існує послідовність проміжних елементів з номерами в діапазоні від 1 до $i-1$ для пари елементів з номерами j і k , або існують дві послідовності елементів з номерами в діапазоні від 1 до $i-1$ – одна для пари елементів з номерами j і i та друга для пари елементів з номерами i і k . Після закінчення основного циклу проміжними вважаються всі елементи, і, таким чином, побудовано транзитивне замикання.

Висновки

Отже, в статті проведено аналіз процесу побудови та принципів роботи логічної реляційної мережі. Причому реляційну мережу було розглянуто як багаторівневу (за побудовою на основі засобів АСП) структуру паралельної дії (обробка інформації виконуються в усіх вузлах різних рівнів одночасно). Оригінальність логічної мережі полягає в можливості задавати на початку роботи відразу декілька значень змінних. Доцільність і важливість застосування саме АСП – структур [11] визначається проведенням всієї підготовчої роботи, власне, математичного моделювання прикладної задачі. Крім того, АСП дозволяє розглядати ізоморфізм об'єктів як переозначення, тобто перекодування.

Розвиток теорії лінійних логічних перетворень, а саме введення понять степеня лінійного логічного перетворення та транзитивного замикання дав змогу обґрунтувати можливість знаходження розв'язків реляційною мережею, оцінити кількість необхідних тактів, а також уточнити критерій закінчення роботи мережі. Такі дослідження відкривають нові перспективи для оцінки роботи реляційної логічної мережі. Для цього необхідно структурувати вхідні дані таким чином, щоб можливо було визначити властивості рефлексивності, симетричності та транзитивності, а також можливість знаходження найменшого відношення еквівалентності для довільного бінарного предиката.

Далі виділимо проблеми та перспективи застосування реляційних логічних мереж. В автоматичній обробці текстів основними являються три типи задач: аналіз (текст \rightarrow значення), синтез (значення \rightarrow текст) та нормалізація (поставити слово у його словниковій формі). Проте в мовленнєвій діяльності та під час обробки текстів людина розв'язує більше різноманітних задач, які неможливо звести до вказаних. Це так звані комбіновані задачі.

При розв'язанні задачі аналізу (на прикладі задачі словозміни прикметників – виділити набір

ознак, які характеризують певний прикметник) реляційною мережею можуть виникнути “пробки”. Наприклад, якщо одній і тій же словоформі відповідає декілька різних значень певної ознаки, тоді мережа видасть всі можливі значення ознак, які цікавлять, разом, а не набором декількох ознак. Для вирішення цієї проблеми необхідна метамережа, яка буде задавати одне значення з множини знайдених, наприклад, комірку парадигматичної таблиці та знімати показання невідомих ознак, отримуючи тим самим окремі набір ознак. Далі метамережа повинна задати наступне знайдене мережею значення комірки парадигматичної таблиці. І так, доки не вичерпаються всі знайдені значення. Така поведінка мережі – це метод повного перебору. Така метамережа – це така ж мережа, тільки вона відіграє роль свідомості, яка контролює внутрішні стани [1].

Аналітичний метод розв’язання задачі за допомогою АСП, незважаючи на громіздкі викладення, дозволяє отримати всі ті набори відношення, що описуються у вигляді рівнянь, які відповідають необхідним значенням заданих ознак.

Отже, будь-які задачі, які виникають при обробці тексту і усного мовлення, можна звести до розв’язання логічних рівнянь. Науковою школою М.Ф. Бондаренка та Ю.П. Шабанова-Кушнарєнка було розроблено реляційну логічну мережу, яка є універсальним методом розв’язання логічних рівнянь. Логічна мережа може розв’язувати задачі трьох указаних типів: аналізу, синтезу та нормалізації. У більшості програм автоматичної обробки тексту на сьогоднішній день для кожного типу задач використовується своя підпрограма, свій окремі метод. Тому саме завдяки універсальності методу, що ґрунтується на універсальності АСП, логічні мережі вважаються перспективним підходом до задач автоматичної обробки текстів.

Подальшими задачами для формалізації природномовних структур [1] являються: побудова моделей словозміни всіх частин мови, побудова аналогічних звукових моделей, опис словотворення, тобто опис фонетики і морфології. Далі необхідно формалізувати синтаксис і семантику: поєднання пар слів за змістом і за синтаксисом, словосполучення та дерево граматичних залежностей, потім – повністю речення, зміст якого виражається предикатом. На думку авторів, розум діє так, як і логічна мережа: за значеннями одних змінних, знаходяться значення інших. Розум у вигляді відношень зберігає моделі зовнішнього світу і використовує їх для передбачення подій. На основі цих передбачень людина формує свою поведінку. Тому людина примушує працювати свої внутрішні моделі зовнішнього світу, коли за значеннями одних змінних хоче дізнатись значення інших.

Список літератури: 1. Бондаренко, М.Ф. Мозгоподобные структуры: справочное пособие. Том первый. / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарєнка. – К.: Наукова думка, 2011. – 460 с. 2. Вейль, Г. Математическое мышле-

ние. / Г. Вейль. – М.: 1989. – 400 с. 3. Бондаренко, М.Ф. О мозгоподобных структурах академика Виктора Михайловича Глушкова / М.Ф. Бондаренко, Н.Е. Русакова, Ю.П. Шабанов-Кушнарєнка // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2011. – № 2 (76). – С. 3–9. 4. Schlesinger, M. I. Some solvable subclasses of structural recognition problems / M. I. Schlesinger, V. Flach // Czech Pattern Recognition Workshop. – Praha. – 2000. – P. 55–62. 5. Вечирская, И.Д. О методе нахождения n-ого линейного логического преобразования / И.Д. Вечирская, Ю.П. Шабанов-Кушнарєнка // Искусственный интеллект. – Донецк: Институт проблем искусственного интеллекта. – 2007. – № 3. – С. 382–389. 6. Дударь, З.В. Предикаты эквивалентности в задачах компараторной идентификации / З.В. Дударь, С.А. Пославский, А.В. Пронюк, С.Ю. Шабанов-Кушнарєнка // Проблемы бионики – 1999. – № 51 – С. 19–26. 7. Бондаренко, М.Ф. О мозгоподобных ЭВМ/ М.Ф. Бондаренко, З.В. Дударь, И.А. Ефимова, В.А. Лещинский, С.Ю. Шабанов-Кушнарєнка // Радиоэлектроника и информатика. – 2004. №4. – С. 83–99. 8. Бондаренко, М.Ф. Модели языка / М.Ф. Бондаренко, В.А. Чикина, Ю.П. Шабанов-Кушнарєнка // Бионика интеллекта – 2004. – № 61/1 – С. 27–37. 9. Вечирская, И.Д. О методе вычисления линейных логических преобразований / И.Д. Вечирская // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2007. – № 2 (67). – С. 65 – 68. 10. Warshall, S. A Theorem on Boolean Matrices / S. Warshall // Journal of the ACM – 1962. – Vol. 9(1) – pp. 11–12. 11. Бондаренко, М.Ф. Концепції уніфікації інформаційно-інтелектуальних технологій в системах мовлення / М.Ф. Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г. Четвериков // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2011. – № 3 (77). – С. 150–156.

Надійшло до редколегії 11.04.2013

УДК 519.7:007.52; 519.711.3

Анализ метода построения и принципов работы реляционной сети как многоуровневой структуры параллельного действия / И.Д. Вечирская // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 15–21.

Исследован метод построения и принципы работы реляционной сети. Приведено формальное описание построения сети с помощью теории расслоения предикатов. Получила развитие теория линейных логических преобразований за счет введения понятий степени преобразования и транзитивного замыкания, что позволило обосновать нахождение решений сетью, уточнить критерий окончания работы и выделить перспективные направления исследований для улучшения количественной оценки работы сети.

Рис.: 7. Библиогр.: 11 назв.

UDC 519.7:007.52; 519.711.3

Analysis of the method of building and principles of the relational network operation as a multilevel structure of parallel action / I.D. Vechirska // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 15–21.

The method of building and principles of the relational network operation have been investigated. The formal description of building a network using the theory of bundle of predicates has been given. Theory of linear logic transformations has been developed by introducing the concepts of transformation degree and transitive closure that has allowed to justify finding solutions by the network, to specify the end of the network operation and to highlight perspective directions of the research for improving the quantitative assessment of the network operation.

Fig.: 7. Ref.: 11 items.

УДК 519.767.2

Н. Ф. Хайрова¹, Н. В. Шаронова², Н. В. Борисова³¹НТУ «ХПИ», Харьков, Украина, nina_khajrova@yahoo.com²НТУ «ХПИ», Харьков, Украина, nvsharonova@mail.ru³НТУ «ХПИ», Харьков, Украина, n_borisova2004@yahoo.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА

Предлагается логическая схема выделения семантических эквивалентов, основанная на формализации когнитивной и номинативной функции языка. Формализация осуществляется за счет факторизации пространства концептов. Доказывается возможность использования подходов и методов теории интеллекта для реализации данной схемы в формальных моделях на языке логики предикатов. Вводятся предикаты эквивалентности, разбивающие множество лингвистических единиц на классы общего категориального значения.

КОГНИТИВНАЯ СЕМАНТИКА, СЕМАНТИЧЕСКИЕ ЭКВИВАЛЕНТЫ, ТЕОРИЯ ИНТЕЛЛЕКТА, ЛОГИКА ПРЕДИКАТОВ

Введение

Одной из основных задач современной компьютерной лингвистики является задача автоматического определения семантических эквивалентов. Эта задача непосредственно связана с направлением когнитивной семантики, ориентированной на построение моделей процесса понимания смысла. Данные модели рассматривают функции человеческого интеллекта, связанные с использованием естественного языка. К подобным функциям относятся: реферирование, перевод, экстракция и идентификация знаний, ответы на общие и специальные вопросы, перифраз и другая интеллектуальная деятельность, связанная с пониманием текста или речи.

Семантические эквиваленты представляют собой знаковые выражения одного и того же понятия, определяемые синонимами и семантически близкими словами. На сегодняшний день когнитивная лингвистика не имеет четкого определения синонимии лингвистических единиц и четких границ выявления критериев семантической близости, что не позволяет дать непротиворечивое определение близости значений [1]. Несмотря на большое количество исследований по синонимии, задачи осмысления сущности и определения границ данного явления остаются не до конца решенными [2]. Также сегодня не существует общепринятой количественной меры для обозначения степени синонимичности значения слов. Можно только с уверенностью говорить, что семантически близкими словами являются слова с близким значением, которые встречаются в одном контексте.

Сложность определения семантически близких слов и, в частности, синонимов обусловлена рядом когнитивно предопределенных причин. Основная из них обусловлена непрерывным изменением субстанции языка, являющегося открытой системой, с особенно быстро развивающимся

словообразованием и выработкой новых понятий в молодых отраслях знания. В связи со сказанным наиболее перспективным подходом к автоматизированному выявлению семантических эквивалентов является использование моделей, базирующихся на семантической обработке текстов динамически изменяющихся предметных областей.

1. Постановка задачи исследования

С точки зрения когнитивной лингвистики определение синонимии в процессе познания мира человеком представляет собой компаративное действие, т.е. устанавливание сходства и различия между лингвистическими элементами в процессе сравнения.

Благодаря основным когнитивным механизмам порождения и восприятия знаний, включающих процессы категоризации, интеллект формирует некоторые образы понимания, т.е. отождествляет элементы по некоторым существенным, общим и специфичным признакам и свойствам с известным классом или объектом. Таким образом, в сознании соединяются значения различных по формальному определению слов. Этот процесс основан на устойчивой системе обобщенных значений и относится к моменту речи, т.е. к определенной ситуации.

Использование когнитивной парадигмы выявления синонимов на основе процесса категоризации позволяет формализовать смысловую близость лингвистических единиц за счет факторизации пространства концептов, выражаемых знаками лингвистических смысловых единиц.

Данный подход полностью соответствует моделируемому объекту — деятельности интеллекта человека по пониманию смысла лингвистических объектов.

Для построения логической схемы выделения семантических эквивалентов вводятся пространство смысловых лингвистических единиц и

пространство текстов, включающих данные лингвистические единицы.

Введение отношений эквивалентности между лингвистическими единицами и элементами связного текста позволяет факторизовать данные пространства. А использование моделей и методов теории интеллекта позволяет перейти от логической схемы выявления семантических эквивалентов к ее реализации на языке логики предикатов в формальных моделях смысловой идентификации синонимов.

Так как понятие синонимии и семантической эквивалентности определяется не для слов, а для концептов слов, т.е. синонимия неразрывно связана с контекстом, то можно построить логическую схему, позволяющую формализовать отношения между концептом и инсайтным смыслом элемента связанного текста. Предлагаемая модель позволяет перейти от отношений между концептами и инсайтным пониманием к отношениям между лексическими единицами, являющимися знаковым выражением данного концепта, и элементом связного текста.

Понятие «связный текст» как объект когнитивной семантики допускает множество определений и интерпретаций, которые обусловлены сложностью и многоаспектностью подходов к изучению объекта. Будем понимать под фрагментом связного текста законченное информационное и структурное целое, семантически и синтаксически объединяющее смысловую связью последовательность языковых единиц в единый фрагмент. Связный текст представляет собой целостный объект знаковой смысловой единицы верхнего уровня иерархической языковой системы [3]. Фрагмент связного текста может быть представлен высказыванием (реализованным предложением) или межфразовым единством (ряд высказываний в едином фрагменте) [4].

2. Логическая схема выделения семантических эквивалентов

Введем метрическое пространство лингвистических смысловых единиц Θ , определяемое как множество лингвистических единиц лексикона T , на котором грамматические правила задают отношения между единицами, выступающими ограничениями для корректных синтаксических структур.

Для определения метрики пространства в качестве расстояния $\beta(t', t'')$ между двумя лингвистическими единицами t' и t'' используем меру семантической близости $f(t', t'')$ такую, что:

$$\beta(t', t'') = 1/f(t', t'').$$

Меру семантической близости f формально определим соотношением (1) через соответствующие дефиниции глоссариев x_1 и x_2 как мощности множеств, образованных теоретико-множественным пересечением и объединением множеств терминов дефиниций.

$$f(t', t'') = \frac{|X_1 \cap X_2|}{|X_1 \cup X_2|} \quad (1)$$

Здесь $x_1 \cap x_2$ — общие термины определений, а $x_1 \cup x_2$ — все термины определений x_1 и x_2 ; под термином в данном контексте мы понимаем понятие из глоссария, взятое в его канонической форме.

Так как для определения семантической близости между понятиями будем использовать несколько словарей, в которых существуют допустимо различные дефиниции одних и тех же лингвистических смысловых единиц, расстояния между двумя лингвистическими единицами удобнее переписать в виде:

$$f(t', t'') = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} f(x_{1i}, x_{2j})}{n_1},$$

где n_1 — количество определений первого термина, взятых из обрабатываемых глоссариев; n_2 — количество определений второго термина, взятых из обрабатываемых глоссариев, x_{1i} — i -е определение первого термина; x_{2j} — j -е определение второго термина.

Фрагмент связного текста, включающий лингвистические смысловые единицы $t \in \Theta$, обозначим как d . Иерархия отношений элементов связного текста многоуровневой языковой системы наглядно представляется соответствующей теоретико-множественной структурой, в которой D представляет граф конечного множества фрагментов связных текстов $\{D_1, D_2, \dots, D_m\}$, принадлежащих пространству исследуемых связных текстов Ω [5]. Здесь текст $D_i \in \Omega$, $i = 1, \dots, m$. При этом текст D_i более высокого уровня иерархии языковой системы можно формально определить через элементы D_i^j ($D_i^j \subset D_i$, $j = 1, 2, \dots, n$) связного текста предыдущего уровня иерархии (сверхфразовое единство определяется через фразу, тогда как связный текст документа можно определить через сверхфразовые единства):

$$D_i = \bigcup_{j=1}^n D_i^j, \quad \bigcap_{j=1}^n D_i^j = \emptyset$$

В рассматриваемом пространстве Ω вершина D_i графа D будет родительской для вершин множества $\{D_i^1, D_i^2, \dots, D_i^n\}$.

Тогда расстояние между двумя связными текстами можно определить как длину пути между соответствующими контекстами $\|\alpha(D_i, D_j)\|$, определяемую количеством несовпадающих листьев вершин D_i и D_j .

Пара элементов $(t, d) \in (\Theta, \Omega)$ представляет собой одну лингвистическую смысловую единицу и один фрагмент связного текста, где Θ — пространство лингвистических единиц рассматриваемого лексикона T , а Ω — пространство рассматриваемых фрагментов связных текстов.

Если рассмотреть все возможные пары декартового произведения $\Theta^* \Omega$, то можно построить отображение $F: (\Theta^* \Omega) \rightarrow \vartheta$, где ϑ — пространство смысловых полей связных текстов. Схема появления пространства смысловых полей из рассматриваемых фрагментов связных текстов и привлекаемых лингвистических смысловых единиц представлена на рис. 1.

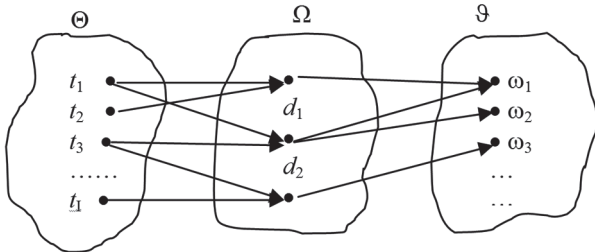


Рис. 1. Схема отображения пространств $(\Theta, \Omega) \xrightarrow{F} \vartheta$

В данном случае единым категориальным значением синонимичных лингвистических единиц выступает единое смысловое поле рассматриваемых фрагментов текста. Выбрав лингвистическую смысловую единицу t и связный текст d , включающий данную лингвистическую единицу, мы определяем смысл элемента связного текста ω через отображение F .

Например:

$F(\text{spring}, \text{“I made a spring towards a boat”}) = \text{осуществление человеком прыжка.}$

$F(\text{spring}, \text{“He was in the spring of his years”}) = \text{период жизни человека.}$

$F(\text{spring}, \text{“I was in my five and twentieth spring”}) = \text{период жизни человека.}$

Будем говорить, что две лингвистические единицы связаны в одном смысле (или синонимичны в своем сигнификативном значении), и писать $(t_i, d_i) \sim (t_j, d_j)$, если только $F(t_i, d_i) = F(t_j, d_j)$.

$F(\text{“application”, “the most Internet applications for the Web are XML-applications”}) = \text{“программное обеспечение”};$

$F(\text{“application”, “application for admission to a university”}) = \text{“заявление”};$

$F(\text{“software”, “using commercial computer-based software”}) = \text{“программное обеспечение”};$

$F(\text{“application”, “the most Internet applications for the Web are XML-applications”}) = F(\text{“software”, “using commercial computer-based software”}).$

Можно показать, что отношение \sim , устанавливаемое между лингвистическими смысловыми единицами t и элементами связного текста d , выражает эквивалентность и факторизует пространства лингвистических смысловых единиц Θ и исследуемых связных текстов Ω , разбивая их на классы эквивалентности. Для этого достаточно показать, что отношение \sim является рефлексивным, транзитивным и симметричным [6].

Отношение $(t_i, d_i) \sim (t_j, d_j)$ является рефлексивным отношением. Одна лингвистическая единица в одном своем сигнификативном значении связано само с собой, ибо

$$(t_i, d_i) \sim (t_i, d_i) \leftrightarrow F(t_i, d_i) = F(t_i, d_i).$$

Отношение $(t_i, d_i) \sim (t_j, d_j)$ является симметричным отношением: если одна лингвистическая единица в одном своем сигнификативном значении связана с другой (в одном из ее значений), то вторая лингвистическая единица связана с первой (в вышеупомянутых значениях):

$$(t_i, d_i) \sim (t_j, d_j) \leftrightarrow F(t_i, d_i) = F(t_j, d_j) \equiv \\ \equiv F(t_j, d_j) = F(t_i, d_i) \leftrightarrow (t_j, d_j) \sim (t_i, d_i).$$

Отношение \sim является транзитивным отношением: если одна лингвистическая единица определяет тот же сигнификативный смысл, что и вторая, а вторая лингвистическая единица имеет тот же сигнификативный смысл, что и третья, то первая лингвистическая единица в одном из своих сигнификативных значений связана с третьей:

$$(t_i, d_i) \sim (t_j, d_j) \text{ и } (t_j, d_j) \sim (t_k, d_k) \leftrightarrow F(t_i, d_i) = F(t_j, d_j) \text{ и } \\ F(t_j, d_j) = F(t_k, d_k) \Rightarrow \\ F(t_i, d_i) = F(t_k, d_k) \leftrightarrow (t_i, d_i) \sim (t_k, d_k).$$

Например,

$(\text{“application”, “the most Internet applications for the Web are XML-applications”}) \sim (\text{“software”, “using commercial computer-based software”})$ и $(\text{“software”, “using commercial computer-based software”}) \sim (\text{“program”, “everything done on a computer is done by using a program”}) \leftrightarrow F(\text{“application”, “the most Internet applications for the Web are XML-applications”}) = F(\text{“software”, “using commercial computer-based software”}) = F(\text{“program”, “everything done on a computer is done by using a program”}) = \text{“программное обеспечение”}.$

Данное отношение эквивалентности позволяет организовать различные пары лингвистических единиц и фрагментов связных текстов, включающих данные единицы, (t, d) , в классы эквивалентности, которые определяют один и тот же сигнификативный смысл. Это, тем самым, факторизует пространство концептов, выражаемых знаками лингвистических смысловых единиц.

Отношение эквивалентности \sim делает F однозначным отображением, в котором два концепта имеют одинаковое синонимичное значение, если они являются одним и тем же классом, что позволяет нам выбрать одну репрезентативную лингвистическую единицу, представляющую подходящее значение из каждого класса эквивалентности.

3. Введение контекстно-знакового предиката

Для реализации данной логической схемы в формальной модели идентификации семантических

отношений синонимии используем подходы теории интеллекта [6].

На декартовом произведении элементов множеств $T \times D$ вводим контекстно-знаковый предикат $L(t_i, d_j)$, задающий отношения между лингвистическими единицами лексикона и контекстом. Если $L(t_i, d_j) = 1$, то это значит, что лингвистическая единица t_i из множества T однозначно соответствует обрабатываемому контексту $d_j \in D$. Если $L(t_i, d_j) = 0$, то t_i не соответствует d_j .

Предикат L должен удовлетворять постулату существования: предикат $L(t_i, d_j)$ реально существует в том и только в том случае, если при повторном предъявлении любой пары (t_i, d_j) из множества $T \times D$ всегда будет получен тот же ответ, что и в первый раз.

Таким образом, контекстно-знаковый предикат $L(t_i, d_j)$ для каждой пары t_i и d_j объективно отображает отношение включения знака лингвистической смысловой единицы в элемент связного текста.

Отношение эквивалентности \sim , факторизующее пространство лингвистических смысловых единиц Θ посредством разбиения его на классы эквивалентности, однозначно определяется контекстно-знаковым предикатом $L(t_i, d_j)$. Это позволяет ввести предикат категориальных семантических признаков лингвистических единиц G_t , заданный на декартовом квадрате $T \times T$. Можно показать, что предикат G_t является предикатом эквивалентности:

$$G_t(t', t'') = \forall d \in D (L(t', d) \sim L(t'', d)).$$

Предикат $G_t(t', t'')$ можно использовать для объективного определения общих категориальных семантических признаков лингвистических единиц.

Действительно, если $G_t(t', t'') = 1$, то $L(t', d) = L(t'', d)$ и если $G_t(t', t'') = 0$, то $L(t', d) \neq L(t'', d)$ для любого связного текста $d \in D$. Таким образом, две лингвистические единицы в одном контексте либо имеют общие категориальные семантические признаки (один или более), либо не имеют таковых.

Например, если $G_t(\text{"application"}, \text{"software"}) = 1$, то $L(\text{"application"}, \text{"using commercial computer-based application"}) = L(\text{"software"}, \text{"using commercial computer-based software"})$.

Предикат G_t определяет разбиение Ψ множества T на слои лингвистических единиц. Все лингвистические единицы, принадлежащие одному слою разбиения, относятся к концептам, обладающим некоторым категориальным признаком, т.е. к синонимичным концептам, а любые лингвистические смысловые единицы, взятые из разных слоев разбиения Ψ , относятся к концептам, не имеющим общих категориальных признаков или элементов смысла.

Выводы

Рассмотрены когнитивные аспекты проблемы выделения синонимов и семантических эквивалентов в тексте. Номинативные и когнитивные механизмы формирования синонимов и синонимичных рядов включают процессы категоризации, отождествляющие элементы по некоторым существенным, общим и специфическим свойствам с известным классом. Использование рассмотренной когнитивной парадигмы выявления синонимов на основе процесса категоризации позволило разработать логическую схему формализации смысловой близости лингвистических единиц за счет факторизации пространства концептов. Категориальным значением синонимичных лингвистических единиц при этом выступает единое смысловое поле рассматриваемых фрагментов текста.

Показана возможность использования подходов и методов теории интеллекта для реализации данной логической схемы в формальных моделях семантической обработки текстов на языке логики предикатов. Введенные предикаты позволяют разбить множество лингвистических смысловых единиц на классы эквивалентности, соответствующие определяемому категориальному значению семантических признаков.

Разработанная модель реализована в прототипе системы автоматизированного выделения семантических эквивалентов и эффективно используется на этапе семантической обработки для выделения близких по смыслу слов в англоязычных текстах предметной области "компьютерные технологии".

Список литературы: 1. Шумилова А.А. Лексическая синонимия: традиционное и когнитивное видение проблемы / А. А. Шумилова // Вестн. Челяб. гос. ун-та. 2009. № 22 (160). Филология. Искусствоведение. Вып. 33. С. 144–148. 2. Азарова И.В., Компьютерный тезаурус русского языка типа WordNet / И. В. Азарова, О. А. Митрофанова, А. А. Синопальникова // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: Труды международной конференции «Диалог 2003». – С. 1–6. 3. Хайрова Н.Ф. Концептуальная схема идентификации смысла лингвистических единиц / Н. Ф. Хайрова // Сборник научных работ Военного института Киевского национального университета имени Тараса Шевченка. – Киев: ВИКНУ, 2013. – Вып. № 39. – С. 217–223. 4. Ерофеева Е.В. К вопросу о соотношении понятий «текст» и «дискурс» / Е. В. Ерофеева, А. Н. Кудлаева // Пробл. социо- и психолингвистики: сб. ст. — Вып. 3. — Пермь: Перм. ун-т, 2003. — С. 28—36. 5. Dieter Jungnickel. Graph, Networks and Algorithms. Algorithms and Computation in mathematics. Volume 5. — Springer Berlin Heidelberg New York, 2008. — 650 p. 6. Бондаренко М.Ф. Теория интеллекта: учебник / М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко. — Харьков: Комп. СМИТ, 2007. — 576 с.

Поступила в редколлегию 20.05.2013

УДК 519.767.2

Визначення семантичної близькості на основі когнітивного підходу / Н.Ф. Хайрова, Н.В. Шаронова, Н.В. Борисова // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 22-26.

В статті пропонується логічна схема виділення семантичних еквівалентів, основана на формалізації когнітивної і номінативної функцій мови. Доводиться можливість використання підходів і методів теорії інтелекту для реалізації даної схеми на мові логіки предикатів. Вводяться предикати еквівалентності, що розбивають множину лінгвістичних одиниць на класи загального категоріального значення.

Л. 1. Бібліогр.: 6 найм.

UDK 519.7

Identification of semantic proximity based on the cognitive approach / N.F. Khairova, N.V. Sharonova, N. V. Borisova // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 22-26.

In the paper, we suggest logic scheme for semantic equivalence identification based on the formalization of cognitive and nominative language functions. The formalization is based on the factorization of space concepts. We prove a possibility of using approaches and methods of theory of intelligence for implementation the logic scheme in formal models in the language of predicate logic. Moreover, we provide predicates of equivalence for partitioning of the set of the linguistic units with regard to the defined categorical value.

Fig. 1. Ref.: 6 items.

УДК 004.93:159.95



О. В. Бісікало, І. В. Богач

ВНТУ, м.Вінниця, obisikalo@gmail.com, ilona.bogach@gmail.com

ФОРМАЛЬНЕ ВВЕДЕННЯ ОБРАЗНОГО РІВНЯ ДО ТРАДИЦІЙНОЇ ЛІНГВІСТИЧНОЇ ТРІАДИ МОРФОЛОГІЯ-СИНТАКСИС-СЕМАНТИКА

В роботі обґрунтовано підхід до формалізації образного аналізу та синтезу речення. Визначено поліноміальну оцінку обчислювальної складності внутрішніх процедур рівня образного аналізу та синтезу (РОАС) для базових природно-мовних конструкцій з ступенем не вище 3-го. Отримана формальна специфікація зовнішніх процедур РОАС забезпечує корисні функції зняття багатозначності слів, знаходження асоціацій для мовних образів та верифікації дерева синтаксичного розбору речення.

ПРИРОДНО-МОВНІ КОНСТРУКЦІЇ (ПМК), ВЕРБАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ, ОБРАЗНИЙ СЕНС, АНАЛІЗ І СИНТЕЗ, КОМП'ЮТЕРНА ЛІНГВІСТИКА, ВІДНОШЕННЯ, БУЛЕАН

Вступ

Об'єктом моделювання у комп'ютерній лінгвістиці найчастіше обирають окремі процеси аналізу та синтезу природно-мовних конструкцій (ПМК). Класичний підхід до аналізу речень тексту в лінгвістиці загалом та комп'ютерній лінгвістиці зокрема передбачає послідовне виконання операцій обробки вербальної інформації на 3-х рівнях [1]: морфологічному, синтаксичному та семантичному. Синтез ПМК базується на зворотному порядку тих же самих рівнів. Проте значні складності у формалізації семантичних правил змушують дослідників вдаватися до введення штучних рівнів на зразок глибинного синтаксичного або поверхневого семантичного [2], що на практиці так і не забезпечує бажаного розуміння текстового контенту [3].

Основна формальна проблема розуміння сенсу полягає у обчислювальній складності відповідних процедур обробки вербальної інформації, що відповідає NP-повному класу задач [4]. Але нейропсихологічний аналіз мовленнєвої діяльності людини демонструє паралельний розвиток процесів різної, у т.ч. невербальної природи [5] та дозволяє висунути гіпотезу щодо існування базового образного рівня розуміння [6] природної мови. Актуальним предметом дослідження є обґрунтування формальних обмежень, властивостей та можливостей рівня образного аналізу та синтезу (РОАС) для речень та інших ПМК.

Отже, мета роботи полягає у розв'язанні таких задач: визначенні формальних особливостей РОАС для базових ПМК; обґрунтуванні доцільності запропонованого підходу з точки зору обчислювальної складності алгоритмів обробки інформації; формалізації процедур взаємодії РОАС з іншими рівнями лінгвістичної тріади.

1. Образний аналіз та синтез речення

Основним змістовним елементом тексту та базовою ПМК у подальшому будемо вважати речення. Такий вибір пов'язано з тим, що в процесі комунікації речення є природно-мовною формою

відображення, насамперед, окремої події [7], а вже потім – думки. Формальні задачі відокремлення речення з тексту та морфологічного і синтаксичного аналізу слів окремого речення на даний час з прийнятною якістю вирішені для більшості природних мов.

Мовленнєва практика показує, що розуміння основного сенсу речення не вимагає його повного семантичного аналізу. Наприклад, ті ж самі міміка та жестикуляція значно покращують розуміння висловлювань співбесідника навіть в умовах невизначеності окремих почутих слів. Отже, існує образний рівень сприйняття світу людиною, для якого вербальні ознаки є лише одним з можливих типів формальних ознак. У певному колі задач комп'ютерної лінгвістики достатньо досягти цього загального розуміння ПМК, який у [6] формально введено у вигляді поняття образного сенсу. Тоді зображений на рис. 1 РОАС забезпечить розв'язок таких задач, оминаючи труднощі семантичного рівня.

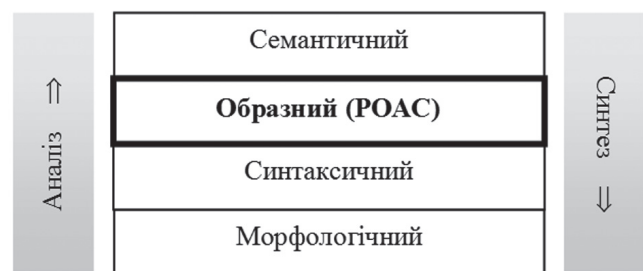


Рис. 1. Образний рівень у традиційній тріаді

Прикладами можливого класу задач образного рівня можна вважати такі: пошук за змістом ПМК, побудову природно-мовних онтологій, кластеризацію, анотування та реферування текстів, переклад, підтримку спрощених типів діалогу, коли відповіді надаються у вигляді множини слів, асоціативно пов'язаних з питанням («дельфійський оракул»), цитат з літературних джерел («магістр Йода»), з недотриманням синтаксичних правил («Basic English»).

Останні приклади задач підтримки спрощених типів діалогу є обмеженими випадками відомого тесту Тьюринга, який відносять до так званих AI-повних задач. Запропонований підхід до формалізації рівня образного аналізу та синтезу ПМК має забезпечити можливість отримання таких обмежених поняттям образного сенсу випадків класу AI-повних задач, для розв'язку яких достатньо поліноміальної складності обчислювальних процедур. Ще одним перспективним, на думку авторів, прикладом дослідження AI-повної задачі на основі окресленого підходу є формалізація жарту та інших природно-мовних форм гумору.

Концептуально рівень образного аналізу та синтезу ПМК базується на використанні тезауруса мовних образів [7]. Останніми вважатимемо множини однокореневих слів, які характеризують окремий образ з нескінченної множини $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n, \dots\}$, що забезпечує морфемну класифікацію та гніздовий принцип об'єднання слів у тезаурусі. Потрібну для РОАС лінгвістичну інформацію щодо мовних образів доцільно зберігати у реляційній базі даних [8], що складається з відношень:

$$RE = \left\{ \begin{array}{l} Image, Assoc - Twice, Construct, Event, \\ Interrogative - Pronoun, Link, Text, Words, Role \end{array} \right\}. (1)$$

Такий склад бази даних отримано шляхом побудови булевої алгебри сенсу як двоосновної алгебраїчної системи $BAS = \langle B; \Omega_b \rangle$, де $B = \{Word, Number\}$ – основи, а $\Omega_b = \{OP, RE, IF\}$ – сигнатура системи.

Множину-ступінь або булеан $P(I)$ множини образів I , що містить в собі n елементів, було покладено в основу кодування мовних образів [9] для бази даних у вигляді сукупності бінарних послідовностей (чисел), яка побудована на основі таких правил:

- кількість розрядів кожного числа відповідає n ;
- кількість всіх чисел дорівнює 2^n ;
- якщо i -й елемент I входить у цю підмножину

$P(I)$, то в i -му розряді відповідного коду знаходиться 1, а інакше – 0;

- пуста множина \emptyset також входить в $P(I)$ та позначається як 000...0 (кількість розрядів дорівнює n).

2. Оцінка обчислювальної складності внутрішніх процедур РОАС ПМК

Розглянемо декілька аргументів щодо доцільності введення нового РОАС ПМК на основі оцінки складності внутрішніх обчислювальних процедур, що забезпечують розв'язання розглянутих вище корисних для практики обробки текстової інформації задач.

Надамо оцінку інформаційної збитковості потенційних технологічних засобів підтримки образного сенсу ПМК. З цією метою проведемо порівняння задіяних інформаційних ресурсів з відомими підходами [10, 11].

1. Збитковість бази даних [8]. Оскільки можна вважати, що потік вхідної інформації деякої системи обробки ПМК [7] представляє собою множину текстових файлів, то потрібний для їх зберігання обсяг інформації є пропорційним загальній кількості слів n_v в усіх цих файлах. Запропонований підхід передбачає визначення n мовних образів, довжина яких пропорційна середній довжині слова, причому в загальному випадку $n_v \geq n$, а при $n_v \rightarrow \infty$ за рахунок ефекту дублювання слів $n_v \gg n$. Загальний обсяг інформації у БД для відношень бази даних (1) оцінимо з таких міркувань:

– загальна кількість записів у відношеннях *Interrogative-Pronoun*, *Link*, *Text*, *Role* дорівнює $n_{const} \ll n$, отже, всі вони додають до БД обмежену деякою константою E [Бт] кількість інформації;

– кількість записів у відношенні *Image* дорівнює n , але в зв'язку з необхідністю зберігання поля з ідентифікаційним кодом та додаткових полів, всього інформації потрібно $n \cdot (C' + \log_{256} n)$, де C' – деяка константа [Бт];

– аналогічним чином оцінимо кількість інформації у відношеннях *Words*, *Event*, *Construct* як $n \cdot (C'' + \log_{256} n)$, де C'' – константа [Бт], $C'' > C'$;

– найбільшу кількість інформації додає до БД відношення *Assoc-Twice* з кількістю записів n^2 , а саме $n^2 \cdot (A + 4 \cdot \log_{256} n)$, де A – константа [Бт], $A < C'$.

Отже, сумарний обсяг інформації для відношень БД складає

$$V_{\Sigma} = A \cdot n^2 + B \cdot n^2 \cdot \log_{256} n + C \cdot n + D \cdot n \cdot \log_{256} n + E,$$

де A, B, C, D, E – константи [Бт]. Зрозуміло, що з моменту досягнення співвідношення $n_v > n^2$ кількість інформації V_{Σ} БД наблизиться, а потім стане меншим від обсягу інформації, потрібної для зберігання множини вхідних текстових файлів.

2. Збитковість бази знань. На відміну від отриманої шляхом нормалізації відношень схеми БД запропоновані засоби підтримки образного сенсу електронного контенту використовують базу знань у вигляді модифікованих згідно з запропонованими у [7] методами моделювання відношень *BAS*. З інформаційної точки зору різниця між БД та базою знань полягає у додаванні до частини відношень останньої полів з n -розрядним бінарним кодом [9], що відповідає булеану, а саме:

відношення *Text* з кодом *Bi-Te* має розмір $n_{const} \cdot (E' + n/256) \approx n'_{const} \cdot n + E'$, де n_{const} , n'_{const} , E' – деякі константи;

відношення *Image* з кодом *Bi-I* має розмір $n \cdot (C' + n/256) \approx n^2/256 + C' \cdot n$, де C' – деяка константа [Бт];

відношення *Event* з кодом *Bi-Sy* має розмір $n \cdot (C'' + \log_{256} n + n/256) \approx n^2/256 + C'' \cdot n + n \cdot \log_{256} n$, де C'' – константа [Бт];

відношення *Assoc-Twice* з кодами *Bi-I₁* та *Bi-I₂* має розмір:

$$n^2 \cdot (A' + 2 \cdot \log_{256} n + n/128) \approx \\ \approx F \cdot n^3 + A' \cdot n^2 + B' \cdot n^2 \cdot \log_{256} n,$$

де F, A', B' – деякі константи [Бт].

З урахуванням співвідношень БД загальний обсяг бази знань складає :

$$V_{\Sigma}^{BAS} = F \cdot n^3 + A \cdot n^2 + B \cdot n^2 \cdot \log_{256} n + \\ + C \cdot n + D \cdot n \cdot \log_{256} n + E.$$

Отже, V_{Σ}^{BAS} збільшилося порівняно з V_{Σ} на член полінома третього степеня.

3. Збитковість інформаційного забезпечення графових моделей. Відомо, що орієнтований або неорієнтований граф розмірністю n задається матрицею суміжності розмірністю n^2 . У базі знань на основі BAS роль матриці суміжності грає відношення $Assoc - Twice$, розмірність якого, як було показано раніше, досягає $F \cdot n^3 + A' \cdot n^2 + B' \cdot n^2 \cdot \log_{256} n$, де F, A', B' – константи [Бт]. Маємо некритичне уповільнення роботи відомих алгоритмів оброблення графів, тим більше, що врахування бінарних кодів необхідне не для всіх функцій системи обробки ПМК.

Додатково зауважимо, що оброблення n -вимірних бінарних кодів булеану за допомогою операцій та предикатів BAS [7] потребує значно більше пам'яті (2^n), ніж їх зберігання (n^3). Але таке обмеження рівня складності NP -повної проблеми для алгебраїчної системи BAS не варто вважати критичним, оскільки механізм побітової послідовності виконання всіх розглянутих у [7] операцій та предикатів BAS дозволяє застосувати для їх реалізації будь-який необхідний ступінь паралелізму відповідних обчислювальних процесів.

3. Визначення зовнішніх процедур і операцій підтримки РОАС ПМК

Забезпечення корисних функцій РОАС ПМК досягається шляхом специфікації обміну його даних, у першу чергу, з попереднім синтаксичним, а також з наступним семантичними рівнями обробки ПМК (див. рис. 1). Отже, формально потрібно визначити можливості операторів $СинА \rightarrow ОбрА$, $ОбрА \rightarrow СемА$, $СемС \rightarrow ОбрС$, та $ОбрС \rightarrow СинС$, де $СинА$ і $СемА$ – результати синтаксичного та семантичного аналізу, а $СинС$ та $СемС$ – результати синтаксичного і семантичного синтезу.

Найважливішою складовою $СинА$ пропонується вважати дерево підлеглості (синтаксичного розбору) речення як базової ПМК. Тоді на РОАС ПМК з'являється можливість отримати $ОбрА$ як дерево підлеглості мовних образів за допомогою тезауруса. Цим самим буде реалізована корисна функція зняття багатозначності слів та створені передумови для забезпечення функцій $СемА$ – верифікації дерева синтаксичного розбору речення з метою поповнення бази знань та можливого логічного введення.

Зворотний процес синтезу передбачає представлення певної (фактичної) інформації з бази знань у вигляді речення. З цією метою внаслідок застосування $ОбрС$ мають бути знайдені асоціації для мовних образів, що відповідають формальним конструктам логічних висновків $СемС$ з бази знань. Отримане таким чином дерево підлеглості мовних образів, у свою чергу, є необхідною складовою для $СинС$ – того ж самого дерева підлеглості слів речення.

На думку авторів, навіть «полегшений» варіант аналізу та синтезу ПМК, що не виходить на семантичний рівень і зациклюється на РОАС, окрім визначених у п.1 задач, може бути корисним для формальної оцінки загального задуму тексту. Проте це твердження потребує подальших експериментальних досліджень з урахуванням асоціативних властивостей вербальних ознак мовних образів [12].

Важливою характеристикою запропонованих процедур обміну інформацією є суттєве зменшення пошукового простору на рівні мовних образів. Будемо вважати, що 1 мовний образ у середньому об'єднує через підлеглі лексеми та відповідні до них словоформи приблизно 100 різних за написанням слів типової флексійної, наприклад, української мови. Тоді кількість можливих зв'язків n^2 (розмірність матриці суміжності орієнтованого графу) для n мовних образів зменшиться на 10^4 .

Позитивний ефект, який зі свого боку вносить у напрямку зменшення складності інформаційних процедур задекларована функція зняття багатозначності слів, пропонується оцінити таким чином. Нехай середня кількість значень однієї словоформи у тлумачному словнику дорівнює s , а середня кількість значущих слів у реченні – k . Тоді пара слів з синтаксичного дерева розбору речення має s^2 всіх можливих значень, а, відповідно, все дерево, що об'єднує $k-1$ таку пару, формально потребує розгляду $(k-1) \cdot s^2$ можливих значень. Наприклад, для наукової лексики української мови з нижніми кордонами значень $s=3 \div 5$ та $k \approx 7$ така оцінка дає зменшення простору на два порядки тільки для одного речення.

Отже, ми бачимо, що введення РОАС ПМК з формальної точки зору сприяє зменшенню складності статистичного методу обробки текстової інформації. Зрозуміло, що людині навіть на думку не спадає перебирати 100 різних варіантів „прочитання” одного речення, а правильний варіант миттєво з'являється навіть на підсвідомому рівні. Проте ця зовнішня „легкість” розуміння сенсу вербальної інформації базується на потужній основі досвіду та знань людини. Наша мета – отримати різновид гібридного методу за рахунок застосування бази знань мовних образів, який, на відміну від відомих, імітує природний шлях розвитку і потребує мінімум експертної лінгвістичної інформації.

Для технологічної реалізації запропонованого підходу до аналізу та синтезу текстового контенту в

подальшому потрібно забезпечити такі формальні операції різного ступеню складності:

- відокремлення речення або автономної частини речення з тексту;
- перетворення речення у список слів, що ідентифікуються модулем тезауруса;
- побудова та модифікація тезауруса мовних образів обраної природної мови;
- розробка парсеру обраної мови для отримання дерева підлеглості (залежностей) речення через синтаксичні зв'язки;
- образна індексація множини текстів за рахунок накопичення синтаксичних зв'язків між мовними образами тезауруса у вигляді семантичної мережі;
- перетворення базових словоформ з дерева мовних образів у речення або ПМК за допомогою модулів синтаксичного та морфологічного рівня.

Зауважимо, що останню операцію доцільно реалізувати за допомогою вже існуючих морфологічних та синтаксичних бібліотек з відкритих лінгвістичних ресурсів. Найбільш складною задачею залишається автоматизація парсерінгу флексійних природних мов з метою отримання дерева підлеглості (залежностей) речення через синтаксичні зв'язки.

Висновки

Доцільність введення рівня образного аналізу та синтезу ПМК у традиційну тріаду морфологія—синтаксис—семантика пов'язана з можливістю отримання прийнятних рішень актуального кола задач комп'ютерної лінгвістики. При цьому зникає необхідність долати відомі труднощі семантичного рівня. З формальної точки зору підхід базується на отриманні обчислювальних процедур поліноміальної складності для обмежених поняттям образного сенсу випадків класу AI-повних задач.

Необхідність застосування експоненційних обсягів пам'яті для оброблення в межах операцій та предикатів *VAS n*-вимірних бінарних кодів булеану долається шляхом розпаралелювання обчислювальних процесів. Проте отримані формалізми забезпечують важливі для практики функції зняття багатозначності слів, знаходження асоціацій для мовних образів та верифікації дерева синтаксичного розбору речення.

У цілому дослідження спрямовано на обґрунтування одного з можливих підходів до моделювання природного шляху створення лінгвоінтелекту. З метою подальшого розвитку запропонованого підходу необхідно реалізувати шість формальних операцій, найважливішою з яких є розробка парсеру обраної природної мови для отримання дерева підлеглості (залежностей) речення через синтаксичні зв'язки.

Список літератури: 1. *Apresyan J.* ETAP-3 Linguistic Processor: a full-fledged NLP implementation of the MTT / J. Apresyan, I. Boguslavsky, L. Iomdin etc. // MTT 2003, First International Conference on Meaning – Text theory (Paris, June 16-18,

2003). – Paris, ENS, 2003. – P. 279–288. 2. *Кобозева И.М.* Лингвистическая семантика: учебное пособие / И.М. Кобозева – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 352 с. – ISBN 5-8360-0165-0. 3. *Стюарт Р.* Искусственный интеллект: современный подход / Р. Стюарт, Н. Питер – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с. 4. *Шлезингер М.И.* Решение (MAX,+)-задач структурного распознавания с помощью их эквивалентных преобразований. Часть 1 / М.И. Шлезингер, В.В. Гигиняк // Управляющие системы и машины. – 2007. – № 1. – С. 3-15. 5. *Лурия А.Р.* Язык и сознание / А.Р. Лурия; под ред. Е.Д. Хомской. – М.: Издательство Московского университета, 1979. – 320 с. 6. *Бісикало О.В.* Формалізація понять мовного образу та образного сенсу природномовних конструкцій / О.В. Бісикало // Математичні машини і системи. – 2012. – № 2. – С. 70–73. – ISSN 1028-9763. 7. *Бісикало О.В.* Формальні методи образного аналізу та синтезу природно-мовних конструкцій: монографія / О. В. Бісикало. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 316 с. – ISBN 978-966-641-528-1. 8. *Бісикало О. В.* Структура блоку пам'яті на основі моделі образного мислення людини / О. В. Бісикало // Искусственный интеллект. – 2007. – № 3. – С. 461–468. – ISSN 1561-5359. 9. *Бісикало О. В.* Дослідження простору асоціативних пар в контексті бази знань електронного підручника / О. В. Бісикало // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2006. – № 2 (28). – С. 109–113. 10. *Пальчунов Д. Е.* Моделирование мышления и формализация рефлексии. Теоретико-модельная формализация онтологии и рефлексии / Д. Е. Пальчунов // Философия науки. – 2006. – № 4 (31). – С. 86–113. 11. *Широков В. А.* Феноменология лексикографических систем / В. А. Широков; НАН України, Укр. мов.-інформ. фонд. – К.: Наукова думка, 2004. – 327 с. 12. *Горошко Е. И.* Интегративная модель свободного ассоциативного эксперимента / Е. И. Горошко. – М.: Харьков: ИЯ РАН; Каравелла, 2001. – 318 с. – ISBN 966-7012-09-3.

Надійшла до редколегії 28.05.2013

УДК 004.93:159.95

Формальное введение образного уровня традиционной лингвистической триады морфология-синтаксис-семантика / О.В. Бисикало, И.В. Богач // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 27-30.

В статье рассматривается подход к формализации уровня образного анализа и синтеза в составе традиционной триады морфологии, синтаксиса и семантики. Предлагаются новые возможности использования образного анализа и синтеза предложений из текста и других естественно-языковых конструкций. Обсуждаются характеристики и требования к формальным процедурам данного подхода.

Ил. 1. Библиогр.: 7 назв.

UDC 004.93:159.95

Formal entry-level imagery of the traditional triad of linguistic morphology, syntax, semantics / O.V. Bisikalo, I.V. Bogach // Bionica Intellecta: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – С. 27-30.

The level of figurative analysis and synthesis in the traditional triad of morphology, syntax and semantics is examined in the article. New possibilities of using figurative analysis and synthesis the sentences of text are suggested. The characteristics and requirements to the formal procedures of the obtained approach are discussed.

Fig. 1. Ref.: 7 items.

УДК 004.021:004.312.4:004.421.6:004.414.2



Е.А. Лукьянова

ТНУ имени В. И. Вернадского, г. Симферополь, Украина, lukyanovaea@mail.ru

О ЯЗЫКЕ КОМПОНЕНТНОЙ СЕТИ ПЕТРИ С КОМПОНЕНТАМИ-МЕСТАМИ И КОМПОНЕНТАМИ-ПЕРЕХОДАМИ

Проведено исследование языка компонентной сети Петри с двумя типами составных компонентов: компонентами-местами и компонентами-переходами. Установлен эпиморфизм языков моделей параллельной распределённой системы, представленных в виде детальной модели Петри и в виде её компонентной модели Петри с двумя типами составных компонентов.

СЕТИ ПЕТРИ, КОМПОНЕНТНАЯ СЕТЬ ПЕТРИ, СВОБОДНЫЙ ЯЗЫК СЕТИ ПЕТРИ, ЭПИМОРФИЗМ

Введение

Объектом исследования современной науки становятся всё более сложные системы – системы индустриального типа, для анализа и верификации которых требуется создание новых моделей, надёжных методов и технологий параллельных вычислений и их реализаций. Наличие эффективных формализмов и способов анализа моделей исследуемых систем открывают возможности практического использования таких систем в области оптимизации, верификации и обоснования, позволяет строить перспективные системы реального времени. Формализм сетей Петри для моделирования систем с параллелизмом несомненно является наилучшим [1, 2], если не учитывать экспоненциальную сложность алгоритмов анализа сетей Петри больших размеров [3]. Использование компонентной сети Петри (CN-сети) [4, 5] для моделирования параллельных распределённых систем улучшает формализм сетей Петри: позволяет строить адекватные, с точки зрения установления подобия сетей Петри в результате их редукции [6], модели значительно меньших размеров, что обеспечивает использование удобных методов исследования их структурных и динамических свойств. Компонентное моделирование редукции детальной (больших размеров) сети заключается в выделении в детальной модели Петри составных компонентов: компонентов-мест C_p и компонентов-переходов C_t . При этом важной задачей как при моделировании системы, так и в процессе анализа является задача выявления и локализации ошибки, поэтому возникает необходимость поиска трасс, которые приводят в процессе функционирования сети к подозрительному или ошибочному состоянию. Такой анализ возможно выполнить путём построения и изучения языка исследуемой сети. В работе [7] обоснована необходимость поэтапного исследования языков компонентной сети Петри: компонентной сети Петри только с компонентами-переходами, компонентной сети Петри только с компонентами-местами и компонентной сети Петри с любыми составными компонентами

– компонентами-местами и компонентами-переходами. В работах [7, 8] рассмотрены соответственно языки компонентной сети Петри только с компонентами-переходами и компонентной сети Петри только с компонентами-местами, доказано, что анализ динамики функционирования сложной системы эффективнее проводить на уровне языков соответствующей компонентной сети. Обоснование корректности такого анализа основано на доказательстве гомоморфизма и эпиморфизма таких типов языков языку исходной детальной модели.

Цель настоящей работы: продолжить исследование языков компонентной сети Петри, а именно определить язык компонентной сети Петри с компонентами-местами и компонентами-переходами и установить эпиморфизм языков компонентной сети Петри с компонентами-местами и компонентами-переходами и исходной детальной модели Петри.

1. Постановка задачи

Для определения языка $L_t(CN)$ компонентной сети Петри только с компонентами-переходами функционирование сети описывается в терминах последовательностей срабатываний переходов, что позволяет отслеживать во множестве последовательностей срабатываний компонентной сети аккумулированную в компонентах-переходах информацию за счёт имени, присвоенного компоненту-переходу. При определении языка $L_p(CN)$ компонентной сети Петри только с компонентами-местами описание функционирования сети через последовательности реализаций событий не подойдёт, т.к. в этом случае аккумулированная информация, содержащаяся в компонентах-местах, ни каким образом не будет отражена в словах, составленных из символов переходов компонентной сети. В этом случае предложено [8] описывать функционирование компонентной сети в терминах достижимых разметок. Моделирование систем компонентными сетями Петри предполагает возможность наличия и компонентов-мест и компонентов-переходов, поэтому закономерно рассмотрение языка

компонентных сетей, содержащих и те и другие составные компоненты, и получения результатов связи языков компонентной и исходной детальной модели Петри для случая компонентной сети с двумя типами составных компонентов.

2. Свободный язык компонентной сети Петри с компонентами-местами и компонентами-переходами

При выборе способа описания функционирования компонентной сети с двумя типами составных компонентов нужно учитывать необходимость отражения в языке изучаемой компонентной сети информации, содержащейся в обоих типах составных компонентов.

Срабатывание перехода при некоторой разметке порождает новую разметку. На множестве разметок вводится отношение $>$ непосредственного следования разметок [1]. И говорят, что разметка M' достижима от разметки M , если существует последовательность разметок M, M_1, M_2, \dots, M' и слово $\tau = t_1 t_2 \dots t_k$ в алфавите T (имён переходов) такое, что $M[t_1 > M_1[t_2 > M_2 \dots [t_k > M'$. Таким образом, получаем как слово τ , представляющее последовательность срабатываний переходов, так и последовательность разметок, достижимых в сети от разметки M . Все возможные изменения разметок в сети, происходящие в результате срабатывания её переходов, удобно представляются графически в виде ориентированного графа – графа разметок, множество вершин которого образовано множеством достижимых в сети разметок. Поэтому, помечая вершины этого графа символами и выписывая последовательности этих символов вдоль путей полученного графа, начинающихся в начальной разметке, будем получать допустимые цепочки символов (множество всех слов) в некотором алфавите T , составленном из символов всех имён вершин графа достижимых разметок.

При этом вне зависимости от того какие компоненты выделены в сети, информация аккумулированная в них, будет отражена в буквах слов – последовательностях символов вдоль путей в графе достижимых разметок компонентной сети. Тем самым язык компонентной сети с двумя типами составных компонентов будем описывать в терминах множества достижимых в сети разметок.

В качестве примера (рис. 1) рассмотрим некоторую небольшую сеть Петри, моделирующую события двух взаимодействующих процессов. Каждому событию ставится в соответствие переход сети. На рис. 1 видно, что события, моделируемые переходами t_1, t_6, t_7 , являются для исследуемых процессов идентичными, а события, моделируемые переходами t_3, t_5 и t_2, t_4 , – параллельными. Полученная модель синтезирует два параллельных процесса.

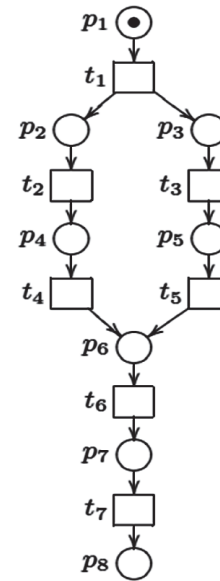


Рис. 1. Детальная сеть Петри, синтезирующая два параллельных процесса

В этой сети возможно выделение, как компонентов-мест, так и компонентов-переходов. На рис. 2, а показана компонентная сеть, отвечающая исходной детальной сети Петри, содержащая одинаковые компоненты-переходы T_1^*, T_2^* (рис. 2, б, в) и компоненту-место P^* (рис. 2, з).

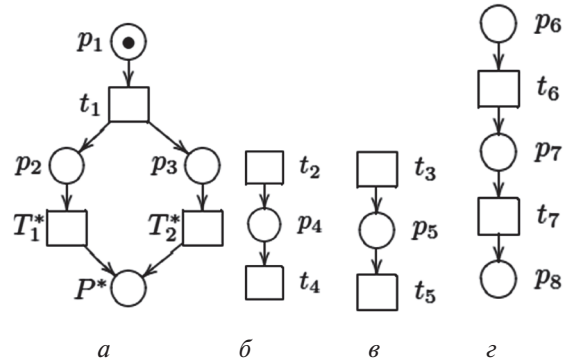


Рис. 2. Компонентная сеть Петри для сети Петри с рис. 1 (а); её компоненты-переходы T_1^* (б), T_2^* (в) и компонент-место P^* (з)

Если описывать функционирование рассматриваемой компонентной сети так же, как и в случае компонентной сети Петри только с компонентами-переходами через последовательности срабатываний переходов [6], то переходы t_6, t_7 , моделирующие некоторые события в детальной сети и попадающие в компонент-место компонентной сети, не будут отражены в словах языка компонентной сети. А значит связь языков компонентной и детальной сетей, в таком случае, установить невозможно.

Рассмотрим графы достижимых разметок исследуемых сетей. На рис. 3 и рис. 4 показаны графы достижимых разметок соответственно детальной сети Петри с рис. 1 и её компонентной сети с рис. 2, а.

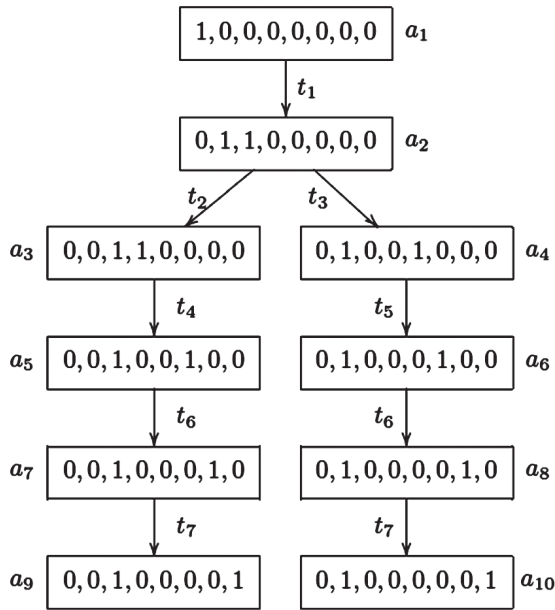


Рис. 3. Граф достижимых разметок детальной сети Петри с рис. 1

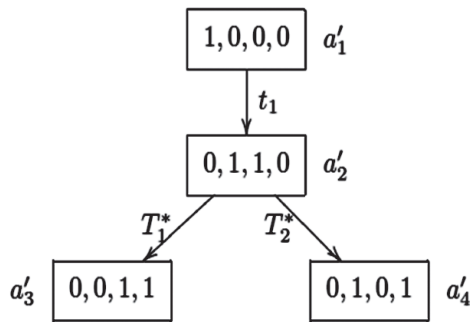


Рис. 4. Граф достижимых разметок компонентной сети Петри с рис. 2, а

Выделим (рис. 5) в графе достижимых разметок детальной модели Петри участки, отражающие динамику функционирования составных компонентов T_1^* , T_2^* , P^* . Это участки G'_1 , G'_2 и G'_3 , которые в графе достижимых разметок компонентной сети инкапсулируются в соответствующие вершины a'_2 , a'_3 , a'_4 .

При этом для рассматриваемой сети получено, что динамика функционирования двух одинаковых составных компонентов T_1^* , T_2^* отражается одним участком G'_1 , а динамика функционирования одного составного компонента P^* — двумя участками G'_2 и G'_3 графа достижимых разметок детальной модели Петри.

Рассматривая теперь любые соответствующие цепочки последовательностей имён вершин вдоль путей в графах достижимых разметок детальной и компонентной сетей, видно, что информация о срабатывании переходов и о движении фишек (изменении условий для возможности срабатывания переходов) при переходе от детальной модели к компонентной модели не теряется. Участки графа достижимых разметок детальной модели

инкапсулируются в соответствующие вершины графа достижимых разметок компонентной сети.

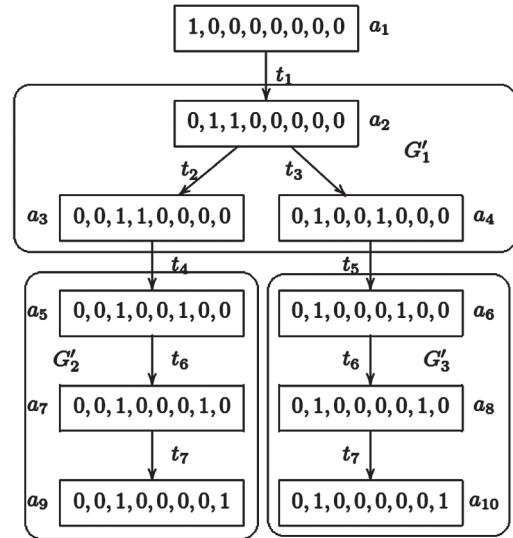


Рис. 5. Граф достижимых разметок детальной сети Петри с рис. 1 с выделенными участками, отражающими динамику функционирования составных компонентов

Определение 1. Языком $L_{p,t}(N)$ детальной модели Петри N , в которой могут быть выделены составные компоненты: компоненты-места C_p и компоненты-переходы C_t , назовём её свободный язык, который определяется в терминах множества достижимых в сети разметок.

Определение 2. Языком $L_{p,t}(CN)$ компонентной сети Петри (CN -сети), содержащей компоненты-места C_p и компоненты-переходы C_t , назовём множество последовательностей, получаемых выписыванием символов вершин вдоль путей в графе достижимых разметок CN -сети, начинающихся в начальной разметке и ведущих к каждой достижимой в сети разметке.

Так, свободные языки $L_{p,t}(N)$ и $L_{p,t}(CN)$ детальной и компонентной сетей со структурами сетей, изображёнными соответственно на рис. 1 и рис. 2, а, и графами достижимых разметок, изображёнными соответственно на рис. 3 и рис. 4, а имеют вид:

$$L_{p,t}(N) = \{ a_1, a_1 a_2, a_1 a_2 a_3, a_1 a_2 a_4, a_1 a_2 a_3 a_5, a_1 a_2 a_3 a_5 a_7, a_1 a_2 a_3 a_5 a_7 a_9, a_1 a_2 a_4 a_6, a_1 a_2 a_4 a_6 a_8, a_1 a_2 a_3 a_5 a_7 a_9 \},$$

$$L_{p,t}(CN) = \{ a'_1, a'_1 a'_2, a'_1 a'_2 a'_3, a'_1 a'_2 a'_4 \}.$$

3. Эпиморфизм языков детальной модели Петри и CN -модели с компонентами-местами C_t и компонентами-переходами C_t параллельной распределённой системы

Пусть детальная сеть Петри N содержит s мест, тогда разметка этой сети изображается s -мерным вектором, координаты которого соответствуют

местам, упорядоченным согласно нумерации мест в сети. В сети N выделены составные компоненты и пусть общее количество мест, которые попали в выделенные компоненты k . Тогда разметка CN -сети с двумя типами составных компонент будет изображаться r -мерным вектором: $r = s - k + l$, где l — количество компонентов-мест. Координаты этого вектора соответствуют местам, упорядоченным согласно нумерации мест в CN -сети. При этом нумерация мест, принятая в сети N , сохраняется в CN -сети.

Пусть Z — конечный алфавит детальной модели N , состоящий из множества имён s -мерных векторов, W — конечный алфавит компонентной модели CN с двумя типами составных компонентов, состоящий из множества имён r -мерных векторов. Тогда Z^* — множество всех слов в алфавите Z , $W^* = (\psi(Z) \cup \{a'_1, a'_2, \dots, a'_n\})^*$ — множество всех слов в алфавите $W = \psi(Z) \cup \{a'_1, a'_2, \dots, a'_n\}$, где a'_k ($k = 1, 2, \dots, n$) — имена вершин графа достижимых разметок компонентной модели Петри, в которые перешли вершины или инкапсулировались различные участки графа достижимых разметок детальной модели Петри. Отображение ψ преобразует s -мерные векторы графа достижимых разметок детальной модели Петри в r -мерные векторы графа достижимых разметок компонентной модели Петри.

Теорема 1. Пусть функционирование детальной модели Петри и компонентной модели Петри с двумя типами составных компонентов параллельной распределённой системы описывается в терминах множества достижимых разметок, тогда отображение ψ , преобразующее s -мерные векторы графа достижимых разметок детальной модели Петри в r -мерные векторы графа достижимых разметок компонентной модели Петри, является сюръективным отображением.

Доказательство. Пусть a_i — имя некоторого s -мерного вектора графа достижимых разметок детальной модели Петри, тогда $\psi(a_i) = a'_j$ — имя r -мерного вектора графа достижимых разметок компонентной модели Петри. При этом, если $j = i$ и у образа a'_j прообраз $\psi^{-1}(a'_j)$ единственный, то вершина a_i графа достижимых разметок детальной сети Петри не принадлежит ни одному из участков сети, отражающему динамику функционирования составного компонента, а если прообраз $\psi^{-1}(a'_j)$ имеет несколько значений, то каждая вершины a_i : $\psi(a_i) = a'_j$ является вершиной участка детальной модели Петри, отражающего динамику функционирования составного компонента. Таким образом, при отображении ψ вершина-инкапсулянт является образом всех вершин участка графа достижимых разметок детальной модели Петри, отражающего динамику функционирования составного компонента. В результате получаем, что

каждый элемент a'_j , являющийся именем вершины графа достижимых разметок компонентной сети CN , является образом хотя бы одной вершины a_i графа достижимых разметок детальной сети N . ■

Так, для графов достижимых разметок, показанных на рис. 4 и 5, детальной и компонентной сетей с рис. 1 и 2, а, имеем:

$$\begin{aligned} \psi(a_1) &= a'_1, \psi(a_2) = a'_2, \psi(a_3) = a'_2, \psi(a_4) = a'_2, \\ \psi(a_5) &= a'_3, \psi(a_7) = a'_3, \psi(a_9) = a'_3, \psi(a_6) = a'_4, \\ \psi(a_8) &= a'_4, \psi(a_{10}) = a'_4. \end{aligned}$$

Образами вершин a_2, a_3, a_4 и a_5, a_7, a_9 , и a_6, a_8, a_{10} участков графа достижимых разметок детальной модели Петри, отражающих динамику функционирования составного компонента, является одна соответствующая вершина a'_2, a'_3, a'_4 графа достижимых разметок компонентной модели Петри.

Рассмотрим язык $L_{p,t}(CN)$. Он представляет собой подмножество множества всех слов в алфавите W , полученного в результате отображения ψ имён алфавита Z исходной детальной модели N и расширенного именами для образов имён алфавита Z . При этом каждый образ имени a_i из алфавита Z получает уникальное имя, если a_i не является вершиной участка графа достижимых разметок детальной сети, отражающего динамику функционирования составной компоненты, а для всех образов имен вершин, принадлежащих одному из таких участков, даётся только одно общее имя (это имя вершины-инкапсулянта).

Установим взаимосвязь между символьными последовательностями из $L_{p,t}(N)$ и $L_{p,t}(CN)$. Для этого рассмотрим преобразование $\xi: L_{p,t}(N) \rightarrow L_{p,t}(CN)$, переводящее слова из $L_{p,t}(N)$ в слова из $L_{p,t}(CN)$.

Теорема 2. Пусть функционирование детальной модели Петри и компонентной модели Петри с двумя типами составных компонентов параллельной распределённой системы описывается в терминах множества достижимых разметок, тогда отображение $\xi: L_{p,t}(N) \rightarrow L_{p,t}(CN)$ слов языка $L_{p,t}(N)$ детальной модели Петри N исследуемой параллельной распределённой системы в множество слов языка $L_{p,t}(CN)$ её CN -модели, содержащей два типа составных компонентов, является эпиморфизмом.

Доказательство.

Рассмотрим некоторое слово $p \in L_{p,t}(N)$. Пусть это слово имеет вид $p = a_1 b_1 b_2 a_2 a_3 b'_1 b'_2 b'_3 a_4 a_5 b''_1 a_6 a_7$, где символами $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ обозначены имена вершин графа достижимых разметок детальной модели N , не являющиеся вершинами никаких участков модели, отражающих функционирование составных компонентов, а символами $b_1, b_2, b'_1, b'_2, b'_3, b''_1$ — имена вершин графа достижимых разметок детальной модели N , являющихся

вершинами таких участков. В рассматриваемой записи слова p участвуют имена вершин трёх различных участков, отражающих функционирование составных компонентов.

В слове p сделаем следующие обозначения

$$a_1 = p_1, b_1 b_2 = \bar{p}_1, a_2 a_3 = p_2, b'_1 b'_2 b'_3 = \bar{p}_2, \\ a_4 a_5 = p_3, b''_1 = \bar{p}_3, a_5 a_6 = p_4$$

и получим запись исходного слова p в виде конкатенации слов $p_1, \bar{p}_1, p_2, \bar{p}_2, p_3, \bar{p}_3, p_4$ из Z^* так, что $p = p_1 \bar{p}_1 p_2 \bar{p}_2 p_3 \bar{p}_3 p_4$.

При отображении ξ образом слова $p \in L_{p,t}(N)$ является некоторое слово $\xi(p) = q \in L_{p,t}(CN)$:

$$q = q_1 a'_1 q_2 a'_2 q_3 a'_3 q_4.$$

Таким образом, действие преобразования ξ на слово p определяется образами слов, участвующих в конкатенации слова p :

$$q = \xi(p) = \xi(p_1 \bar{p}_1 p_2 \bar{p}_2 p_3 \bar{p}_3 p_4) = \\ = \xi(p_1) \xi(\bar{p}_1) \xi(p_2) \xi(\bar{p}_2) \xi(p_3) \xi(\bar{p}_3) \xi(p_4) = \\ = \psi(a_1) a'_1 \psi(a_2) \psi(a_3) a'_2 \psi(a_4) \psi(a_5) a'_3 \psi(a_6) \psi(a_7).$$

При этом окончательно для некоторого произвольного слова $p = a_1 b_1 b_2 a_2 a_3 b'_1 b'_2 b'_3 a_4 a_5 b''_1 a_6 a_7$ из Z^* , получим его образ

$$q = \psi(a_1) a'_1 \psi(a_2) \psi(a_3) a'_2 \psi(a_4) \psi(a_5) a'_3 \psi(a_6) \psi(a_7)$$

слово из W^* .

Отображение ξ полностью определяется значениями на буквах алфавита Z так, что каждый символ $w \in W$ является образом хотя бы одного символа $z \in Z$, то есть при отображении ξ для любого $w \in W$ найдётся $z \in Z$ такое, что $w = \psi(z)$. Имеют место следующие выводы относительно рассматриваемого отображения ξ :

1. $\xi(zw) = \xi(z)\xi(w)$ выполнено для всех слов z и w над Z ;
2. $\xi(e) = e$, где e – пустое слово;
3. $\xi(z) = \psi(z_1)\psi(z_2)\dots\psi(z_k)$ для слов $z \in Z^*$ любой длины k из имён вершин графа достижимых разметок сети N , не являющихся именами участков сети, отражающих функционирование составных компонентов;
4. $\xi(z) = a'_i$ для всех слов $z \in Z^*$ любой длины из имён вершин графа достижимых разметок сети N , являющихся именами участков сети, отражающих функционирование составных компонентов.

Тогда для $L_{p,t}(CN)$ – языка CN -сети с двумя типами составных компонентов, – выполняется:

$$L_{p,t}(CN) = \xi(L(N)) = \{w / w = \xi(z), \text{ где } z \in L_{p,t}(N)\}. \blacksquare$$

Следствие. Эпиморфизм ξ порождает сюръекцию ψ .

Выводы

В результате возможного выделения в компонентной сети Петри двух типов составных

компонентов: компонент-мест и компонент-переходов, приходится иметь дело с компонентной сетью, в которой могут быть выделены только компоненты-места или только компоненты-переходы или и те и другие компоненты. Исследование динамических свойств системы проводится на уровне языка сети. Поэтому было начато поэтапное исследование языка компонентной сети [7, 8]. В статье рассмотрен язык компонентной сети Петри с любыми составными компонентами – компонентами-местами и компонентами-переходами. Установлен эпиморфизм языка такой компонентной модели и детальной модели Петри. Теперь можно говорить, не акцентируя внимание на состав составных компонентов компонентной сети, о эпиморфизме языков компонентной и детальной моделей Петри исследуемой параллельной распределённой системы.

Необходимо отметить, что наиболее экономичным по времени является исследование языка компонентной сети только с компонентами-переходами. В связи с тем, что при исследованиях такого языка функционирование сети описывается в терминах последовательностей срабатываний переходов и не нужно строить (часто громоздкое) дерево достижимых разметок. Поэтому возможность выделения компонент-переходов является более продуктивным. Так, для детальной сети Петри с рис. 1 можно построить (рис. 6) компонентную сеть только с компонентами-переходами.

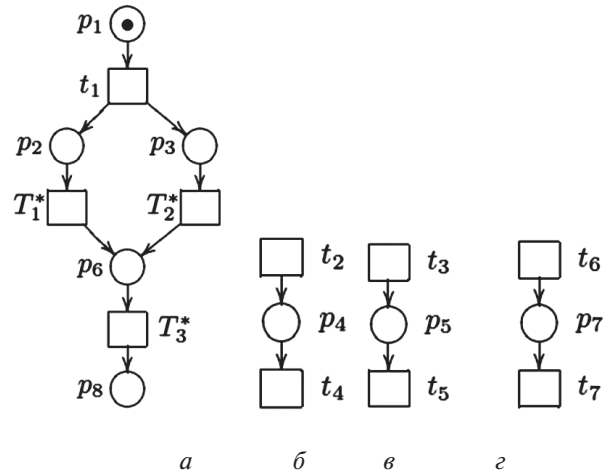


Рис. 6. Компонентная сеть Петри для сети Петри с рис. 1 (а); её компоненты-переходы T_1^* (б), T_2^* (в), T_3^* (г)

Компоненты-места удобно использовать, если есть возможность исследуемую систему рассматривать как объединение больших одинаковых или однотипных блоков. Тогда возможно получить компонентную сеть небольших размеров, изучение языка которой будет удобно проводить с помощью графа достижимых разметок.

Список литературы: 1. Котов В.Е. Сети Петри / В.Е. Котов. – М.: Наука, 1984. – 160 с. 2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. / Дж. Питерсон – М.: Мир, 1984. – 263 с. 3. Зайцев Д.А. Решение фундаментального уравнения сетей Петри в процессе композиции функциональных подсетей / Д.А. Зайцев // Искусственный интеллект. – 2005. – № 1. – С. 59–68. 4. Лукьянова Е. А. О компонентном анализе параллельных распределенных систем / Е.А. Лукьянова // ТВИМ. – 2011. – № 2. – С.71–81. 5. Лукьянова Е.А. Исследование однотипных структурных элементов *CN*-сети в процессе компонентного моделирования и анализа сложной системы с параллелизмом / Е.А. Лукьянова, А.В. Дереза // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 6. – С. 20–29. 6. Лук'янова О. О. Про бісимуляційну еквівалентність детальної моделі Петрі та її *CN*-моделі досліджуваної паралельної розподіленої системи / О.О. Лук'янова // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія: фіз.-мат. науки. – 2013. – № 4. 7. Лук'янова О. О. Про зв'язок мови *CN*-моделі з компонентами-переходами і мови детальної моделі Петрі паралельної розподіленої системи / О.О. Лук'янова // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія: фізико-математичні науки. – 2012. – № 4. – С.145–150. 8. Lukyanova E. Component modeling: on connections of detailed Petri model and component model of parallel distributed system// ITNEA. – 2013. – Vol. 2, №1. – P.15–22.

Поступила в редколлегию 08.06.2013

УДК 004.021: 004.312.4: 004.421.6: 004.414.2

Про мову компонентної мережі Петрі з компонентами-місцями і компонентами-переходами / О.О. Лук'янова // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2013. – № 2(81). С. 31–36.

У статті розглянуто мову однієї із зручних і адекватних моделей паралельних розподілених систем, яка дозволяє значно скоротити розміри моделі, – компонентної мережі Петрі з двома типами складових компонентів. Встановлений сюр'активний гомоморфізм відображень на мовах трас мережі Пери необхідний для обґрунтування коректності процесу аналізу компонентної мережі Пери та її складових компонентів.

Лл. 6. Бібліогр.: 8 найм.

UDK 004.021: 004.312.4: 004.421.6: 004.414.2

About language of a component Petri net with components-places and components-transitions / E.A. Lukyanova // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 31-36.

In paper language of one of convenient and adequate models of the parallel distributed systems is considered, allowing considerably to reduce model sizes, – a component Petri net with two types of composite components. The established surjective homomorphism of maps in languages of lines of a Petri net is necessary for a substantiation of a correctness of process of the analysis of a component Petri net and its composite components.

Fig. 6. Ref.: 8 items.

УДК 519.713: 504.064



Н. В. Шаронова, М. М. Козуля

НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна, e-mail: nvsharonova@mail.ru.

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ З ЕЛЕМЕНТАМИ КОМПАРАТОРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РІВНЯ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Надано обґрунтування методичних основ оцінки відповідності вимогам екологічності системних об'єктів за концепцією сталого розвитку із запровадженням елементів методу компараторної ідентифікації. Сформовано математичне і алгоритмічне забезпечення кількісного оцінювання рівня екологічної якості природно-техногенних комплексів відповідно до їх соціально-еколого-економічного призначення.

КОНЦЕПЦІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ, КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ, КОМПАРАТОРНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ

Вступ

До теперішнього часу запропоновано і розроблено множини різноманітних комплексних показників якісного екологічно безпечного функціонування навколишнього природного середовища (НПС). Актуальність таких робіт не втрачає вагомості за умови реалізації концепції сталого розвитку, суть якої полягає у поєднанні та узгодженості в екологічній оцінці економічного, екологічного та соціального розвитку за умови відсутності зниження якості та екологічної безпеки соціально-екологічних систем, збереження природного стану НПС й високого рівня науково-технічного прогресу відповідно до потреб людини [1, 2].

Розв'язок макроекологічних завдань зі стабілізації та екологізації внутрішнього простору складових системних об'єктів, наданих у вигляді природно-техногенних комплексів на територіальному рівні дослідження та соціально-еколого-економічних систем для глобальних екологічних оцінок якості НПС, можливий за умови створення математичної моделі такого системного утворення, розробки теорії оптимізації регулюючого впливу на системи відповідно до прийнятих універсальних критеріїв і параметрів стану. Такий погляд на розвиток методичного забезпечення екологічної оцінки потребує зміни традиційних підходів – переходу від контролюючої діяльності до регулюючих методів, які б дозволили порівнювати між собою різні фактори впливу на навколишнє середовище (НС), узгоджувати соціально-еколого-економічні інтереси на основі забезпечення балансу між екологією та соціально-економічною сферою.

Системне узгодження та збалансування трьох складових сталого розвитку пов'язано з наданням комплексної оцінки відповідності стану і динаміки окремої системи вимогам екологічної якості і безпеки. Взаємозв'язок природоохоронної та економічної складових потребує кількісної оцінки техногенних впливів на екосистеми і їх відповідності природній буферності НПС, тобто визначення пріоритетних факторів регулювання техногенного

навантаження на основі аналізу внутрішніх і зовнішніх процесів деструктивного і стабілізуючого характеру стосовно екологічного стану систем. Індикатором екологічного розвитку соціальної системи вважається передусім рівень здоров'я населення [1].

Таким чином, важливою проблемою на шляху втілення концепції сталого розвитку є формування системи вимірів для кількісного і якісного оцінювання відповідності вимогам екологічності систем. Більшість експертів із проблем захисту навколишнього середовища рекомендують створити систему інтелектуальних моделей, які б поєднували функції узагальненої корисності з оцінкою альтернатив розв'язання задач структурної і параметричної ідентифікації.

1. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є обґрунтування нового підходу до визначення екологічної оцінки стану екологічних системних об'єктів з метою підвищення об'єктивності, зниження системності та покращення ефективності прийняття рішень з використанням методу компараторної ідентифікації в багатofакторному аналізі.

Основною задачею дослідження є створення математичної моделі комплексного екологічного оцінювання якості складних систем на основі універсальних термодинамічних характеристик їх стану й оцінки рівня змін техногенно-навантажених об'єктів, відповідності зрушень в них вимогам екологічності систем за методом компараторної ідентифікації. Для цього у роботі досліджені такі питання:

1) розробка математичної моделі стану системних об'єктів із застосуванням елементів термодинамічного аналізу, синергетики – ентропійна та інформаційна функції як індикатора екологічності систем;

2) теоретичне обґрунтування математичного забезпечення розв'язання задач оптимізації корпоративного екологічного управління якістю НПС

на основі аналізу рівня ентропійних змін в системі та її екологічної інформативності;

3) оцінка екологічної відповідності стану систем із застосуванням методу компараторної ідентифікації.

2. Методика дослідження і аналіз результатів

Оцінка екологічності систем і процесів функціонування складових систем природно-техногенного об'єкта в цілому є інформаційною основою для формування функції екологічної корисності $\varphi(f(x_1))$, що визначає систему пріоритетів з підтримки прийняття рішення (ПР) відповідно до вимог сталого рівноважного розвитку територіальних природно-техногенних систем:

$$x_1 \underset{СП}{\succ} x_2 \Leftrightarrow \varphi(f(x_1)) \geq \varphi(f(x_2)) \quad \forall x_1, x_2 \in X \quad (1)$$

Оскільки головною метою методології комплексної оцінки якості навколишнього середовища є ухвалення такого управлінського рішення, яке б задовольняло вимогам підвищення екологічної ефективності у разі розвитку систем, то доцільно для оптимізації ПР застосування апостеріорної моделі оптимізації (АМО). Це дозволить наблизити процедуру виявлення виду функцій корисності та ідентифікації її параметрів до реальних можливостей розв'язання завдань з пошуку кращої альтернативи на умовах пріоритетності екологічних показників для системного об'єкта:

$$x_{СП} = \arg \max_{x \in X} M_S \times \left\{ \arg \min_{q \in Q} \Phi_q \left\{ q \left[\arg \min_{u_i \in U_i} \Phi_{u_i} [u_i(f_i(x|s)) | I_{v_i}], \dots, \arg \min_{u_m \in U_m} \Phi_{u_m} [u_m(f_m(x|s)) | I_{\varphi}] \right] \right\} \right\}, \quad (2)$$

де U_i – клас функції корисності значень $f_i, u_i \in U_i, i=1, \dots, m$; Q – клас функції корисності для значень відображення $f: X \rightarrow D, q \in Q$, де D – множина векторних оцінок альтернатив і принципу оптимальності R у вигляді реалізації певного зв'язку між системами в об'єкті; I_{v_i} – інформація про переваги на непорівнянних по відношенню $\underset{\pi}{\succ}$ значеннях вектора $f = (f_1, \dots, f_m) \in F_m$; Φ_u, Φ_q – функціонали оцінки за інформацією I_{v_i}, I_{φ} спільності функцій $u_i(f_i)$ і $q(f)$ і функцій $v_i(f_i)$ і $\varphi(f)$ відповідно; $M_S \{ \xi(s) \}$ – оператор узагальнення, який ставить у відповідність оцінкам альтернатив S на множині можливих умов їх реалізації характеристику якості:

$$M_S \{ \xi(s) \} = \begin{cases} \sum_{s \in S} P_s \xi(s), & * \\ \int_s P(s) \xi(s) ds, & ** \end{cases} \quad (3)$$

Оператор $M_S \{ \xi(s) \}$ визначається за умов розглянутої ситуації:

1 –*) якщо S дискретно, приймає значення 0 і 1, відомо імовірнісний розподіл P_s ;

2 – **) якщо S безперервно, залежно від змін у системі на вхідний сигнал процеси характеризують щільністю розподілу $P(s), s \in S$.

Модель оцінки прийнятого рішення (2) є розширеним варіантом пошуку умов реалізації наданої методології відповідно до цільової функції досягнення екологічної безпеки (постановка задачі дослідження за умови стохастичності функціонування систем і задачі гармонізації розвитку складових системного об'єкта) [3,4].

Якщо функція корисності надана як одновимірна ентропійна функція оцінки стану систем S , то правило порівняння альтернатив $x_1, x_2 \in X$ за критерієм S_i визначено багатозначними оцінками $f_i(x_1 | S), f_i(x_2 | S)$ виду

$$x_1 \underset{СП_{S_i}}{\succ} x_2 \Leftrightarrow M_{S_i} \{ v_i(f_i(x_1 | s)) \} \geq M_{S_i} \{ v_i(f_i(x_2 | s)) \}, \quad (4)$$

де $\underset{СП_{S_i}}{\succ}$ – відношення переваги за S_i на непорівнянні багатозначних значень відображення f_i з урахуванням складу систем, дифузійних потоків між системами і зовнішнім середовищем, вимог до параметрів управління та інформативності систем [5].

Стан систем-системного об'єкта управління екологічною якістю визначається стохастичними процесами й виражається розподілом імовірності змін, що залежить від дії різних факторів: параметрів порядку (ξ_u) (кількості факторів, які впливають на систему), амплітуди підлеглих мод (ξ_s), додаткових впливів на систему.

Зміни, що відбуваються в дослідженій інтегральній структурі під впливом зовнішніх управляючих впливів і внутрішніх процесів перетворення речовини й енергії, фіксуються у вигляді збільшення інформації або зміни ентропії стану за розподілом спільної ймовірності $P(\xi_u, \xi_s)$ змін:

$$P(\xi_u, \xi_s) = \prod_s P_s(\xi_s | \xi_u) f(\xi_u). \quad (5)$$

Оскільки інформація I дорівнює

$$i = - \sum_j P_j \cdot \ln P_j, \quad (7)$$

то її збільшення визначається як сума

$$I = I_f + \sum_s I_s, \quad (8)$$

де I_f – інформація щодо параметрів порядку при постійній дії детермінованих внутрішніх і зовнішніх факторів на систему, є величиною безперервною:

$$I_f = - \sum_{\xi_u} f(\xi_u) \ln f(\xi_u), \quad (9)$$

де I_s – інформація, яка відноситься до підлеглої моди з індексом s :

$$I_s = - \sum_{\xi_s} P_s(\xi_s | \xi_u) \ln P_s(\xi_s | \xi_u). \quad (10)$$

При виході системи зі стану рівноваги інформація про додаткові впливи або стохастичні явища різкої зміни не зазнає, а інформація, яка характеризує стан системи, різко змінюється [3, 4, 5].

Величина I_s є інформацією в припущенні, що величина ξ_u набуває певного значення. Таким чином, оцінити зовнішній вплив і наявність екологічної небезпеки для системного об'єкта можливо за інформацією про стан систем (параметри порядку). Параметр порядку підпорядковує моди особливим чином гарантує виникнення макроскопічної структури і її гармонійний вплив на системи. Поводження об'єкта поблизу порога стійкості характеризується сильним зростанням інформації відповідно до критичних флуктуацій.

Залежно від ентропії чи інформативності кожної із систем формується певний стан інтегровального утворення, що і є оцінкою прийнятого управлінського рішення. У межах деякого інтервалу часу $[t_0, T]$ реалізація даного рішення призводить до ряду взаємовиключних наслідків залежно від специфіки локального рівня систем – системного утворення з урахуванням індикаторів рівноважного екологічного стану систем. Критерієм оптимальності функціонування такого об'єкта є збереження екологічної рівноваги за умови $\Delta S \rightarrow \min \rightarrow 0$ або стан з характеристикою $S = \max$ по відношенню до інших можливих станів систем, що відповідає умовам.

Критерій оцінки екологічності взаємодії складових еколого-соціально-економічного об'єкта при стабілізації соціально-економічного розвитку являє собою екологічний компаратор (ЕК) – вимірювач відповідності структури, функціональних процесів в системах інтегровального об'єкта природному внутрішньому гомеостазу.

Для комплексної оцінки екологічності територіально-об'єктових систем компараторна ідентифікація більш об'єктивна і достовірна, ніж експертне оцінювання в балах: вона надає кількісне значення у двох параметрах – 0 і 1, що дозволяє поєднати за параметром ΔS зміни у стані систем і об'єкта й імовірності P порушення зв'язків у середовищі [5, 6, 7].

За теорією компараторної ідентифікації [6] компаратор – вимірювач відповідності структури, функціональних процесів систем внутрішньому гомеостазу інтегровального об'єкта, яка подається кортежем X^s і X^t вхідного впливу X виду

$$F(A, X^{(s)}) = F(A, X^{(t)}), s, t = \overline{1, k}, s \neq t. \quad (11)$$

Зазначені кортежі є складовими термодинамічного потоку, визначеного як деякий зв'язок – відношення R між складовими системи і об'єкта відповідно до параметра A моделі і оператора F (структура) (11), що реалізує внутрішній гомеостаз складових систем.

При однозначності характеристики стану систем через імовірнісно-ентропійні параметри оцінка екологічності їх визначається видом оператора F і параметрів моделі A , для яких невідповідність вимогам безпеки (ситуація нееквівалентності) приводить до нерівності

$$F(A, X^{(s)}) < (\leq) F(A, F^{(t)}), s, t = \overline{1, k}, s \neq t.$$

При вивченні територіально-об'єктових екосистем поряд з варіантами поведінки $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ для $x_i \in X, i = \overline{1, n}$ розглядаються поодинокі кількісні вимірювання для окремих систем (наприклад, при дослідженні стану екосистеми ґрунт – вимірювання фізичних параметрів і хімічного складу як індикаторів їх екологічності і відповідності гомеостазу екосистеми):

$$K(x_i) = \langle k_1(x_i), k_2(x_i), \dots, k_m(x_i) \rangle.$$

На основі аналізу окремих характеристик систем за певних умов стану дослідженого інтегровального об'єкта визначають імовірнісну оцінку реалізованої структури і її відповідність вимогам екологічної безпеки, наданих у вигляді $P: X \rightarrow V$, де P – оператор моделі оцінювання, а $V = P(X)$ – модель багатофакторних оцінок альтернатив рішення ($v_i = P(x_i), i = \overline{1, n}$).

Ідея такого підходу до оцінки екологічності систем і рівня безпеки передбачає застосування *вимірювальної процедури екологічного ризику*, яка у разі виконання відповідності реалізує предикат виду

$$D_1(v_q, v_n) = \begin{cases} 1 & \text{при } v_q = v_n \\ 0 & \text{при } v_q \neq v_n \end{cases},$$

$$E_1(x_q, x_n) = D_1[P(x_q), P(x_n)], \forall x_q, x_n \in X, \quad (12)$$

де v_q і v_n – оцінка корисності дослідженого і природного стану, як $v_q = P(x_q), v_n = P(x_n)$ з врахуванням витрат на підтримку екологічності систем.

Аналіз потоків між системами та імовірності виникнення негативного фактору впливу, тобто $v_q, v_r \in V$, виявляють зміни у результаті трансформаційних процесів, що порушують склад потоку, появу ефектів у навколишньому середовищі, які приводять до збільшення ентропії і ΔS внутрішнього простору об'єкта. Результати такого аналізу подані за компаратором і предикатом у вигляді (позитивні результати – 1):

$$D_2(v_q, v_r) = \begin{cases} 1 & \text{при } v_q \geq v_r \\ 0 & \text{при } v_q < v_r \end{cases},$$

$$E_2(x_q, x_r) = D_2[P(x_q), P(x_r)], \forall x_q, x_r \in X, q \neq r. \quad (13)$$

Екологічність чи корисність даного стану системи визначається незмінністю ентропійної функції оцінки і $\Delta S \rightarrow 0$, негативною оцінкою є збільшення імовірності перебігу процесів з дестабілізації систем $S_q > S_r, \Delta S > 0$ і появою ініціюючого впливу на них у внутрішньому середовищі об'єкта $P(x_q) > P(x_r)$.

Розв'язання задач вибору розвитку (стабілізації) систем за компараторною оцінкою розглядається у двох аспектах відповідно до повноти вихідної інформації і одержаних результатів, реалізуючи предикат виду:

– впевнений вибір і однозначне рішення на основі аналізу (12–13):

$$D_3(v_q, v_r) = \begin{cases} 1 & \text{при } v_q > v_r \\ 0 & \text{при } v_q < v_r \end{cases}, \quad (14)$$

– неповністю впевнене рішення за відсутністю інформації про стан об'єкту, внутрішні й зовнішні зв'язки, – нечіткі вихідні дані про властивості систем, природу та імовірність перебігу процесів і т. п.:

$$D_4(v_q, v_r) = \begin{cases} 1 & \text{при } v_q \geq v_r \\ 0 & \text{при } v_q < v_r \end{cases},$$

$$E_4(x_q, x_r) = D_4[P(x_q), P(x_r)], \quad \forall x_q, x_r \in X, \quad q \neq r. \quad (15)$$

Для моделі виду

$$S_0 \xrightarrow{S_w} < S_1 \xrightarrow{q(x,t)} S_1^1 \xrightarrow{A_w} < S_2 \xrightarrow{D_w \rightarrow H_w} S_{\max} (\Delta S \rightarrow 0),$$

де S_w – стохастичний оператор при дії природних впливів як $\xrightarrow{E_x M_x}$ чи $E_{ек}$, $M_{ек}$, зовнішнього регулювання $F(t, u)$ в межах природоохоронних заходів у вигляді $V_S(t, u)$ і $V_d(t, u)$; $q(x, t)$ – зв'язок між системами (речовинно-енергетичний потік $dE'_{x_i} M'_{x_i}$); A_w – оператор переходу стохастичних функцій у детерміновані, що визначає перехід системи у новий стаціонарний стан у результаті самоорганізації – $dE'_{x_n} M'_{x_n} = 0$ при $n = 1, 2, 3$; D_w – детермінований оператор, який відповідає за функцію виходу, що приводить об'єкт у рівноважний екологічний стан за умови стабілізації зовнішнього і внутрішнього гомеостазу – оператор H_w схеми «вхід – вихід», який для системного утворення визначається досягненням максимального ентропійного стану S_{\max} і відсутністю дестабілізуючих явищ ($\Delta S \rightarrow 0$), надають оператор з деталізацією, зважаючи на пріоритетність збереження стійкості природних екосистем (x_i):

$$P(x_s) > (\geq) P(x_1), \quad x_s, x_i \in X, \quad s = \overline{2, n}, \quad s \neq 1,$$

$$P(x_2) < (\leq) P(x_1), \quad P(x_3) < (\leq) P(x_1). \quad (16)$$

За узгодженням імовірнісно-ентропійних показників екологічності і компараторної ідентифікації (11–16) надана загальна модель (M) оцінювання:

$$V_M(x_i) = P_M(A_M, K(x_i)), \quad i = \overline{1, n}, \quad (17)$$

де $V_M(x_i)$ – узагальнена оцінка корисності альтернатив з оцінки екологічної якості систем, вибору їх структури, прийнятого рішення; P_M – оператор моделі оцінювання – структурна ідентифікація як реалізація певних економічних, соціальних і еко-

логічних складових і їх зв'язку; $K(x_i)$ – m -мірна кількісно-виміряна вхідна дія (характеристика стану, структур, альтернатив); A_M – r -мірний вектор кількісних характеристик моделі об'єкта – параметрична ідентифікація (стан систем, потоків, які реалізують зв'язок між системами (наприклад, потужність й інтенсивність матеріальних потоків з соціально-економічної системи на екосистеми і т. п.

Компараторна ідентифікація для територіально-об'єктових систем пов'язана з оцінкою оператора P_M (структурна ідентифікація) і значення A_M (параметрична ідентифікація), які відповідно до умов (16) описують реальні фізичні, фізіологічні, біохімічні процеси за функцією S , порушення екологічності та гомеостатичних зв'язків у системах через негентропійну дію [5].

За даними моніторингу для системного об'єкта визначають функцію

$$Y(x_i) = F(K(x_i)),$$

де $Y(x_i)$ – скалярна багатофакторна оцінка станів чи змін у складових і об'єкті (в залежності від рівня задачі дослідження), $x_i \in X$; $K(x_i) = \{k_1(x_i), k_2(x_i), \dots, k_m(x_i)\}$, $i = \overline{1, n}$ – фактори оцінювання x_i , для яких вводиться коефіцієнт ізоморфізму з метою досягнення однорідності $K(x_i) = A = \langle a_1, a_2, \dots, a_r \rangle$.

На етапі інтегровальної оцінки екологічної безпеки передбачена однорідність визначення факторів завдяки характеристикам складових об'єкта дослідження у вигляді $S, \Delta S, P, Risk$.

За умови імовірнісно-ентропійного оцінювання екологічності при застосуванні елементів компараторної ідентифікації одержують такі результати:

– від'ємна оцінка

$$k_{jn}(x_i) = \begin{cases} \max_{x_i \in X} k_j(x_i), & \text{при } k'_j(x_i) \rightarrow \min, \\ \min_{x_i \in X} k_j(x_i), & \text{при } k''_j(x_i) \rightarrow \max \end{cases}, \quad (18)$$

де $k'_j(x_i)$ – оцінка фактора як імовірність стабілізаційних процесів P , позитивний ризик $Risk_n$; $k''_j(x_i)$ – оцінка фактора за значенням ентропії S або її змін ΔS відповідно до нормалізованого показника екологічності у вигляді індексу забруднення (13);

– позитивна оцінка щодо прийняття екологічного рішення:

$$k_{jn}(x_i) = \begin{cases} \max_{x_i \in X} k_j(x_i), & \text{при } k'_j(x_i) \rightarrow \max \\ \min_{x_i \in X} k_j(x_i), & \text{при } k''_j(x_i) \rightarrow \min \end{cases}. \quad (19)$$

Функція стану об'єкта визначається через природні (A_1) і керуючі параметри (A_2). Функція $P(x_1, x'_1, x_2, x'_2, \dots, x_m, x'_m)$ – це предикат, що задається декартовим добутком $A_1 \times A_2$ як відображення добутку множини A_1, A_2, \dots, A_m у множину $\Sigma = \{0, 1\}$. Символи 0 і 1 відбивають стан системи (значення ентропії або інформації), при якому

змінні $x_1, x'_1, x_2, x'_2, \dots, x_m, x'_m$ є аргументами предиката (зі штрихом – керуючі параметри):

$$P(x_1, x'_1, x_2, x'_2, \dots, x_m, x'_m) = K(f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f(x_m), f(x'_1), f(x'_2), \dots, f); P(x_1, x'_1, x_2, x'_2, \dots) = t. \quad (20)$$

Ідентифікація екологічної відповідності територіально-об'єктові системи здійснюється за екологічним компаратором стану. Порушення екологічного гомеостазу об'єкта фіксуються в інформаційній системі моніторингу і являють фізичні дані $E_{x_1} M_{x_1}, E_{x_2} M_{x_2}, \dots, E_{x_n} M_{x_n}$, що знаходять відображення у вигляді вихідних сигналів f_1, f_2, \dots, f_n по входах у компаратор ЕК (рис. 1) [5, 6].

Таким чином, визначається предикат ЕК виду:

$$P(E_{x_1} M_{x_1}, E_{x_2} M_{x_2}, \dots, E_{x_n} M_{x_n}) = E(f_1(E_{x_1} M_{x_1}), f_2(E_{x_2} M_{x_2}), \dots, f_n(E_{x_n} M_{x_n})). \quad (21)$$

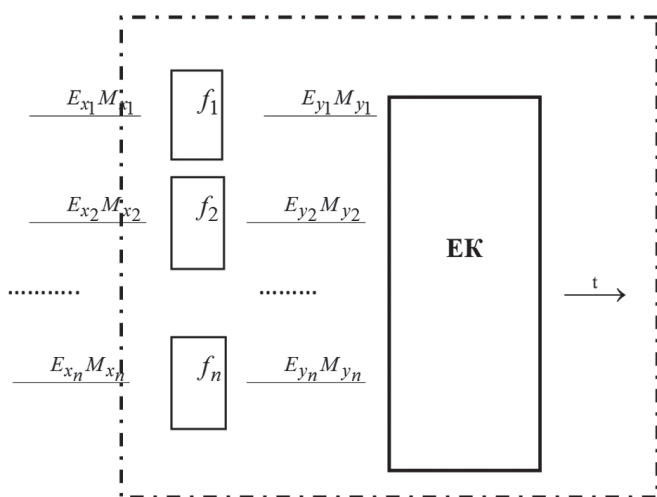


Рис. 1. Схема роботи екологічного компаратора

Внутрішній стан системного об'єкта відображається залежностями:

$$Y_1 = f_1(x_1; x'_1); Y_2 = f_2(x_2; x'_2). \quad (22)$$

За умови екологічної пріоритетності рішення зважають на стабілізацію природних параметрів й регулюючого управління, що надається предикатом

$$P(x_1, x'_1) = D(f(x_1), f(x'_1)). \quad (23)$$

Встановлений екологічний компаратор (рис. 1) реалізує предикат

$$K(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) = t, \quad (24)$$

який відповідає відношенню «К-предикат компаратора» [5, 6, 7].

Якщо стан систем при динамічній рівновазі територіально-об'єктових систем X_1 і будь-яка управляюча дія як вплив зовнішнього фактора на систему, то, реалізуючи наданий аналіз виду (20–23),

предикат стану дослідженої інтегровальної системи приймає вид (24).

Відповідність предиката встановленим змінам ентропії визначає стани інтегровального об'єкта, пов'язані з порушенням чи збереженням упорядкованості між системами і стійкістю екологічної рівноваги в цілому:

$$D(Y_1, Y'_1) = \begin{cases} -1, & \text{при } x_1 \neq x'_1 \text{ - для ентропійного} \\ & \text{аналізу процесів чи} \\ 1, & \text{при } x_1 \neq x'_1; \\ 0, & \text{при } x_1 = x'_1; \text{ чи } x'_1 = 0 \end{cases} \quad (25)$$

Таким чином враховують зменшення ентропії при збільшенні управляючого впливу – упорядкування системи $dS < 0$; зростання ентропії при збільшенні управляючого впливу – нерівноважний стан $dS > 0$; незмінність ентропії – система в стані рівноваги $dS = 0$.

Висновки

У даній роботі запропоновано новий підхід до оцінки стану об'єктів навколишнього середовища з позицій сталого розвитку, що ґрунтується на методі компараторної ідентифікації. Аналіз одержаних результатів показав доцільність використання принципу системності з оцінки «стан–відповідність–фактори порушення рівноваги–рейтинг першочергових рішень». Обґрунтовано переваги впровадження компараторної ідентифікації в методику оцінки стану об'єктів, що дозволяє врахувати зв'язки між системами різної природи не за усередненими проміжними результатами, а на врахуванні всіх наборів даних, якими вони характеризуються.

Запропонована методологія оцінки якості системних природно-техногенних об'єктів дозволила отримати такі науково-практичні результати:

1) визначено структуру і умови функціонування систем в межах інтегровального об'єкта, їх відтворення на основі самоорганізуючих процесів; запроваджено ентропійну функцію оцінки явищ, яка враховує стохастичну природу територіально-об'єктових угруповань (рівняння (5–10)); умови функціонування об'єкта при певній ймовірності наслідків взаємодії «система – навколишнє середовище» з пріоритетністю екологічної якості у встановленні управляючої дії (формули (1–4));

2) визначені умови застосування оцінки екологічності на основі ентропійної функції як міри якості, що дозволило надати характеристики стану природно-техногенних об'єктів з урахуванням процесів у термодинамічних потоках; відтворення відповідної структури і функціональних можливостей системного об'єкта з урахуванням збереження сталого економічного розвитку за умови прояву ефектів внутрішніх і зовнішніх перетворень синергетичного характеру;

3) вирішені питання удосконалення науково-практичної бази комплексного моніторингу шляхом застосування методу компараторної ідентифікації з метою оцінки відповідності дослідженої системи вимогам безпеки на основі встановлення однозначного показника екологічності складових і дослідженого інтегрувального об'єкта у вигляді екологічного компаратора як інструментарію імовірно-ентропійного ризик-аналізу стану систем і процесів у них.

Список літератури: 1. *Згуровский М. З.* Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей / М. З. Згуровский, А. Д. Гвишиани. – К.: Політехніка, 2008. – 331 с. 2. *Петров К. Э.* Компараторная идентификация модели формирования индекса устойчивого развития / К. Э. Петров // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. – №1. – С. 36–46. 3. *Козуля Т. В.* Моделирование структуры и идентификация состояния корпоративной экологической системы (КЭС) / Т. В. Козуля, Н. В. Шаронова // Проблеми інформаційних технологій. – 2007. – № 01 (001). – С. 178–187. 4. *Sharonova N. V.* Entropy as Substratum of identifying the Corporative Ecological system (CES) condition / N. V. Sharonova, T. V. Kozulia // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2008. – № 2 (31). – С. 518–527. 5. *Козуля Т. В.* Процеси екологічного регулювання. Концепція корпоративної екологічної системи: монографія / Т. В. Козуля. – Харків: НТУ «ХПИ», 2010. – 588 с. 6. *Бондаренко М. Ф.* Про загальну теорію компараторної ідентифікації / М. Ф. Бондаренко, С. Ю. Шабанов-Кушнарченко, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2008. – № 2 (69). – С. 13–22. 7. *Овезгельдыев А. О.* Синтез

и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации / А. О. Овезгельдыев, Э. Г. Петров, К. Э. Петров. – К.: Наукова Думка, 2002. – 163 с.

Надійшла до редколегії 11.07.2013

УДК 519.713: 504.064

Комплексная оценка экологической безопасности с элементами компараторной идентификации уровня качества окружающей среды / Н. В. Шаронова, М. М. Козуля // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 37–42.

В статье приведено методическое обеспечение оценки состояния социально-эколого-экономических систем на соответствие требованиям устойчивого развития и экологической безопасности, включающее элементы компараторной идентификации. Представлено математическое и алгоритмическое обеспечение количественного оценивания уровня качества природно-техногенных комплексов в соответствии с их социально-эколого-экономическим значением.

Ил. 1. Библиогр.: 7 назв.

UDC 519.713: 504.064

Complex ecological environment estimation with elements of comparative quality levels identification / N. V. Sharonova, M. M. Kozulia // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 37–42.

Methodological support assessment of the state of the socio-ecological-economic systems to meet requirements of sustainable development and environmental security is given in the article including elements of comparing identification. Mathematical and algorithmic support of quantitative estimation of natural anthropogenic complexes quality levels is presented according to their social ecological economical meaning.

Fig. 1. Ref.: 7 items.

УДК 519.62



Т. М. Федорова

ХНУРЕ м. Харків, Україна, tanja_fedorova@mail.ru

ПОБУДОВА ЛОГІЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ОБРОБКИ ФЛЕКСІЙ ІМЕННИКІВ ІТАЛІЙСЬКОЇ МОВИ

Стаття присвячена побудові математичної моделі обробки флексій логічною мережею для іменників італійської мови. Модель характеризується системою бінарних відношень, що задаються формулами відповідних предикатів, що дає можливість реалізовувати її на програмно – алгоритмічному рівні та використовувати для автоматичного вирішення задач аналізу, синтезу та нормалізації словоформи.

МОВА, ІМЕННИК, ГРАМАТИЧНІ ОЗНАКИ, ФЛЕКСІЯ, БІНАРІЗАЦІЯ, ВІДНОШЕННЯ, ДВОДІЛЬНИЙ ГРАФ, ПРЕДИКАТ, ЛОГІЧНА МЕРЕЖА

Вступ

Моделювання природної мови людини є важливою проблемою теорії інтелекту. Центральними об'єктами опису природномовного тексту є слова. Для мов з розвиненою словозміною завдання граматичної ідентифікації є складним і трудомістким, а тому потребує автоматизації словозмінних процесів.

Для сучасного етапу розвитку науково-технічного прогресу характерне переважаючі неформалізованих чи недостатньо формалізованих проблем, алгоритмічне розв'язання яких чи то не існує, чи то не може бути отримане на наявних сьогодні машинах.

Оскільки всі розумові здібності, які необхідно передати машині, вже наявні у людини на достатньо високому рівні розвитку, ніякий інший інтелект, крім людського, науці недоступний, то міркувати машини будуть за тими ж законами, що й людина.

Лінгвістичні праці містять неформалізовані описи морфологічних явищ, які складно перекласти на математичну мову. Людина здатна розуміти їх «з півслова». Крім того, людина, що не приступала до вивчення морфології, фактично уже володіє мовою, морфологічні явища їй знайомі з власної мовної практики. Математичні описи морфології мови, які адресовані обчислювальній машині, мають бути зрозумілі їй. Запити інтелектуалізації потребують від комп'ютерів здатності розуміти людську мову, здатності мислення й творчості. Відтак висувається задача забезпечення обчислювальної техніки достатньо «високоорганізованим інтелектом», що базується на апаратних і програмних засобах, наближених за своїми можливостями до природної мови людини.

Ця задача не передбачає простого й швидкого рішення. Виникають суттєві складнощі. Через це не дають бажаних результатів роботи з автоматизації програмування, створення високоякісного перекладу з однієї мови на іншу, побудови систем для розпізнавання досить складних об'єктів, формування здатності машин розуміти побачене

й почуте, спрямоване на вирішення аналогічних питань [18, 19].

Застосування комп'ютерних технологій в обробці текстової інформації ставить нові завдання та відкриває великі перспективи у сучасній лінгвістиці. Основною вимогою до опису мовної системи, орієнтованої на застосування в лінгвістичних технологіях, є максимальна формалізація цього опису, доведення результатів відповідних досліджень до рівня формальних моделей та лінгвістичних алгоритмів, адаптованих до використання в сучасних мовно-інформаційних системах, пошукових засобах, а також інших комп'ютерних системах, пов'язаних з інтелектуальним опрацюванням мовної інформації.

Актуальною постає проблема створення морфологічних класифікацій слів та засобів граматичної ідентифікації лінгвістичних структур у природномовних текстах. У цьому зв'язку необхідними виявляються комп'ютерні програми автоматичної граматичної ідентифікації лексичних одиниць, спроможні самостійно, без участі людини приписувати параметри граматичного значення текстовим словоформам [3, 4].

Побудова моделі флексійної обробки та логічної мережі для іменників італійської мови

Італійська мова є прямим нащадком латинської мови, носієм найдавнішої і багатой культури. Незважаючи на це, італійська є сучасною живою мовою, яка постійно розвивається і передбачає безліч нюансів і особливостей. Основними характеристиками італійської мови є широке лексичне багатство, величезна різноманітність стилістичних і виразних прийомів, складна граматична структура.

Серед мов романської групи італійська звертає на себе увагу як найбільш діалектно роздроблена. Діалекти можна умовно розділити на три групи: північні, центральні і південні. Серед північних у свою чергу виділяють галло-італійські (ломбардський, пьемонтський, генуезький та емільянський) і венеціанські. Центральні включають в себе наріччя Тоскани, Умбрії, Північного Лаціо, області Марке. До південної групи відносять

неаполітанський, абруцський, калабрійський і апулійський діалекти, а також групи сицилійських.

Італійська мова — одна з романських мов (іта-ло-романська підгрупа), в якій явище словозміни є притаманним для основних значущих частин мови. Певна кількість словозмінних форм утворюється синтетично, тобто шляхом приєднання до основи слова флексій, які містять в собі інформацію про конкретні значення однієї або декількох граматичних категорій; також є частина граматичних форм, які утворюються аналітично (граматичні форми складаються більше ніж з одного слова). Як і всі західнороманські мови, італійська втратила іменне відмінювання, а спосіб утворення множини в італійській відрізняється, наприклад, від іберороманської [5].

Грамматична будова італійської мови типова для романських мов. Відмінювання іменників здійснюється за допомогою прийменників (di, a, da, in, su та ін.). Середній рід відсутній. Іменники зазвичай супроводжує артикль — визначений (il, la, lo, l', i, gli, le), що розвинувся з латинського займенника ille, або невизначений (un, una, uno, un), що розвинувся з латинського числівника unus. Багато прийменників зливаються з визначенням артиклем в одне ціле. Система дієслівних часів складається з простих часів, які безпосередньо розвинулися з відповідних латинських, і складних, глибокі коріння яких йдуть також до латині.

Найсерйозніші зміни в порівнянні з народною латиною відбулися в італійській фонетиці. При цьому розвитку багатьох звуків та їх поєднань в італійській є унікальним і утворює особливий «італійський» тип фонетики.

Характерною рисою італійської мови є велика кількість голосних. Більше того, в італійській мові немає слів, що закінчуються на приголосний звук, крім визначеного артикля il і прийменників con, in, per. В італійській мові є одна приголосна літера, яка не виконує фонетичної функції (не вимовляється), але вона присутня у написанні слів — це буква Hh (акка). Подібно російському твердому знаку, вона виконує розділювальну функцію. Займаючи місце між приголосною і голосною літерами, вона надає твердість голосній. В італійській мові порядок слів вільний.

Вихідним матеріалом для моделювання режимів опрацювання слів на фонетичному та морфологічному рівнях природної мови є лінгвістичні закономірності. Математичним апаратом моделювання є алгебра скінченних предикатів [4].

В італійській мові іменники мають два роди: чоловічий (maschile) і жіночий (femminile) і два числа: однину (singolare) і множину (plurale). Італійські іменники чоловічого роду на -o/-e у множині в більшості випадків мають закінчення -i, а іменники жіночого роду на -a — закінчення -e.

Під час побудови математичної моделі флексійного оброблення мови описується фрагментне морфологічне відношення $L(X, Y)$, що відображає зв'язок між змістом X та змінним фрагментом Y . Із морфем слова у якості фрагменту вибрано закінчення. Нехай $X = \{x_1, x_2\}$ — набір граматичних ознак, які характеризують вплив дальнього тексту на закінчення (x_1 — число зі значеннями одина (o), множина (m); x_2 — рід зі значеннями чоловічий (ч), жіночий (ж)); $Z = \{z\}$ — закінчення іменника, z може приймати наступні значення: z^o — іменники з закінченням -o, z^e — іменники з закінченням -e, z^a — іменники з закінченням -a, z^i — іменники з закінченням -i; $Y = \{y\}$ — останні літери основи, y може приймати наступні значення: y^{ist} — іменники з суфіксом -ist, y^{ion} — іменники з суфіксом -ion, y^0 — всі інші іменники.

В табл. 1, яка називається парадигматичною, представлені закінчення іменників італійської мови.

Таблиця 1

Парадигматична таблиця

x_1^o	$x_2^ч$	- o - e - a
	$x_2^ж$	- a - e
x_1^m	$x_2^ч$	- i
	$x_2^ж$	- e - i

Контекст, в який включено іменник, впливає на форму слова граматичними ознаками x_1, x_2 . Нумеруємо осередки парадигматичної таблиці. Для кожного осередку парадигматичної таблиці вводимо свій номер q (табл. 2).

Таблиця 2

x_1^o	$x_2^ч$	1
	$x_2^ж$	2
x_1^m	$x_2^ч$	3
	$x_2^ж$	4

Виражаємо номери q осередків парадигматичної таблиці через ознаки x_1, x_2 :

$$\begin{aligned} x_1^o x_2^ч &= q^1; & x_1^m x_2^ч &= q^3; \\ x_1^o x_2^ж &= q^2; & x_1^m x_2^ж &= q^4. \end{aligned}$$

Проводимо бінаризацію щойно записаного відношення, яке пов'язує змінну q із змінними x_1, x_2 . Для цього знаходимо відношення P_1 , що зв'язує змінні x_1 і q :

$$P_1(x_1, q) = x_1^o (q^1 \vee q^2) \vee x_1^m (q^3 \vee q^4).$$

Далі відношення, що отримуємо, зображуються також у вигляді дводольних графів.

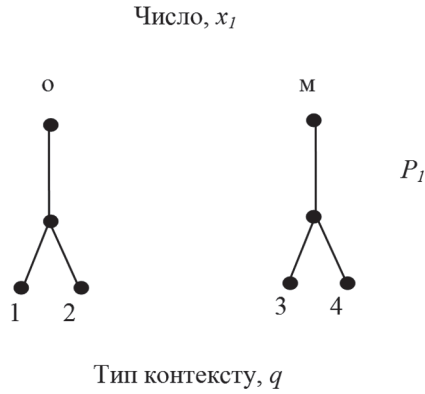


Рис. 1. Граф бінарного відношення $P_1(x_1, q)$

Знаходимо відношення P_2 , що зв'яже змінні x_2 і q :

$$P_2(x_2, q) = x_2^1 (q^1 \vee q^3) \vee x_2^2 (q^2 \vee q^4).$$

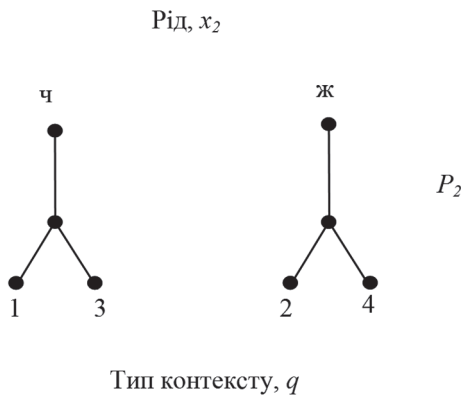


Рис. 2. Граф бінарного відношення $P_2(x_2, q)$

Розглянемо відношення P_3 , яке зв'яже номер впливу контексту закінчення z зі змінною q :

$$P_3(z, q) = (z^o \vee z^e \vee z^a) q^1 \vee (z^a \vee z^e) q^2 \vee z^i q^3 \vee (z^e \vee z^i) q^4.$$

Розглянемо відношення P_4 , яке зв'яже змінну основи слова y зі змінною закінчення слова z :

$$P_4(y, z) = (z^a \vee z^i \vee z^e) y^{ist} \vee (z^e \vee z^i) y^{ion} \vee (z^o \vee z^a \vee z^i \vee z^e) y^0.$$

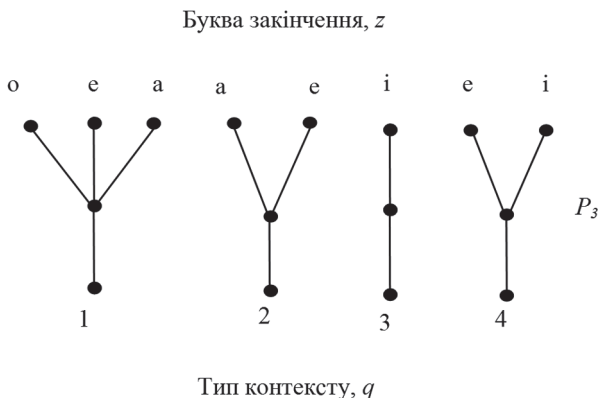


Рис. 3. Граф бінарного відношення $P_3(z, q)$

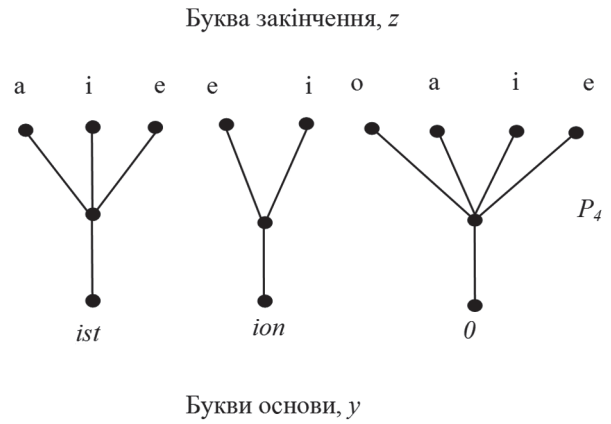


Рис. 4. Граф бінарного відношення $P_4(y, z)$

Побудовано математичну модель для іменників італійської мови. Вона характеризується системою бінарних відношень P_1-P_4 , що задаються формулами відповідних предикатів. Утворюючи кон'юнкцію всіх цих предикатів, отримуємо предикат моделі:

$$P(x_1, x_2, q, z, y) = P_1(x_1, q) \wedge P_2(x_2, q) \wedge P_3(z, q) \wedge P_4(y, z).$$

Предикату моделі відповідає відношення моделі P , що зв'яже між собою предметні змінні x_1, x_2, q, z, y . На рис. 5 зображена логічна мережа для відношення моделі P .

Кожній гілці логічної мережі ставиться у відповідність своє бінарне відношення моделі, яке називається відношенням цієї гілки. Кожна гілка позначається номером свого відношення. Вона з'єднує два полюси, що відповідають тим предметним змінним, які зв'язуються відношенням, що відповідає даній гілці [6].

У побудованій мережі 5 полюсів і 4 гілки. Мережа має зовнішні і внутрішні полюси. До зовнішніх відносяться x_1, x_2, z, y , до внутрішнього — q . Зовнішні полюси можна об'єднати в три групи: 1) x_1 з значеннями {о, м}, x_2 з значеннями {ч, ж}; 2) y з значеннями {ist, ion, о}; 3) z з значеннями {о, е, а, і}. До першої групи входять полюси, значення яких характеризують контекст, що оточує слово. До другої групи входить полюс, що характеризує саме слово. До третьої групи входить полюс, що характеризує словоформу, відповідну до даного контексту і даного слова.

Висновки

В статті була побудована модель флексійної обробки та логічна мережа для іменників італійської мови. Модель характеризується системою бінарних відношень та формулами відповідних предикатів. Мережа призначена для рішення системи рівнянь, що задаються відповідною моделлю.

Електронну схему, яка відповідає мережі, що зображена на рис. 2, можна використовувати для

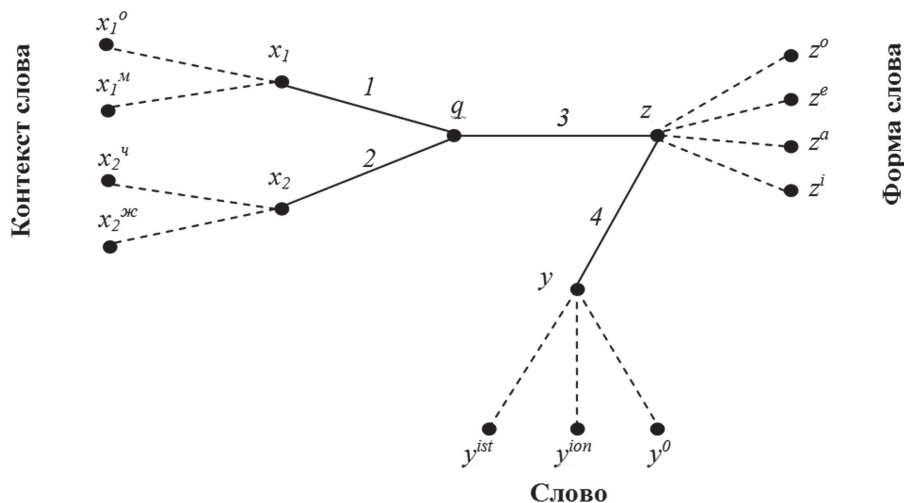


Рис. 5. Логічна мережа словозміни іменників італійської мови

автоматичного вирішення класу задач, що відносяться до відмінювання іменників італійської мови. Прикладами задач цього класу можуть бути наступні задачі:

– задача синтезу словоформи: задані слово і оточуючий його контекст, потрібно визначити відповідну їм словоформу;

– задача аналізу словоформи: задані форма слова і оточуючий її контекст, потрібно визначити граматичні ознаки, відповідні цій словоформі;

– задача завдання нормалізації словоформи: задані форма слова і оточуючий її контекст, потрібно відшукати слово, відповідне цій словоформі.

Список літератури: 1. *Бондаренко, М.Ф.* Основи території синтезу надшвидкодуючих структур мовних систем штучного інтелекту / М.Ф. Бондаренко, З.Д. Конопляно, Г.Г. Четвериков. – К., 1997. – 263 с. 2. *Шабанов-Кушнарєнко, Ю.П.* Теорія інтелекту. Математическіє средства : моногр. / Ю.П. Шабанов-Кушнарєнко. – Х. : Вища шк., 1984. – 142 с. 3. *Широков, В.А.* Комп'ютерна лексикографія / В.А. Широков. – К. : Наукова думка, 2011. – 351 с. 4. *Широков, К.В.* Іменна словозміна у сучасній турецькій мові / К.В. Широков. – К. : Довіра, 2009. – 318 с. 5. *Чельшева, И.И.* Італьянський язык / И.И. Чельшева, Т.З. Черданцева // Языки мира. Романские языки. – М. : Academia, 2001. – С. 60. 6. *Логическая сеть как технология моделирования естественного языка / Ю.П. Шабанов-Кушнарєнко, В.И. Хаханов, Н.Т. Процай и др. //*

Информационные технологии – в науку и образование : материалы науч.-практ. конф. – Х. : ХНУРЭ, 2005. – С. 30–33.

Надійшла до редколегії 26.08.2013

УДК 519.62

Построение логической сети для обработки флексий существительных итальянского языка / Т.Н. Федорова // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 43-46.

Статья посвящена построению математической модели обработки флексий логической сетью для существительных итальянского языка. Модель характеризуется системой бинарных отношений и формулами соответствующих предикатов. Это позволяет реализовать ее на программно – алгоритмическом уровне и использовать для автоматического решения задач анализа, синтеза и нормализации словоформы.

Ил. 5. Библиогр.: 6 назв.

UDK 519.62

Building the logical network to handling the flexions of Italian nouns / T.N. Fyodorova // Bionica Intellecta: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – С. 43-46.

The article is devoted to constructing mathematical model of inflectional processing of logical network for the Italian nouns. The model is characterized by a system of binary relations and formulas related predicates. This allows to implement it on the program - algorithmic level and used to automatically solve the problems of analysis, synthesis and the normalization of the word form.

Fig. 5. Ref.: 6 items.

А. Н. Власенко¹, Е. И. Кучеренко²¹ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, vlas22@yandex.ru²ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, ai@kture.kharkov.ua

МЕТОД ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА В ИЕРАРХИЧЕСКИХ НЕЧЕТКО-ВЕРОЯТНОСТНЫХ МОДЕЛЯХ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

В статье рассмотрена проблема разработки эффективного метода логического вывода в знаниеориентированных иерархических нечетко-вероятностных моделях сложных систем, в частности в задачах управления рисками. Предложен вариант метода нечетко-вероятностного логического вывода в иерархических моделях, использующий вероятностный элемент в консеквентах моделей всех уровней и антецедентах моделей верхних уровней, что позволяет учитывать различные градации оценок вероятностей.

НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА, ВЕРОЯТНОСТЬ, МИМО, ЛОГИЧЕСКИЙ ВЫВОД, ТАКАГИ-СУГЕНО, ЗНАНИЕ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

Введение

Нечеткое моделирование представляет собой мощный инструмент для представления сложных нелинейных отношений, который доказал свою эффективность в различных прикладных областях [1]. Нечеткие модели предоставляют механизмы для представления и обработки качественных аспектов человеческого знания и процесса рассуждений без применения точного количественного анализа. Это позволяет адекватно обрабатывать неточную информацию и строить «прозрачные» модели сложных систем [2].

Среди подходов к нечеткому моделированию наиболее распространены различные системы нечеткого логического вывода, модель в которых представлена в терминах лингвистических отношений [3]. Пространство входных значений разбивается на выраженные нечеткими подмножествами области, в которых можно гораздо проще представить отношения, позволяющие получить результирующие значения. Использование нечеткого разделения в пространстве входных значений позволяет описывать границы областей в пространстве выходных значений как взвешенную комбинацию выходов соседних областей. Это позволяет плавно переходить от одной области в пространстве выходных значений к другой [1, 4].

Несмотря на множество успешных примеров решения прикладных проблем, применение моделей нечеткого логического вывода наталкивается и на ограничения — с ростом сложности способность представления знаний с использованием лишь «нечеткости» падает [5]. Помимо этого возможности нечетких систем логического вывода могут быть ограничены случайными и вероятностными элементами в моделируемых системах. Случайность представляет собой особый тип неопределенности, называемый статистической неопределенностью [6]. Для работы с данным типом неопределенности предложено множество статистических методов, доказавших свои преимущества в теории управления, эконометрике и других областях. Существуют

различные подходы к интеграции нечеткости и вероятности в интеллектуальных системах — нечеткие вероятности и вероятностная нечеткая логика [5]. Тем не менее, не существует единого общепризнанного способа объединения двух типов неопределенности.

1. Постановка задачи

Целями данного исследования являются:

1. Разработать метод логического вывода в иерархической нечетко-вероятностной модели, позволяющий учитывать различные градации вероятностных оценок для достижения максимальной согласованности знаниеориентированной модели и представленной ею предметной области.
2. Реализовать иерархическую нечетко-вероятностную модель для прикладной предметной области, сформировать базу нечетко-вероятностных правил.
3. Сравнить возможности предложенных модели и метода с классическими нечетко-логическими и вероятностными подходами к моделированию.

2. Анализ существующих исследований

Естественным путем интеграции двух типов неопределенности стали нечетко-вероятностные правила, впервые предложенные Мегдади [5]. Классические нечеткие правила не допускают наличия для одного набора входных значений нескольких выходных значений с различной вероятностью, что ограничивает возможность представления многих сложных отношений в моделируемых системах [7, 8]. Общая структура нечетко-вероятностных правил:

$$\begin{aligned}
 & \text{Rule } R_q : \\
 & \text{if } x \text{ is } A_q \text{ then } y \text{ is } O_1 \text{ with probability } P_1 \\
 & \quad \&\dots \\
 & \quad \& y \text{ is } O_j \text{ with probability } P_j \\
 & \quad \&\dots \\
 & \quad \& y \text{ is } O_q \text{ with probability } P_n \\
 & \quad \text{where } P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где x – входная переменная в antecedенте; A_q – нечеткое подмножество antecedента; y – результирующее значение для q -го правила; O_q – нечеткое подмножество консеквента; P_1, P_2, \dots, P_n – соответствующая выходному значению вероятность.

Таким образом, y (1) ассоциирована и с качественной (через функцию принадлежности), и с количественной (через вероятность) информацией, представляя собой нечеткую и стохастическую переменную одновременно [9].

Значение условной вероятностной возможности получается по следующей формуле [9]:

$$\pi(y|x) = \sum_j \frac{P(O_j|x)\mu_j(y)}{\int_{-\infty}^{\infty} \mu_j(y)dy}, \quad (2)$$

где $\mu_j(y)$ – функция принадлежности.

Эта формула может быть использована для получения вероятностного вывода в существующих нечетко-логических моделях. В классической модели нечеткого логического вывода Мамдани-Ларсена правила имеют следующий вид [1]:

$$\text{Rule } q: \text{ If } x \text{ is } A_q \text{ then } y \text{ is } B_q, \quad (3)$$

Логический вывод для q -го правила (3) представляется через $B_q(b_q, v_q)$, с центроидом и индексом нечеткости:

$$v_q = \int_y \phi(y)dy, \quad b_q = \frac{\int_y y\phi(y)dy}{\int_y \phi(y)dy}. \quad (4)$$

При замене значения функции принадлежности консеквента на (2) формулы центроида и индекса нечеткости в случае нечетко-вероятностных правил приобретают следующий вид [2]:

$$v_q = \int_y \sum_j \frac{P(O_j|x)\mu_j(y)}{\int_{-\infty}^{\infty} \mu_j(y)dy}, \quad (5)$$

$$b_q = \frac{\int_y \sum_j \frac{P(O_j|x)\mu_j(y)}{\int_{-\infty}^{\infty} \mu_j(y)dy} dy}{\int_y \sum_j \frac{P(O_j|x)\mu_j(y)}{\int_{-\infty}^{\infty} \mu_j(y)dy} dy}.$$

Дефазифицированный результат выражений (4) и (5) определяется формулами [5]:

$$y^0 = \frac{\int_y y\phi(y)dy}{\int_y \phi(y)dy}, \quad y^0 = \sum_{q=1}^Q \frac{\mu^q(x) \cdot v_q}{\sum_{q=1}^Q \mu^q(x) \cdot v_q} \cdot b_q. \quad (6)$$

Правила нечетких систем Такаги-Сугено имеют следующий вид [2]:

$$R_j: \text{ if } x_1 \text{ is } A_{1j} \text{ and } x_2 \text{ is } A_{2j} \text{ and...and } x_n \text{ is } A_{nj} \quad (7)$$

$$\text{Then } y = g_j(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (j = 1, 2, \dots, N),$$

где $g_j(\cdot)$ является «четкой» функцией от x_i . Итоговый вывод происходит по формуле [10]:

$$\frac{\sum_{j=1}^N g_j(\cdot) T_{i=1}^{m_j} \mu_{ij}(x_i)}{\sum_{j=1}^N T_{i=1}^{m_j} \mu_{ij}(x_i)}, \quad (8)$$

где $1 \leq m_j \leq n$ количество входных переменных в (8); N – количество правил; n – количество входов; μ_{ij} – функция принадлежности; A_{ij} и T – Т-норма для нечеткой конъюнкции. Логический вывод для модели Такаги-Сугено с добавлением вероятности [11]:

$$\Pr(y_j|x) = \sum_{q=1}^Q \phi_q \Pr(y_j|A_q) =$$

$$= \frac{\sum_{q=1}^Q \Pr(A_q)\mu_q(x)\Pr(y_j|A_q)}{\sum_{q=1}^Q \Pr(A_q)\mu_q(x)} \quad (9)$$

$$y = E(y|x) = \sum_{j=1}^N y_j \Pr(y_j|x),$$

где $x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in X$ – входной вектор размерности M ; A_q – лингвистическое значение antecedента, определяемое нечеткой функцией принадлежности $\mu_q(x)$; y представляет собой стохастическую переменную консеквента, равную одному из значений $y_{q1}, y_{q2}, \dots, y_{qN}$.

Невзирая на то, что нечетко-вероятностное моделирование доказало свою применимость в различных прикладных областях [11, 12], открытыми остаются вопросы границ их применимости и эффективности.

В работе [13] нами была предложена модификация иерархической системы логического вывода Такаги-Сугено с нечетко-вероятностными локальными подмоделями, являющаяся расширением представленной в [14] модели. На рис. 1 показана возможная структура подобной модели, где FLU1, FLU2, FPLU1 относятся к первому уровню, FLU3, FPLU2 – ко второму и FPLU3 – к третьему уровню соответственно.

3. Описание метода

Предложенный метод состоит из следующих этапов:

Этап 1. Предварительная обработка входных значений, включая нормализацию, если она необходима;

Этап 2. Анализ моделей на полноту и непротиворечивость для поступившего набора данных. В случае обнаружения проблем – модификация правил для их устранения;

Этап 3. Логический вывод моделей первого уровня. Модели первого уровня представляют собой ММО-модели, правила которых имеют следующую структуру:

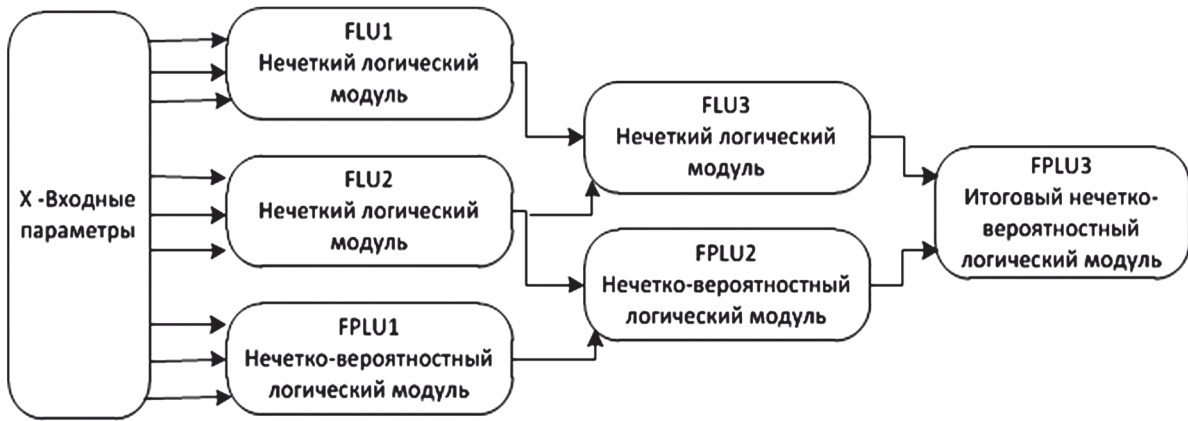


Рис. 1. Возможная структура предложенной гибридной иерархической модели

$$\begin{aligned}
 R_j : & \text{if } x_1 \text{ is } A_{1j} \text{ and } x_2 \text{ is } A_{2j} \text{ and...and } x_n \text{ is } A_{nj} \\
 & \text{Then } y = c_{1j} \text{ with } p_{1j} \\
 & \text{and } y = c_{2j} \text{ with } p_{2j} \\
 & \text{and...and } y = c_{nj} \text{ with } p_{nj}, (j=1,2,\dots,N)
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Отличие от (2) состоит в том, что c_{nj} может представлять собой как константу, так и функцию. Логический вывод осуществляется отдельно для каждой пары $\langle y, p \rangle$.

Подэтапы данного этапа:

- 1) Фаззификация входных первично обработанных на втором этапе переменных.
- 2) Агрегация подусловий и активизация подзаключений по формуле:

$$w_i = T(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n), \tag{11}$$

где T – t -норма нечеткой конъюнкции.

- 3) Аккумуляция для каждой пары вывода модели первого уровня $\langle y_k, p_k \rangle$, где y_k – четкое значение переменной вывода а p_k – полученная вероятностная оценка данного значения. При этом используются следующие формулы:

$$y_k = \frac{\sum_{i=1}^n w_i z_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \text{ when } p_i \text{ is } P_k, \tag{12}$$

$$p_k = \frac{\sum_{i=1}^n w_i p_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \text{ when } p_i \text{ is } P_k, \tag{13}$$

где P_k – нечеткое подмножество вероятности.

Этап 4. Передача выходов локальных моделей первого уровня на локальные модели второго уровня в виде пар значений $\langle y_k, p_k \rangle$.

Этап 5. Логический вывод на моделях второго и последующих уровней. Правила моделей верхних уровней отличаются от правил локальных моделей первого уровня добавлением в антецедент вероятностных нечетких множеств:

$$\begin{aligned}
 R_j : & \text{if } x_1 \text{ is } A_{1j} \text{ and } px_1 \text{ is } PA_{1j} \\
 & \text{and } x_2 \text{ is } A_{2j} \text{ and } px_2 \text{ is } PA_{2j} \\
 & \text{and...and } x_n \text{ is } A_{nj} \text{ and } px_n \text{ is } PA_{nj} \\
 & \text{Then } y = c_{1j} \text{ with } p_{1j} \\
 & \text{and } y = c_{2j} \text{ with } p_{2j} \\
 & \text{and...and } y = c_{nj} \text{ with } p_{nj}.
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

В разрабатываемых нами моделях прикладных предметных областей достаточным является наличие трех нечетких подмножеств – «малая вероятность», «средняя вероятность», «высокая вероятность» для представления оценок вероятности, функция принадлежности которых трапециевидна (рис. 2):

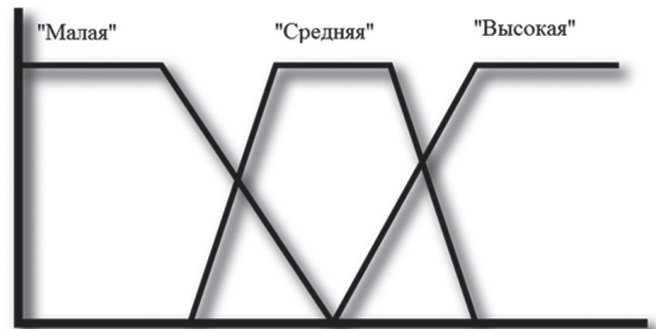


Рис. 2. Функции принадлежности нечетких подмножеств оценок вероятности

- 1) Фаззификация выходных переменных моделей предыдущего уровня и их вероятностей.
- 2) Агрегация подусловий с вероятностным компонентом и активизация подзаключений.
- 3) Аккумуляция для каждой выходной пары по тем же правилам, что и для моделей первого уровня.

Этап 6. Передача выходов локальных моделей на входы локальных моделей следующего уровня либо на входы внешних систем.

Этап 7. Останов.

На рис. 3 показана обобщенная схема предложенного метода логического вывода.

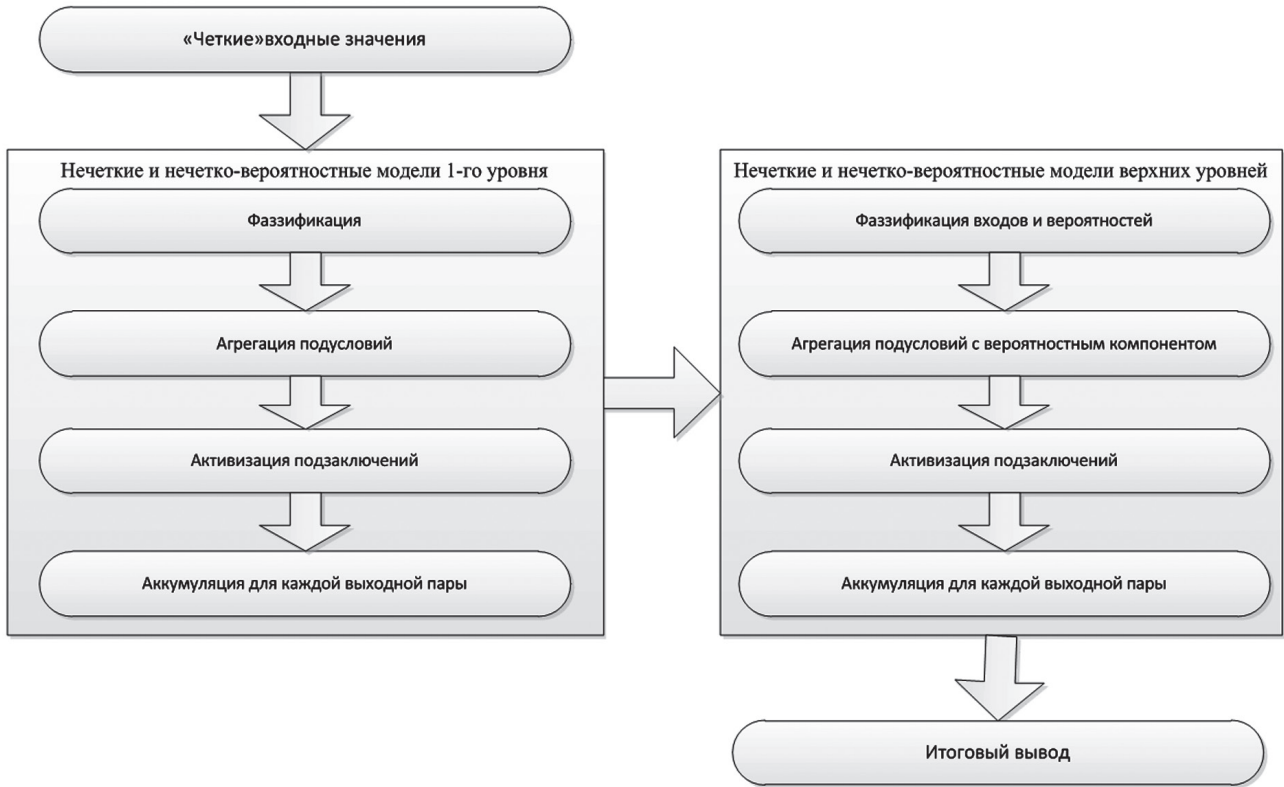


Рис. 3. Обобщенная схема предложенной модификации метода нечетко-вероятностного логического вывода

4. Реализация для прикладной предметной области

В качестве предметной области использован процесс контроля качества в разработке программного обеспечения. В данном сложном процессе с множеством слабоформализуемых параметров сочетается как нечеткая информация, к примеру, лингвистические переменные «продуктивность программиста», «сложность программного модуля» и «уровень покрытия тестами», так и вероятностная, в том числе и накопленные статистические данные по предыдущим проектам. Существует несколько примеров использования нечетких систем в программной инженерии в целом [15], так и, в частности, в обеспечении качества ПО, но к их

недостаткам можно отнести работу лишь с наиболее формализованными процессами и метриками, а также отсутствие вероятностного компонента.

На рис. 4 представлена упрощенная общая структура иерархической модели оценки качества процесса разработки программного обеспечения, которая учитывает самые различные факторы, относящиеся как к процессу, так и к самому продукту.

5. Пример нечетко-вероятностных правил

Пример нечетко-вероятностного правила из локальной модели автоматизированного тестирования (первый уровень):

If x is A then $y = f_1(x)$ with 0.9 and $y = f_2(x)$ with 0.1,

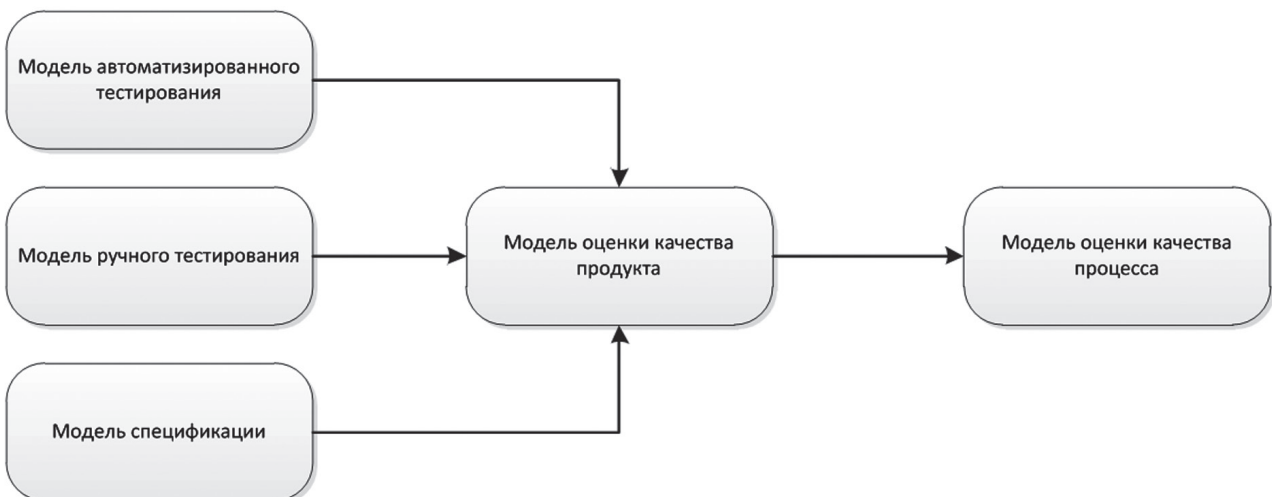


Рис. 4. Модель оценки качества процесса

где x – количество тестов для модуля; y – количество непокрытых тестами ситуаций; $f_1(x)$ – линейная зависимость; $f_2(x)$ – экспоненциальная зависимость.

В примере такого же правила без использования вероятностного элемента определяется одно значение консеквента для каждого правила:

$$\text{If } x \text{ is } A \text{ then } y = f_1(x),$$

где x – количество тестов для модуля; y – количество непокрытых тестами ситуаций; $f_1(x)$ – линейная зависимость.

Нечетко-вероятностное правило позволяет представить в базе знаний менее вероятный уровень зависимости, а предложенная модификация модели и метода – корректно обработать это значение в вышестоящих уровнях иерархии.

6. Описание реализации

В качестве базовой среды для программной реализации была использована платформа Microsoft .NET Framework и язык программирования C#. Данная платформа позволила сконцентрироваться на решаемой исследовательской задаче, беря на себя работу по автоматическому управлению памятью и предоставляя мощные и удобные механизмы для работы с данными и построения пользовательского интерфейса [16].

В качестве базовой библиотеки нечеткого логического вывода была использована AForge.NET [16], которая нацелена на задачи искусственного интеллекта и компьютерного зрения, и к преимуществам которой следует отнести покрытие основных направлений ИИ, открытую лицензию (Lesser GPL license) и исходный код, наличие полной документации и множества примеров ее использования.

Описанный в работе [16] класс FuzzyProbabilisticInferenceSystem был модифицирован

добавлением программного кода, ответственного за работу с нечеткими множествами оценок вероятности в антецедентах правил. Также классы FuzzyProbabilisticInferenceSystem и HierachicalInferenceSystem были расширены возможностью передачи множественных значений между выходами систем одного уровня и входами систем следующего уровня. На рис. 5 изображена иерархия наследования классов систем логического вывода.

Для проверки корректности программного кода в решение был добавлен проект тестов, содержащий тестовые оснастки для автоматического модульного тестирования классов правил и систем логического вывода. Помимо этого были реализованы несколько интеграционных тестов, проверяющих взаимодействие различных компонентов и использующих автоматически-сгенерированный набор данных.

Финальной стадией стала разработка приложения пользовательского интерфейса для проведения экспериментов с моделью и визуализации результатов, использующего. Приложение реализовано в проекте HFPS.Application с использованием современной технологии WPF.

Выводы

В данной работе рассмотрена актуальная проблема построения эффективного метода логического вывода в знаниеориентированных иерархических нечетко-вероятностных моделях сложных систем. В ходе исследования были определены ограничения существующих подходов к объединению нечеткой и вероятностной составляющих моделей прикладных систем.

В статье усовершенствован вариант метода нечетко-вероятностного логического вывода в иерархических моделях за счет использования вероятностного элемента в консеквентах моделей всех

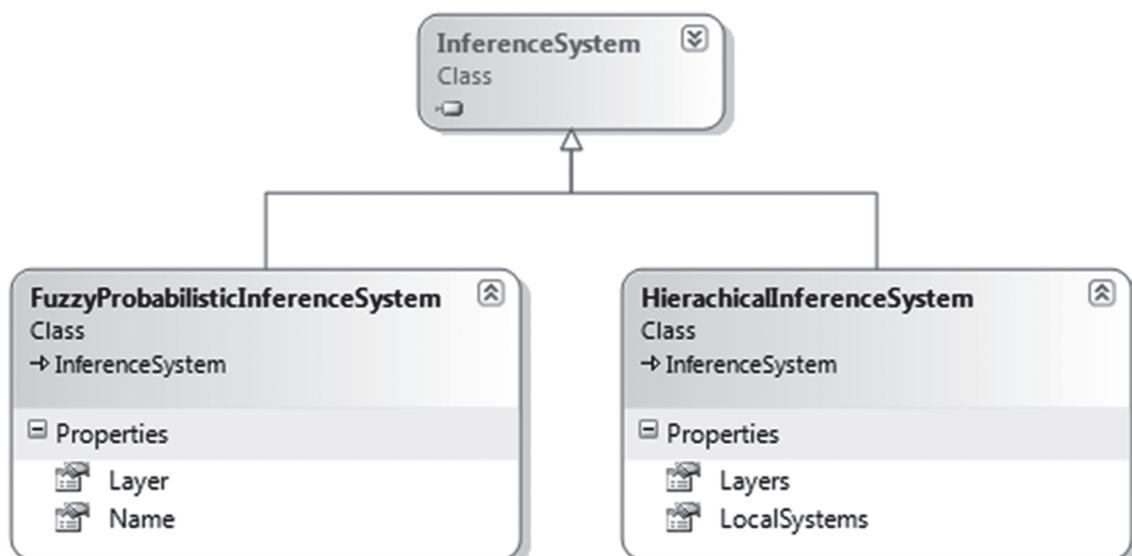


Рис. 5. Диаграмма классов систем логического вывода

уровней и антецедентах моделей верхних уровней, что, в отличие от существующих, позволяет учитывать различные градации оценок вероятностей для достижения максимальной согласованности знаниеориентированной модели и представленной ею предметной области.

Предложенный метод реализован на иерархической нечетко-вероятностной модели для прикладной предметной области оценки рисков процесса разработки сложного программного обеспечения. Также была сформирована компактная, но в то же время адекватная предметной области база нечетко-вероятностных правил. Сравнение предложенных модели и метода с классическими нечетко-логическими и вероятностными подходами к моделированию показало преимущества предложенного метода.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются:

- разработка методов автоматизированного построения иерархических нечетко-вероятностных моделей на основе накопленных данных;

- исследование возможности добавления алгоритмов обучения в предложенную модель и модификации метода логического вывода с учетом обучающего аспекта;

- разработка эффективной структуры для хранения нечетко-вероятностной базы данных и правил.

Список литературы: 1. *Yager R.* Using Dempster-Shafer structures to provide probabilistic outputs in fuzzy systems modeling / R. Yager, D. Filev // *Combining Experimentation and Theory*, STUDEFUZZ 271. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2012. – P. 301–327. 2. *Babuška R.* Fuzzy Modeling and Identification/ R. Babuška // Ph.D. Thesis. – Delft Univ. Technol., Delft, The Netherlands. – 1996. – P.16–20. 3. *Lee M.* Modeling of hierarchical fuzzy systems / M.-L. Lee, H.-Y. Chung, F.-M. Yu // *Fuzzy Sets and Systems*– Elsevier, 2003. – №138. – P. 343–361. 4. *Tsekouras G.* A hierarchical fuzzy-clustering approach to fuzzy modeling / G. Tsekouras, H. Sarimveis, E. Kavakli, G.Bafa // *Fuzzy Sets and Systems*. – Elsevier. – 2005. – №107. – P. 245–266. 5. *Meghdadi A.H.*: Probabilistic fuzzy logic and probabilistic fuzzy systems. / A.H. Meghdadi, M.-R. Akbarzadeh-T// *The 10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems: Shenyang Aerospace University Shenyang, China.* – vol. 3. – P. 1127–1130. 6. *Liu J.* Engineering System Safety Analysis and Synthesis Using the Fuzzy Rule-based Evidential Reasoning Approach / J. Liu, J.B. Yang, J. Wang and H.Sing Sii // *Quality and Reliability Engineering International* – John Wiley & Sons, Ltd. – 2005. – №21. – P. 387–411. 7. *Coletti G.* Hybrid Models: Probabilistic and Fuzzy Information / G. Coletti, B. Vantaggi // *Synergies of Soft Computing and Statistics*, AISC 190 – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. – 2013. – P. 389–397. 8. *Walaszek-Babiszewska A.* Linguistic Knowledge Representation for Stochastic Systems / Anna Walaszek-Babiszewska // *Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and*

Information Technology: Wisla, Poland, October 15-17, 2007. – Wisla, 2007. – P. 141 – 150. 9. *Agarwal M.* Handling fuzzy models in probabilistic domain / M. Agarwal, K. Biswas, M. Hanmandlu // *Computational Intelligence*, Springer – 2013. – P.137-151. 10. *Takagi T.* Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, IEEE. – 1985. – №15. – P. 116–132. 11. *Berg J.* Financial markets analysis by using a probabilistic fuzzy modeling approach / J. van den Berg, U. Kaymak, W.-M. van den Bergh // *International Journal of Approximate Reasoning.* – Elsevier. – 2004. – №35. – P. 291-305. 12. *Rudnik K.* Probabilistic-fuzzy knowledge-based system for managerial applications / K. Rudnik, A. Walaszek-Babiszewska // *Management and Production Engineering Review.* – 2012. – Vol. 3. – №1. – P. 49–61. 13. *Власенко А.Н.* Иерархическая нечетко-вероятностная модель в задачах управления рисками / Власенко А.Н., Кучеренко Е.И // *Системи обробки інформації: зб.наук.пр.* – Х.:ХУПС. – 2013. – вип. 1 (108). – С.145-150. 14. *Власенко А.Н.* Иерархические системы нечеткого вывода Такаги-Сугено в задачах управления рисками / А.Н. Власенко // *матер. XVI междунар. молод. форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», Харьков, 17-19 апреля 2012 г.,* – Х.: ХНУРЭ, 2012. – С.69-70. 15. *Sheta A.* Software Effort Estimation and Stock Market Prediction Using Takagi-Sugeno Fuzzy Models / A. Sheta // *IEEE International Conference on Fuzzy Systems: Vancouver, Canada, July 16-21 2006.* – Vancouver, 2006. – P. 171-178. 16. *Власенко А.Н.* Реализация иерархической нечетко-вероятностной модели логического вывода на базе библиотеки AForge.NET. / А.Н. Власенко // *матер. XVII междунар. молод. форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», Харьков, 22-24 апреля 2012 г.,* – Х.: ХНУРЭ, 2013. – С.41-42.

Поступила в редколлегию 16.04.2013

УДК 004.8

Метод логічного виведення в ієрархічних нечітко-імовірнісних моделях складних систем / О.М. Власенко, Є.І. Кучеренко // *Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал.* – 2013. – № 2 (81). – С. 47-52.

У роботі запропоновано удосконалений метод логічного виведення в ієрархічних нечітко-імовірнісних моделях складних систем. Запропонований варіант методу використовує імовірнісний елемент у консеквентах моделей усіх рівнів та антецедентах моделей верхніх рівнів, що дозволяє враховувати різні градації оцінок ймовірностей. Можливості методу проаналізовані на прикладній предметній галузі.

Лл. 05. Бібліогр.: 16 найм.

UDC 004.8

Inference method in hierarchical fuzzy-probabilistic models of complex systems / A. Vlasenko, Y. Kucherenko // *Bionics of Intelligence: Sci. Mag.* – 2013. – № 2 (81). – P. 47-52.

In this paper proposed improved inference method in hierarchical fuzzy-probabilistic models. Method uses probabilistic knowledge in consequents of models of all layers and antecedents of higher levels models. This allows consider different probability gradations. Method is implemented for applied domain.

Fig. 05. Ref.: 16 items.

УДК 004.67

Е.В. Мантула¹, С.В. Машталир²¹ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, elenamantula@gmail.com²ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, mashtalir_s@kture.kharkov.ua

АДАПТИВНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПРИ НЕРАВНООТСТОЯЩИХ НАБЛЮДЕНИЯХ

В данной работе предлагается подход для решения задачи прогнозирования коротких временных рядов при неравноотстоящих наблюдениях при помощи адаптивной модели, основанной на системе полиномов Чебышева, а также алгоритма идентификации на скользящем окне. С помощью данного подхода возможно обрабатывать существенно нестационарные процессы, которые содержат как нерегулярные тренды, так и внезапные скачки, при этом не корректируя структуру полиномов в процессе настройки параметров модели. Развиваемый подход является простым с точки зрения численной реализации и позволяет существенно сократить время на обработку данных и выполнение операции прогнозирования.

ПРОГНОЗИРУЕМАЯ МОДЕЛЬ, ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ С НЕРАВНООТСТОЯЩИМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ, ОРТОГОНАЛЬНЫЕ ПОЛИНОМЫ ЧЕБЫШЕВА, АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ НА СКОЛЬЗЯЩЕМ ОКНЕ.

Введение

Задача прогнозирования временных рядов самой разнообразной природы достаточно часто встречается в различных приложениях, в частности, промышленных, технических, финансово-экономических, медико-биологических, экологических и других с целью предсказания поведения исследуемой системы в будущие моменты времени.

На сегодня существует достаточно много эффективных математических методов решения этой задачи. К ним можно отнести как классические статистические методы (регрессионные, корреляционные, спектральные, метод Бокса-Дженкинса), которые применяются для анализа стационарных процессов, но ограничены для анализа и моделирования непредсказуемых скачков, поэтому их целесообразно использовать для краткосрочных прогнозов, так и адаптивные методы, которые основаны на экспоненциальном сглаживании, и интеллектуальные [1-12]. При этом инструментом прогнозирования в итоге является математическая модель от простейшей регрессионной до сложной нейросетевой.

Исходной информацией для построения математической прогнозирующей модели является временной ряд, описывающий изучаемый показатель. При этом задача синтеза модели может существенно усложниться нестационарностью, резкими изменениями показателей, высоким уровнем стохастичности или хаотичности, нелинейностью и тому подобными факторами.

Следует также отметить, что для успешного использования всех упомянутых методов, исходная выборка наблюдений, временной ряд, должна быть достаточно репрезентативной, при этом чем больше параметров содержит прогнозирующая модель, тем больше по объему должна быть исходная информация. Вместе с тем в реальных задачах достаточно часто возникает ситуация, когда эта

выборка либо мала по объему, либо прогнозируемый процесс нестационарен – содержит как нерегулярные тренды, так и внезапные скачки, поэтому его предыстория не может быть использована для нахождения параметров модели. Понятно, что многие известные методы синтеза моделей в этом случае неэффективны, а сама построенная модель должна содержать небольшое число оцениваемых параметров.

Еще более сложная ситуация возникает, когда наблюдения распределены неравномерно на временной шкале, т.е. квантование контролируемого процесса происходит с переменным шагом. В этом случае спектр возможных подходов еще более суживается.

Особый интерес в данном контексте представляет собой использование прогнозирования при неравноотстоящих наблюдениях для задачи анализа видеоданных, учитывая, что данный тип информации может быть представлен в виде двумерного временного ряда. При этом, если решается задача выделения содержимого из данных, то естественным путем является сегментация видео.

В общем случае разбиение будет проводиться на неравномерные части, что вполне логично, учитывая принципы формирования видео. После получения разбиения для дальнейшего использования в различных задачах анализа информации в каждом из сегментов есть необходимость выделить некоторый кадр, так называемый ключевой кадр, который однозначно интерпретирует данный сегмент. Таким образом, исходные видеоданные для построения модели прогноза/анализа используют фактически набор ключевых кадров, неравномерно отстоящих на временной оси.

В связи с этим в настоящей работе предлагается подход к синтезу адаптивных прогнозирующих моделей, который производится в условиях ограниченной обучающей выборки, при этом данные

на обработку могут подаваться через произвольные, заранее неизвестные интервалы времени.

1. Прогнозирующая модель на основе ортогональных полиномов

Для решения рассматриваемой задачи с успехом могут быть использованы ортогональные полиномы Чебышева [13-16], обладающие рядом полезных свойств.

Математическая модель на основе этих полиномов может быть построена на основе малой выборки и содержит небольшое число оцениваемых параметров. При добавлении нового члена в модель нет необходимости пересчитывать уже существующие параметры, которые, в свою очередь, могут рассчитываться на основе обычного метода наименьших квадратов, а погрешность аппроксимации распределяется равномерно по интервалу наблюдений. Кроме того, многие известные полиномы, например, Лагерра, Эрмита и др. являются частным случаем полиномов Чебышева.

В общем случае формула аппроксимации полиномами Чебышева может быть записана в виде [13, 14]:

$$Q_m(x) = \sum_{l=0}^m c_l f_l(x), \quad (1)$$

$$c_l = \frac{\sum_{k=0}^N y(k) f_l(x(k))}{\sum_{k=0}^N f_l^2(x(k))},$$

где $y(0), y(1), \dots, y(N)$ — аппроксимируемая функция, заданная на произвольных узлах $x(0), x(1), \dots, x(N)$,

$$f_0(x) = x - b_1, f_{l+1}(x) = (x - b_{l+1})f_l(x) - a_{l+1}f_{l-1}(x),$$

$$l = 0, 1, \dots, N$$

$$a_{l+1} = \frac{\sum_{k=0}^N x^l(k) f_l(x(k))}{\sum_{k=0}^N x^{l-1}(k) f_{l-1}(x(k))},$$

$$b_{l+1} = \frac{\sum_{k=0}^N x^{l+1}(k) f_l(x(k))}{\sum_{k=0}^N x^l(k) f_l(x(k))} - \frac{\sum_{k=0}^N x^l(k) f_{l-1}(x(k))}{\sum_{k=0}^N x^{l-1}(k) f_{l-1}(x(k))}.$$

При этом наилучший порядок полинома m , который обеспечивает требуемую точность $\sigma_m < \varepsilon$, можно определить по формулам [16]

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sigma_m^2}{N - m - 1}},$$

$$\sigma_m^2 = \sigma_{m-1}^2 - c_m^2 \sum_{k=0}^N x^m(k) f_m(x(k)),$$

$$\sigma_0^2 = \sum_{k=0}^N y^2(k) - \frac{1}{N} \left(\sum_{k=0}^N y(k) \right)^2.$$

Аргумент $x(k)$ для решения задачи прогнозирования можно перевести во временную шкалу, при этом непрерывное время, в котором происходит контролируемый процесс, преобразуется в дискретное в форме

$$k = \frac{x(k) - x(0)}{\Delta},$$

где Δ — минимальный такт квантования.

При этом можно перейти от представления полинома в форме (1) к выражению

$$Q_m(k) = c_0 \phi_{0N}(k) + c_1 \phi_{1N}(k) + \dots + c_m \phi_{mN}(k), \quad (2)$$

где коэффициенты разложения могут быть найдены путем минимизации критерия

$$I^1(k) = \sum_{k=0}^N (y(k) - Q_m(k))^2,$$

что ведет к простым соотношениям [16]

$$C_L = \frac{\sum_{k=0}^n y(k) \phi_{lN}(k)}{\sum_{k=0}^n \phi_{lN}^2(k)},$$

$$C_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N y(k).$$

Сами же ортогональные функции $\phi_{lN}(k)$ известны заранее [14, 15] и имеют следующий вид:

$$\phi_{0N}(k) = 1,$$

$$\phi_{1N}(k) = 1 - 2 \frac{k}{N},$$

$$\phi_{2N}(k) = 1 - 6 \frac{k}{N} + 6 \frac{k(k-1)}{N(N-1)},$$

$$\phi_{3N}(k) = 1 - 12 \frac{k}{N} + 30 \frac{k(k-1)}{N(N-1)} - 20 \frac{k(k-1)(k-2)}{N(N-1)(N-2)}$$

и т.д.

Здесь важно отметить, что в описание всех ортогональных полиномов входит объем выборки N , поэтому приведенные выше выражения должны быть соответствующим образом модифицированы, для того чтобы организовать процессы адаптивной обработки и прогнозирования.

2. Адаптивное прогнозирование на основе ортогональных полиномов

В задачах, когда данные поступают на обработку последовательно, целесообразно организовать процесс адаптивной настройки параметров прогнозирующей модели, а поскольку параметры, подлежащие оцениванию, входят в описание (2) линейно, то в этом случае можно воспользоваться методами классической теории идентификации [17].

Вводя в рассмотрение критерий идентификации

$$I^1(k) = \sum_{k=0}^N \alpha(k)(y(k) - \sum_{l=0}^m c_l \varphi_{lN}(k))^2$$

(здесь $\alpha(k)$ — система весов, которая определяет процесс забывания устаревшей информации) и минимизируя его по параметрам c_l , приходим к стандартной оценке взвешенных наименьших квадратов:

$$c_l(N) = \frac{\sum_{k=0}^N \alpha(k)y(k)\varphi_{lN}(k)}{\sum_{k=0}^N \alpha(k)y_{lN}^2(k)}. \quad (3)$$

Вводя далее векторы

$$c = (c_0, c_1, \dots, c_m)^T, \quad \varphi(k) = (\varphi_{0N}(k), \varphi_{1N}(k), \dots, \varphi_{mN}(k))^T,$$

оценку (3) можно переписать в векторно-матричной форме

$$c(N) = \left(\sum_{k=0}^N \alpha(k)\varphi(k)\varphi^T(k) \right)^{-1} \sum_{k=0}^N \alpha(k)\varphi(k)y(k) \quad (4)$$

или

$$\begin{cases} c(N) = c(N-1) + \\ \quad + \frac{\alpha(N)P(N-1)(y(N) - c^T(N-1)\varphi(N))\varphi(N)}{1 + \alpha(N)\varphi^T(N)P(N-1)\varphi(N)}, \\ P(N) = P(N-1) + \\ \quad + \frac{\alpha(N)P(N-1)\varphi(N)\varphi^T(N)P(N-1)}{1 + \alpha(N)\varphi^T(N)P(N-1)\varphi(N)}, \end{cases} \quad (5)$$

при этом в качестве компонентов $\varphi_{lN}(k)$ удобно воспользоваться системой ортонормированных полиномов Чебышева вида [16]:

$$\begin{cases} \varphi_{0N}(k) = \frac{1}{\sqrt{N}}, \\ \varphi_{1N}(k) = \sqrt{\frac{3}{N(N^2-1)}}(2k-N-1), \\ \varphi_{lN}(k) = (A_l k + B_l)\varphi_{l-1,N}(k) - H_l \varphi_{l-2,N}(k), l=2,3,\dots,m, \\ A_l = \frac{2}{l} \sqrt{\frac{D_l(D_l-2)}{G_l}}, \\ B_l = -\frac{N+1}{l} \sqrt{\frac{D_l(D_l-2)}{G_l}} = -\frac{N+1}{l} A_l, \\ H_l = \frac{l-1}{l} \sqrt{\frac{D_l(D_l+G_l-2)}{(D_l-4)G_l}}, \\ D_l = 2l+1, \\ G_l = N^2 - l^2. \end{cases} \quad (6)$$

Здесь следует заметить, что при совместном использовании рекуррентного метода наименьших квадратов (5) и соотношений (6), на каждом такте необходимо пересчитывать не только параметры модели $c(k)$, но и параметры полиномов A_l, B_l, H_l, D_l, G_l , которые определяются объемом

обучающей выборки. Понятно, что в адаптивном режиме обработки это усложняет численную реализацию алгоритма.

Избежать это неудобство можно, применяя в этом случае в качестве весовой функции $\alpha(k)$ в (4) “скользящее окно” размера s

$$\alpha(k) = \begin{cases} 1 & \text{при } N-s+1 \leq k \leq N \\ 0 & \text{иначе,} \end{cases}$$

что ведет к оценке

$$c(N) = \sum_{\chi=N-s+1}^N \phi(\chi)\phi^T(\chi)^{-1} \sum_{\chi=N-s+1}^N \phi(\chi)y(\chi).$$

Тогда вместо рекуррентного взвешенного метода наименьших квадратов (5), приходим к адаптивной процедуре вида:

$$\begin{cases} P(N) = P_s(N-1) - \frac{P_s(N-1)\phi(N)\phi^T(N)P_s(N-1)}{1 + \phi^T(N)P_s(N-1)\phi(N)}, \\ P_s(N) = P(N) + \frac{P(N)\phi(N-s)\phi^T(N-s)P(N)}{1 - \phi^T(N-s)P(N)\phi(N-s)}, \\ P_s(N) = P_s(N-1) + \phi(N)y(N) - \phi(N-s)y(N-s), \\ c(N) = P_s(N)P_s(N). \end{cases} \quad (7)$$

При этом соотношения (6) могут быть переписаны в форме:

$$\begin{cases} \phi_{0s}(k) = \frac{1}{\sqrt{s}}, \\ \phi_{1s}(k) = \sqrt{\frac{3}{s(s^2-1)}}(2k-s-1), \\ \phi_{ls}(k) = (A_l k + B_l)\phi_{l-1,s}(k) - H_l \phi_{l-2,s}(k), l=2,3,\dots,m, \\ A_l = \frac{2}{l} \sqrt{\frac{D_l(D_l-2)}{G_l}}, \\ B_l = -\frac{1+S}{l} \sqrt{\frac{D_l(D_l-2)}{G_l}} = -\frac{1+s}{l} A_l, \\ H_l = \frac{l-1}{l} \sqrt{\frac{D_l(D_l+G_l-2)}{(D_l-4)G_l}}, \\ D_l = 2l+1, \\ G_l = s^2 - l^2, s > m. \end{cases} \quad (8)$$

Как видно, система ортонормальных полиномов может быть рассчитана заранее и не корректироваться в процессе настройки адаптивной модели.

Выводы

Задачу прогнозирования коротких временных рядов с неравноотстоящими наблюдениями предлагается решать с помощью адаптивной модели, которая основана на системе полиномов Чебышева, а также алгоритма идентификации на скользящем окне. Использование данной модели позволяет не корректировать структуру полиномов в процессе настройки параметров модели.

Отличительной особенностью предлагаемой процедуры прогнозирования является то, что она проста с точки зрения численной реализации, позволяет значительно сократить время на выполнение операции, а также дает возможность обрабатывать существенно нестационарные процессы, содержащие как нерегулярные тренды, так и внезапные скачки.

Список литературы: 1. Бокс Дж. Анализ временных рядов / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. — М.: Мир, 1924. — 406 с. 2. Чуев Ю.В. Прогнозирование количественных характеристик процессов / Ю.В. Чуев, Ю.Б. Михайлов, И.В. Кузьмин. — М.: Сов. радио, 1975. — 400 с. 3. Lewis D.C. Industrial and Business Forecasting Methods / D.C. Lewis — London. Butterworths Scientific, 1982. — 145 p. 4. Ивахненко А.Г. Самоорганизация прогнозирующих моделей / А.Г. Ивахненко, Й.А. Мюллер. — Киев: Техніка, 1985. — 223 с. 5. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов / Ю.П. Лукашин — М.: Финансы и статистика, 2003. — 414 с. 6. Бідюк П.І. Методи прогнозування / П.І. Бідюк, О.С. Меняйленко, О.В. Половцев. — Т. 1. — Луганськ: Альма-матер, 2008. — 301 с. 7. Бідюк П.І. Методи прогнозування / П.І. Бідюк, О.С. Меняйленко, О.В. Половцев. — Т. 2. — Луганськ: Альма-матер, 2008. — 305 с. 8. Masters T. Neural, Novel & Hybrid Algorithms for Time Series Prediction / T. Masters — N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1995. — 514 p. 9. Pham D.T. Neural Networks for Identification, Prediction and Control / D.T. Pham, X.. Liu — London: Springer — Verlag, 1995. — 238 p. 10. Zirilli J.S. Financial Prediction Using Neural Networks. / J.S. Zirilli — London: Int. Thomson Computer Press, 1997. — 136 p. 11. Kingdom S. Intelligent Systems and Financial Forecasting / S. Kingdom — Berlin: Springer — Verlag, 1997. — 227 p. 12. Mandic D.P. Recurrent Neural Networks for Prediction / D.P. Mandic, J.A. Chambers — Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2001. — 285 p. 13. Чебышев П.Л. Об интерполировании. Избранные труды / П.Л. Чебышев. — М.: Физматгиз, 1965. — 661 с. 14. Ахиезер Н.И. Лекции по теории аппроксимации / Н.И. Ахиезер. — М.: Наука. — 408 с. 15. Карлин С. Чебышевские системы и их применение

в анализе и статистике / С. Карлин, В. Стадден. — М.: Наука. — 568 с. 16. Семесенко М.П. Методы обработки и анализа измерений в научных исследованиях / М.П. Семесенко. — К.: Выща школа, 1983. — 240 с. 17. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для использования / Л. Льюнг. — М.: Наука, 1991. — 432 с.

Поступила в редколлегию 29.05.2013

УДК 004.67

Адаптивне прогнозування часових рядів при нерівновіддалених спостереженнях / О.В. Мантула // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2013. — № 2 (81). — С. 53-56.

В даній роботі запропоновано підхід до вирішення задачі прогнозування коротких часових рядів з нерівновіддаленими спостереженнями за допомогою адаптивної моделі, заснованої на системі поліномів Чебишева, а також алгоритму ідентифікації на ковзному вікні. Завдяки цьому можливо обробляти суттєво нестационарні процеси, що мають як нерегулярні тренди, так і раптові стрибки, не корегуючи при цьому в процесі налаштування параметрів моделі структуру поліномів.

Запропонований підхід є простим з точки зору чисельної реалізації, дозволяє суттєво зменшити час на обробку даних і виконання операції.

Бібліогр.: 17 найм.

UDK 004.67

An adaptive forecasting of time series with irregular observations / O.V. Mantula // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 53-56.

An approach to solving problems of time series forecasting with irregular observations using adaptive model which bases on a system of Chebyshev polynomials and the identification algorithm on a sliding window. This approach allows to analyze significantly non-stationary processes, which contain irregular trends and sudden changes. The structure of the polynomials in the configuration process of the model parameters can not be corrected.

The proposed method is simple in terms of computational implementation and also can significantly reduce the processing time and operation of prediction

Ref.: 17 items.

УДК 004.021:519.878

И. В. Гребенник¹, Л. Н. Ребезюк², Е. Л. Ребезюк³¹ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, grebennik@kture.kharkov.ua² ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, rebezyuk@kture.kharkov.ua³ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, stdep@kture.kharkov.ua

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ОДНОМЕРНОГО ПОИСКА В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Предлагается подход к математическому описанию задачи поиска экстремума унимодальной функции в условиях действия случайных возмущений на основе рассмотренного в работе понятийного аппарата и анализа общей схемы одномерного поиска в условиях действия случайных возмущений.

ОДНОМЕРНЫЙ ПОИСК, СЛУЧАЙНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ИНТЕРВАЛ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, ТОЧКИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, РЕШАЮЩАЯ ФУНКЦИЯ, СТРАТЕГИЯ ПОИСКА

Введение

При решении задач оптимизации, а также при создании помехоустойчивых преобразователей формы информации компенсационного типа, являющихся неотъемлемой частью любой системы автоматизированного или автоматического управления, возникает необходимость решения задачи поиска в условиях действия случайных возмущений. При этом процесс поиска осуществляется детерминированными методами поиска точки экстремума унимодальной функции.

Однако, как это следует из работ [1–4], классические методы одномерного поиска: дихотомии, золотого сечения [1, 2], алгоритм Кифера [3, 4] не являются помехоустойчивыми, и к настоящему времени не создано метода поиска в условиях действия случайных возмущений, накладываемых на процесс поиска.

Кроме этого, функционирование в условиях действия случайных возмущений (помех) любой системы автоматизированного или автоматического управления сопровождается сбоями, которые не всегда могут быть обнаружены методами информационной и структурной избыточности. В этой связи возникает необходимость в особой организации проектирования таких систем, которая смогла бы выявлять не обнаруженные традиционными методами сбои и отказы системы. Такая организация проектирования систем предполагает использование специальных методов поиска, подавляющих действие случайных возмущений (помех) определенного вида и корректирующих случайное блуждание точки экстремума унимодальной функции, и вводить наряду с различными видами избыточности программную (процедурную) избыточность.

Таким образом, возникает задача разработки специальных методов поиска точки экстремума унимодальной функции в условиях действия случайных возмущений, накладываемых на процесс поиска, и, прежде всего, разработка математической модели одномерного поиска в условиях действия случайных возмущений.

1. Основные понятия и определения задачи одномерного поиска в условиях действия случайных возмущений

Особенностью методов поиска экстремума унимодальной функции путем сокращения интервала неопределенности является то, что в некоторых точках, к примеру, x_1 и x_2 , исходного интервала непосредственности (a, b) определяют экспериментально или аналитически значение функции $f(x)$ (совершают в точках x_1 и x_2 эксперименты). Пусть таковыми являются значения $y_1 = f(x_1)$ и $y_2 = f(x_2)$, а функция $f(x)$ является выпуклой. Тогда на основании сопоставления y_1 и y_2 можно сделать заключение о новом интервале неопределенности относительно точки x^* , в котором функция принимает наибольшее значение.

Действительно, пусть имеет место соотношение $y_1 > y_2$. Тогда в силу унимодальности функции правее точки x_2 точка x^* не может располагаться [3]. На этом основании новым полуоткрытым интервалом относительно x^* будет $(a, x_2]$. Если же справедливо неравенство $y_1 < y_2$, то в силу унимодальности функции левее точки x_1 точка x^* не может располагаться. Поэтому будет справедливо такое выражение $x^* \in [x_1, b)$. Если же $y_1 = y_2$, то на основании унимодальности функции $f(x)$ утверждают, что $x^* \in [x_1, x_2]$. В этом случае в выделенном интервале выбирают другие точки x_3 и x_4 и определяют экспериментальным или аналитическим способом значения $y_3 = f(x_3)$, $y_4 = f(x_4)$ и продолжают описанным выше способом процесс уменьшения интервала неопределенности относительно x^* .

Из краткого описания общей схемы поиска x^* путем сокращения интервала неопределенности следует, что каждое из направлений поиска характеризуется длиной поиска, количеством возможных экспериментов, способом размещения точек экспериментов в исходном интервале и правилами обработки полученных результатов (в рассмотренном случае попарно сравнивались значения функции $f(x)$).

На основании обработки результатов эксперимента (найденных значением $f(x)$) формируют новый интервал. В теории поиска функция, на основании которой создают новый интервал неопределенности, называется решающей функцией [3, 5], а функция, на основании которой формируют значения координат точки экспериментов во вновь выделенном интервале, — стратегией поиска. Итак, для того чтобы построить какой-то метод поиска x^* , необходимо знать длину поиска, количество возможных экспериментов, определить стратегию поиска и решающую функцию. Для одних и тех же параметров поиска (длины поиска и количества возможных экспериментов) существует множество вариантов поиска. Выделение из множества вариантов поиска “оптимального” осуществляется на основании критерия оценки эффективности поиска. Оптимальным поиском x^* для минимаксного критерия оптимальности является метод Кифера, точки экспериментов которого выбирают на основании чисел Фибоначчи [5, 6]. Однако, как это отмечается в работе [3], этот метод не является помехоустойчивым и “...в настоящее время не создано оснований более широкой теории, которая охватывала бы этот результат (алгоритм Кифера) совместно с результатами, относящимися к стохастической аппроксимации”.

В процессе поиска точки x^* могут действовать случайные возмущения (помехи), искажающие реальное значение $f(x)$, т.е. будет иметь место случайное блуждание точки x^* в процессе поиска в исходном интервале, которое, в свою очередь, приводит к дополнительным ошибкам в определении нового интервала неопределенности. Все это приведет к значительному усложнению как стратегии поиска, так и решающей функции.

Для того чтобы в рамках теории поиска описать задачу разработки методов поиска x^* в условиях действия случайных возмущений путем уменьшения интервала неопределенности и случайного блуждания x^* введем ряд понятий и определений. Под экспериментом будем понимать определение истинности предиката [3, 5]:

$$P\left\{f_j(x_\rho^j) = \max_{\rho=1,k}\{f_j(x_\rho^j)\}\right\}, \quad (1)$$

где $f_j(x_\rho^j)$ — значение функции $f(x)$ в точке x_ρ^j , сформированное или вычисленное в условиях действия случайного возмущения на j -м шаге поиска; x^* — искомая точка, т.е. точка, в которой функция $f(x)$ принимает максимальное значение, $x^* \in [0, 1]$; x_ρ^j — точка эксперимента, выбранная на j -м шаге поиска, $\rho = \overline{1, k}$ (на j -м шаге одновременно выбирают k таких точек); j — номер шага поиска, $j = \overline{1, i}$; i — длина поиска [5;6] (количество шагов поиска).

Будем в дальнейшем предполагать, что если в точке x_ρ^j экспериментально или аналитически найдено значение функции $f_j(x_\rho^j)$, то оно может использоваться на последующих шагах (в этом случае значение $f_j(x_\rho^j)$ запоминается); если в

точке x_ρ^j сформировано (например, некоторым устройством) значение функции $f_j(x_\rho^j)$, то его невозможно использовать на последующих шагах (в этом случае значение $f_j(x)$) не запоминается и, как следует из соотношения (1), таких значение функции должно быть не менее двух).

Пусть за ℓ шагов поиска требуется сформировать или определить значение функции $f(x)$ в точках $X = \{x_1, \dots, x_q, \dots, x_m\}$, для которых справедливы соотношения: $x_q \in [0, 1]$ $q = \overline{1, m}$; $x_\rho^j \in X$. Тогда методом поиска назовем правило, по которому выбирается та или иная последовательность точек экспериментов из множества X .

Положим также, что одновременно выбирается k точек экспериментов. При этом, если $k = m$, то метод назовем параллельным (пассивным [3]); если $k = 1$ (значения $f(x)$ определяются и запоминаются) или $k = 2$ (значения $f(x)$ формируются и не запоминаются), то — последовательным; если имеет место соотношение $1 < k < m$ (значения $f(x)$ запоминаются) или выражение $2 < k < m$ (значения $f(x)$ формируются), то метод назовем параллельно-последовательным.

Условимся под шагом (ходом) поиска понимать следующую совокупность действий: формирование или определение k значений функций $f(x)$; выполнение эксперимента типа (1) и выделение нового интервала неопределенности (длительность шага обозначим символом Δt). Из введенного нами понятия эксперимента следует, что для его выполнения необходимо определить координаты k точек экспериментов, принадлежащих некоторому отрезку $[a, b] \subset [0, 1]$. Формирование этого отрезка осуществляется на основе результатов экспериментов или одного эксперимента решающей функцией. В общем случае решающая функция определяется результатами ранее выполненных экспериментов и результатом только последнего эксперимента. Координаты точек экспериментов формируются на j -м шаге другой функцией, которая, как нам уже известно, называется стратегией поиска. Точки экспериментов разбивают исходный интервал неопределенности на j -м шаге поиска на k пересекающихся полуоткрытых интервалов. Действительно, пусть на $(j-1)$ -м шаге поиска сформирован полуоткрытый интервал неопределенности $[\tilde{x}_{q+1}^{j-1}, \tilde{x}_{q+1}^{j-1})$, а при выполнении j -го шага поиска выбраны следующие точки экспериментов: $x_1^j, x_2^j, \dots, x_\rho^j, \dots, x_k^j$. Тогда возможны следующие исходы (см. соотношение (1)):

$$\max_{\rho=1,k}\{f_j(x_\rho^j)\} = f_j(x_1^j);$$

$$\max_{\rho=1,k}\{f_j(x_\rho^j)\} = f_j(x_2^j);$$

.....

$$\max_{\rho=1,k}\{f_j(x_\rho^j)\} = f_j(x_\rho^j);$$

.....

$$\max_{\rho=1,k}\{f_j(x_\rho^j)\} = f_j(x_k^j).$$

Для непомяхоустойчивых методов поиска, как это следует из особенностей их стратегий, соответственно выделяются такие полуоткрытые интервалы:

$$[\tilde{x}_{q-1}^{j-1}, x_2^j), [x_1^j, x_3^j), \dots, [x_{p-1}^j, x_{p+1}^j), \dots, [x_{k-1}^j, \tilde{x}_{q+1}^{j-1}).$$

Для помехоустойчивых методов, как это будет показано, выделяется столько же полуоткрытых интервалов неопределенности относительно x^* , их отличие состоит в особом формировании начальных и конечных точек.

Метод поиска x^* определяется параметрами i и k , изменением в процессе поиска координаты точки x^* и случайным возмущением $\xi(t)$, накладываемым на процесс поиска.

В процессе поиска возможны следующие характерные случаи:

а) в процессе поиска координаты x^* не изменяются (x^* не меняет своего местоположения на отрезке $[0, 1]$) и случайные возмущения отсутствуют;

б) в процессе поиска x^* не меняет своего местоположения и на процесс поиска накладываются случайные возмущения;

в) в процессе поиска x^* меняет свое местоположение и случайные возмущения отсутствуют;

г) в процессе поиска изменяется координата точки x^* и на процесс поиска накладываются случайные возмущения $\xi(t)$.

Методы, осуществляющие поиск для условий случая а), являются непомяхоустойчивыми; методы, синтезированные для условий случая б), являются помехоустойчивыми; методы, осуществляющие поиск в условиях случая в), являются корректирующими.

Эффективность методов поиска x^* будем оценивать длиной интервала неопределенности, полученного на последнем шаге поиска [5,7]. В общем случае длина интервала неопределенности определяется функцией $f(x)$ из заданного множества унимодальных функций F и методом поиска. Поэтому в качестве оценки эффективности Z_1 -го метода поиска возьмем величину (рассматривается наихудший случай):

$$L_{Z_1} = \max_{f \in F} \{ \ell_i(f, Z_1) \} + \varepsilon, \quad (2)$$

где ε – минимально возможное расстояние между двумя соседними точками экспериментов; $\ell_i(f, Z_1)$ – длина интервала неопределенности, полученного на последнем шаге Z_1 -го метода поиска.

Оптимальным методом назовем метод, оценка которого удовлетворяет соотношению:

$$\max_{f \in F} \{ \ell_i(f, Z_1^*) \} \leq \min_{Z_1 \in M_1} \max_{f \in F} \{ \ell_i(f, Z_1) \} + \varepsilon, \quad (3)$$

где M_1 – множество возможных методов поиска.

Обратную величину от L_{Z_1} обозначим $\varphi_{Z_1}(i, k)$, которая в работе [7] названа (i, k) -точностью метода поиска. В данной работе в основном используется такая оценка эффективности метода, которая показывает, на сколько равных частей длины L_{Z_1} разбивается первоначальный интервал неопределенности. Для такой оценки эффективности

метода поиска оптимальным методом с параметрами i и k назван метод, для которого справедливо соотношение

$$\varphi_{Z_1^*}(i, k) = \max_{Z_1 \in M_1} \varphi_{Z_1}(i, k).$$

Для того, чтобы подчеркнуть специфику методов, осуществляющих поиск в различных условиях, их оценки эффективности при заданных i и k будем обозначать посредством различных символов функций двух переменных:

$$\varphi(i, k), \varphi_Z(i, k), \dots, \psi_l^Y(i, k).$$

Стратегия поиска, синтезированная на основании критерия оптимальности (3), названа ε – минимаксной стратегией [5].

2. Общая схема одномерного поиска в условиях действия случайных возмущений

Процесс поиска, как уже отмечалось, состоит из последовательности шагов. Для первого шага интервала неопределенности относительно x^* служит отрезок $[0, 1]$, который k точками экспериментов разбивается на k полуоткрытых пересекающихся интервалов:

$$A_1 = \{ [0, x_2^1), [x_1^1, x_3^1), \dots, [x_{k-1}^1, 1] \}. \quad (4)$$

Признаком того, что $x^* \in [x_{p-1}^1, x_{p+1}^1)$, является истинность такого соотношения

$$P \left\{ f(x_p^1) = \max_{p=1, k} \{ f(x_p^1) \} \right\} = 1.$$

На втором шаге поиска полуоткрытый интервал $[x_{p-1}^1, x_{p+1}^1)$ разбивается в результате выбора новых точек экспериментов и выполнения эксперимента на k полуоткрытых интервалах и т.д.

В процессе поиска действуют случайные возмущения $\xi(t)$, поэтому в эксперименте на j -м шаге поиска сопоставляются между собой величины $f_j(x_p^j)$, где $p=1, k$, которые можно представить в таком виде (значения $f(x)$ запоминаются):

$$f_j(x_p^j) = f_j(x_p^j + \xi'(t));$$

$$\xi'(t) \in [\xi'_{\min}, \xi'_{\max}]; \quad \xi(t) \in [\xi_{\min}, A];$$

$$\xi_{\min} = \xi'_{\min} / (x_{\max}^* - x_{\min}^*); \quad A = \xi'_{\max} / (x_{\max}^* - x_{\min}^*), \quad (5)$$

где $\xi(t)$ – нормированное значение случайного возмущения в момент времени t ; $[x_{\max}, x_{\min}]$ – исходный интервал неопределенности относительно x^* .

Поскольку в общем случае $f(x_p^j) \neq f_j(x_p^j)$, то интервал неопределенности относительно x^* на j -м шаге выделяется с ошибкой, а вероятность события $P_1 \{ x^* \in [x_{q-1}^j, x_{q+1}^j) \}$, где x_q^j удовлетворяет соотношению $P \{ f_j(x_q^j) = \max_{p=1, k} f_j(x_p^j) \} = 1$, меньше единицы. Если в этом интервале планировать распределение точек экспериментов, то с вероятностью $(1 - P_1)$ возникает ошибка в определении местоположения x^* .

Если $[x_{q-1}^j, x_{q+1}^j)$ путем его расширения (значение $f_j(x_p^j)$ формируется) преобразовать в полуоткрытый интервал $[x_{q-1}^{j,1}, x_{q+1}^{j,2})$, для которого

$x_{q-1}^{j,1} = x_{q-1}^j - A$; $x_{q+1}^{j,2} = x_{q+1}^j + A$, где A – максимально возможное значение амплитуды случайного возмущения $\xi(t)$ (см. соотношение 5), то для вновь выделенного интервала неопределенности будет выполняться соотношение:

$$P_1\{x^* \in [x_{q-1}^{j,1}, x_{q+1}^{j,2}]\} = 1.$$

Следовательно, процедурное (алгоритмическое) подавление помех должно включать операцию расширения вновь выделенных интервалов неопределенности.

Однако расширение интервала неопределенности наряду с подавлением помех увеличивает интервал неопределенности относительно x^* , который на j -м шаге хотя и определяется параметром A , но не может быть больше интервала неопределенности относительно x^* , полученного на предыдущих шагах. Действительно, если перед совершением j -го шага достоверно известно, что $x^* \in [x_{q-1}^z, x_{q+1}^z]$, то для $x_{q-1}^{j,1}$ и $x_{q+1}^{j,2}$ справедливы соотношения:

$$x_{q-1}^{j,1} = \begin{cases} x_{q-1}^j - A, & \text{если } x_{q-1}^j - A \geq x_{q-1}^z; \\ x_{q-1}^z, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$x_{q+1}^{j,2} = \begin{cases} x_{q+1}^j + A, & \text{если } x_{q+1}^j + A \leq x_{q+1}^z; \\ x_{q+1}^z, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Расширение возможных интервалов неопределенности для j -го шага поиска приводит к их взаимному пересечению. Поэтому коррекция случайных возмущений возможна тогда и только тогда, когда возможные интервалы неопределенности пересекаются между собой. Такой подход в процедурном подавлении случайных возмущений называется принципом “пересечения”, и он используется в задачах синтеза помехоустойчивых и корректирующих методов одномерного поиска в условиях действия случайных возмущений.

Выводы

В рамках теории поиска детерминированными методами рассмотрена общая схема поиска точки экстремума унимодальной функции в условиях действия случайных возмущений, которые приводят к случайному блужданию точки экстремума.

Одномерный поиск совершается путем сокращения интервала неопределенности на основе решающей функции, которая в общем случае определяется результатами ранее выполненных экспериментов и которая используется для создания нового интервала неопределенности, и стратегии поиска как функции, синтезированной на основании критерия оптимальности и на основании которой формируют значения координат точек экспериментов во вновь выделенном интервале.

Для построения какого-нибудь метода одномерного поиска необходимо знать длину поиска, количество возможных экспериментов, определить стратегию поиска и решающую функцию.

В процессе одномерного поиска точки экстремума могут действовать случайные возмущения, искажающие реальное значение, т.е. будет иметь место случайное блуждание точки экстремума в процессе поиска в исходном интервале, которое, в свою очередь, приводит к дополнительным ошибкам в определении нового интервала неопределенности. Все это приведет к значительному усложнению как стратегии поиска, так и решающей функции.

Подробный анализ общей схемы одномерного поиска точки экстремума в условиях действия случайных возмущений позволил сформулировать общий принцип “пересечения” при расширении возможных интервалов неопределенности, который должен использоваться в задачах синтеза помехоустойчивых и корректирующих методов одномерного поиска в условиях действия случайных возмущений.

Список литературы: 1. *Васильев Ф.П.* Методы оптимизации / Ф.П. Васильев. – М.: Факториал пресс, 2002. – 824 с. 2. *Петров Э.Г.* Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах. Учебное пособие / Э.Г. Петров, М.В. Новожилова, И.В. Гребенник, Н.А. Соколова; Под общей редакцией Э.Г. Петрова. – Херсон: ОЛДІ – плюс, 2003. – 380 с. 3. *Альсведе Р.* Задачи поиска / Р. Альсведе, И. Вегенер. – М.: Мир, 1982. – 365 с. 4. *Реклейтис Г.* Оптимизация в технике / Г. Реклейтис. – М.: Мир, 1986. – 349 с. 5. *Уайлд Д.Дж.* Методы поиска экстремума (перевод с английского) / Д.Дж. Уайлд. – М.: Наука, 1967. – 267 с. 6. *Стахов А.П.* Введение в алгоритмическую теорию измерений / А.П. Стахов. – М.: Сов. радио, 1977. – 288 с. 7. *Алипов Н.В.* Синтез помехоустойчивых алгоритмов поиска точки на отрезке 0,1 / Н.В. Алипов // Проблемы бионики: Сборник. – Харьков, Вища школа. – 1986. – Вып. 37. – С. 72-84.

Поступила в редколлегию 20.06.2013

УДК 004.021:519.878

Математична модель задачі одновимірного пошуку в умовах випадкових збурень / І.В.Гребенник, Л.М.Ребезюк, О.Л.Ребезюк // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. 2013. – № 2 (81). – С. 57-60.

Розроблено математичну модель задачі детермінованого пошуку екстремуму унімодальної функції в умовах дії випадкових збурень. На основі аналізу загальної схеми одновимірного пошуку в умовах дії випадкових збурень сформульовано загальний принцип «перетинання» інтервалів невизначеності, на основі якого в подальшому будуть розроблені завадостійкі та корегуючі методи пошуку.

Бібліогр.: 7 найм.

UDC 004.021:519.878

Mathematical models of one-dimensional search under random perturbations / I.V.Grebennik, L.M.Rebezyuk, O.L.Rebezyuk // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 57-60.

The mathematical model of the problem determined search extremum unimodal function under the action of random perturbations. Based on the analysis of the general scheme in one-dimensional search conditions of validity of random perturbations formulated the general principle of “intersection” of the uncertainty on the basis of which will be further developed noise-resistant and corrective search methods.

Ref.: 7 items.

УДК 004.93



Т. А. Зайко¹, А. А. Олейник², С. А. Субботин³

¹ Запорожский национальный технический университет,
г. Запорожье, Украина, tzyakun@mail.ru;

² Запорожский национальный технический университет,
г. Запорожье, Украина, olejnikaa@gmail.com;

³ Запорожский национальный технический университет,
г. Запорожье, Украина, subbotin@zntu.edu.ua

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЧИСЛЕННЫХ АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ

Статья посвящена решению проблемы автоматизации поиска информативных признаков в базах транзакций. Предлагается оценивать индивидуальную значимость признаков исходя из их значимости для описания границ областей компактного расположения транзакций в пространстве признаков. Выполняется экспериментальное исследование свойств и характеристик предложенного метода отбора информативных признаков.

АССОЦИАТИВНОЕ ПРАВИЛО, ИНФОРМАТИВНОСТЬ, КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ, ПРИЗНАК, ТРАНЗАКЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ, ФАЗЗИФИКАЦИЯ

Введение

Для обеспечения надежности, долговечности и безопасности работы сложных технических объектов и систем целесообразной является разработка методов и средств своевременного выявления сбоев в их работе, для чего, как правило, возникает необходимость извлечения новых знаний об исследуемых объектах и процессах [1], которые целесообразно представлять в виде ассоциативных правил [2], представляющих собой импликация вида $X \rightarrow Y$.

Однако признаки, описывающие исследуемые объекты или процессы, как правило, имеют различную информативность [3], поэтому с целью извлечения интересных ассоциативных правил, адекватно описывающих исследуемые зависимости, целесообразно учитывать индивидуальную значимость признаков. Поскольку выходной параметр в транзакционных базах данных, используемых для извлечения ассоциативных правил, является не заданным, применение известных методов отбора информативных признаков [3, 4] является затруднительным и нецелесообразным. Это обуславливает необходимость разработки нового метода отбора признаков на основе данных, представленных в виде баз транзакций.

Целью настоящей работы является создание метода определения индивидуальной значимости признаков для извлечения численных ассоциативных правил на основе транзакционных баз данных.

1. Постановка задачи отбора признаков из транзакционных баз данных

Пусть задана база транзакций D : $D = \{T_1, T_2, \dots, T_{N_D}\}$, в которой каждый элемент T_j , $j = 1, 2, \dots, N_D$, содержит информацию о некоторых взаимосвязанных событиях, где $N_D = |D|$ –

количество элементов (транзакций) в наборе данных D ; $T_j = (tid_j, item_j)$; tid_j – идентификатор j -й транзакции T_j ; $item_j = \{t_{1j}, t_{2j}, \dots, t_{N_{item_j}j}\} \subseteq I$ – список элементов, входящих в транзакцию T_j ; t_{ij} – i -й элемент списка $item_j$, $i = 1, 2, \dots, N_{item_j}$; $N_{item_j} = |item_j|$ – количество элементов множества $item_j$; $I = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{N_I}\}$ – множество возможных переменных (признаков), которые могут входить в список элементов $item_j$ каждой транзакции T_j , $j = 1, 2, \dots, N_D$, набора данных D ; τ_a – a -й элемент множества I , $a = 1, 2, \dots, N_I$; $N_I = |I|$ – количество элементов множества I .

Тогда задача отбора информативных признаков (исключения малозначимых признаков) [3–5] из заданной базы транзакций D может быть поставлена следующим образом: выделить комбинацию признаков $I^* \subset I$ из исходного набора данных D , в которой каждый a -й признак характеризуется оценкой индивидуальной значимости w_a не ниже заданного порогового значения w_h :

$$w_a \geq w_h.$$

2. Метод определения индивидуальной значимости признаков

Поскольку выходной параметр в транзакционных базах данных, как правило, не задан, в разработанном методе предлагается оценивать индивидуальную значимость признаков исходя из их значимости (важности) для описания границ областей компактного расположения транзакций в пространстве признаков. Следовательно, для определения индивидуальной значимости признаков предлагается выполнять кластерный анализ, в результате которого выделять группы (кластеры) компактно расположенных транзакций в пространстве признаков $\tau_a \in I$. При этом признаки

предварительно нормируются с целью приведения значений всех признаков к одному диапазону, что устранит влияние величины граничных значений признака на его индивидуальную значимость. После нормирования признаков выполняется разбиение диапазона их значений на некоторые интервалы для последующего отбора признаков и поиска ассоциативных правил, для чего целесообразно выполнять фаззификацию исходной базы транзакций D , выделяя таким образом нечеткие термы входных признаков. Преобразование вида $D \rightarrow FuzzyD$ целесообразно выполнять следующим образом. Вначале определяются функции принадлежности μ_a для каждого численного a -го признака $\tau_a \in I$.

Функции принадлежности могут быть заданы экспертом, исходя из его знаний и опыта относительно исследуемого объекта или процесса [6–8]. Однако использование субъективной информации и некоторых допущений при преобразовании ее в степени принадлежности нечетких множеств в некоторых случаях может привести к неприемлемым результатам такого преобразования, вследствие чего синтезированная база ассоциативных правил не будет содержать интересные правила, а новые знания, выделенные на основе построенной таким образом базы ассоциативных правил, будут необъективно отражать исследуемые объекты или процессы.

Поэтому в случае неуверенности в корректности выбора функций принадлежности экспертом целесообразно использовать оптимизационные методы построения функций принадлежности [6–8], основанные на параметрической идентификации параметров нечетких моделей по имеющейся входной информации, содержащей как входные значения признаков, так и выходные. При поиске ассоциативных правил входная информация, представленная в виде транзакционной базы данных D , как правило, не содержит значения выходных переменных. Поэтому применять такие методы затруднительно.

Следовательно, для фаззификации базы транзакций с целью последующего извлечения численных ассоциативных правил целесообразно использовать известные функции принадлежности [6–8], параметры которых предлагается выбирать исходя из идеи поддержки нечеткости знаний, т.е. таким образом, чтобы обеспечивалось пересечение соседних интервалов разбиений признаков (так, чтобы в результате фаззификации численное значение признака могло быть отнесено к нескольким термам).

В качестве функций принадлежности целесообразно использовать такие функции, которые позволяют ограничивать интервал значений признаков:

– трапециевидную функцию:

$$\mu_{ak} = \begin{cases} 0, & \tau_a < p_{0ak}; \\ (\tau_a - p_{0ak}) / (p_{1ak} - p_{0ak}), & p_{0ak} \leq \tau_a < p_{1ak}; \\ 1, & p_{1ak} \leq \tau_a \leq p_{2ak}; \\ (p_{3ak} - \tau_a) / (p_{3ak} - p_{2ak}), & p_{2ak} < \tau_a \leq p_{3ak}; \\ 0, & \tau_a > p_{3ak}, \end{cases}$$

где значения μ_{ak} – функция принадлежности a -го признака $\tau_a \in I$ k -му терму; p_{0ak} , p_{1ak} , p_{2ak} , p_{3ak} – параметры функции принадлежности, которые определяются таким образом, чтобы обеспечивалось некоторое пересечение интервалов, и признак имел возможность быть отнесенным к нескольким термам в силу нечеткости знаний;

– П-образную функцию:

$$\mu_{ak} = \mu S_{ak} \cdot \mu Z_{ak},$$

где μS_{ak} и μZ_{ak} – S -образная и Z -образная линейные функции принадлежности, соответственно:

$$\mu S_{ak} = \begin{cases} 0, & \tau_a < p_{1ak}; \\ \frac{\tau_a - p_{1ak}}{p_{2ak} - p_{1ak}}, & p_{1ak} \leq \tau_a \leq p_{2ak}; \\ 1, & \tau_a > p_{2ak}, \end{cases}$$

$$\mu Z_{ak} = \begin{cases} 1, & \tau_a < p_{1ak}; \\ \frac{p_{2ak} - \tau_a}{p_{2ak} - p_{1ak}}, & p_{1ak} \leq \tau_a \leq p_{2ak}; \\ 0, & \tau_a > p_{2ak}; \end{cases}$$

– треугольную функцию:

$$\mu_{ak} = \begin{cases} 0, & \tau_a < p_{0ak}; \\ \frac{\tau_a - p_{0ak}}{p_{1ak} - p_{0ak}}, & p_{0ak} \leq \tau_a < p_{1ak}; \\ \frac{p_{2ak} - \tau_a}{p_{2ak} - p_{1ak}}, & p_{1ak} \leq \tau_a < p_{2ak}; \\ 0, & \tau_a \geq p_{2ak}. \end{cases}$$

Исходя из особенностей решаемой задачи и исследуемых объектов или процессов, можно использовать и другие функции принадлежности [6–8]: сплайн-функцию, S -образную и Z -образную кривые, сигмоидную функцию, функцию Гаусса, колоколообразную функцию и другие.

Для определения значений параметров p_{0ak} , p_{1ak} , p_{2ak} , p_{3ak} функций принадлежности μ_{ak} выполняется разбиение каждого численного a -го признака $\tau_a \in I$ на некоторое количество интервалов $N_{int.a}$ с последующим определением границ полученных интервалов: $\Delta_{ak} = [l_{ak}; r_{ak})$, где l_{ak} и r_{ak} – соответственно левая и правая границы k -го интервала Δ_{ak} a -го признака τ_a .

Количество интервалов $N_{int.a}$, например, может задаваться пользователем как параметр метода. В таком случае ширина Δ_{ak} каждого из диапазонов

разбиения a -го признака τ_a определяется как отношение диапазона $\Delta_a = [\tau_{a\min}; \tau_{a\max}]$ его значений к заданному количеству интервалов $N_{int.a}$.

Кроме того, количество интервалов $N_{int.a}$, а также их границы могут быть определены с помощью метода, описанного ниже и не требующего участия пользователя в разбиении интервала значений признаков.

После определения видов функций принадлежности μ_{ak} и их параметров они применяются к фактическим значениям входных аргументов $\tau_a \in I$ в каждой транзакции T_j базы данных D . В результате такого применения четкому значению признака τ_a ставятся в соответствие степени его принадлежности к нечетким множествам, вследствие чего образуются транзакции с нечеткими значениями признаков $\tau_a \in I : T_j \rightarrow FuzzyT_j$. Полученные таким образом нечеткие транзакции $FuzzyT_j$ образуют нечеткую транзакционную базу правил $FuzzyD$.

После фаззификации базы транзакций и разбиения диапазона значений численных признаков на некоторые интервалы выполняется кластерный анализ – построение групп компактно расположенных транзакций в пространстве признаков.

В результате кластеризации выделяется N_{kl} кластеров. Для определения значимости каждого элемента $\tau_a \in I$ будем оценивать его влияние для отнесения транзакции к каждому из кластеров. Очевидно, чем меньше ширина диапазона изменения значений a -го признака во множестве транзакций кластера K_b ($b=1,2,\dots,N_{kl}$), тем выше его значимость в данном кластере. Ширину диапазона будем оценивать как среднеквадратическое отклонение [9]:

$$\sigma_{ab} = \sqrt{\sum_{g=1}^{N_{r.ab}} (\overline{\tau_{ab}} - \tau_{abg})^2},$$

где $\overline{\tau_{ab}}$ – среднее значение a -го признака в b -м кластере; τ_{abg} – g -е значение a -го признака в b -м кластере; $N_{r.ab}$ – количество транзакций в b -м кластере.

Признаку с минимальным значением величины σ_{ab} будем присваивать максимальное значение ранга $Rg_{ab} = |I|$ в b -м кластере, следующему по возрастанию значения σ_{ab} признаку присвоим ранг $Rg_{ab} = |I| - 1$ и т.д. В случае, если признаки имеют одинаковое значение σ_{ab} , им присваиваются одинаковые значения Rg_{ab} . Редко встречающиеся признаки со средним значением в группе τ_{ab} ниже минимально допустимого ($\tau_{ab} < \tau_{\min}$), считаются неинформативными в данном кластере, вследствие чего им присваивается нулевое значение ранга: $Rg_{ab} = 0$.

Затем для каждого a -го признака τ_a складываются значения рангов по всем кластерам:

$$Rg_a = \sum_{b=1}^{N_{kl}} Rg_{ab}.$$

Значимость (вес) w_a признака τ_a может определяться следующим образом:

– как отношение ранга Rg_a к сумме рангов всех признаков:

$$w_a = \frac{Rg_a}{\sum_{A=1}^{|I|} Rg_A};$$

– как отношение ранга Rg_a к максимальному значению рангов:

$$w_a = \frac{Rg_a}{\max_{A=1,2,\dots,|I|} Rg_A}.$$

Кроме предложенного выше подхода можно использовать подход, учитывающий границы интервалов разбиения признаков в кластерах. В данном методе предлагается сортировать массив значений каждого признака τ_a по возрастанию. Левая l_{ak} и правая r_{ak} границы k -го интервала Δ_{ak} a -го признака τ_a выбираются таким образом, чтобы экземпляры (транзакции) со значением признака $\tau_a \in \Delta_{ak} = [l_{ak}; r_{ak})$ относились к одному кластеру K_b , а экземпляры из соседних интервалов – к другим кластерам $K_c \neq K_b$.

В качестве меры информативности a -го признака в транзакционной базе данных D целесообразно использовать количество интервалов $N_{int.a}$, на которые разбивается диапазон его значений $\Delta_a = [\tau_{a\min}; \tau_{a\max}]$: чем меньше количество таких интервалов, тем больше информативность признака.

Поэтому значимость признака τ_a будем вычислять по одной из формул:

– отношение минимального количества интервалов среди всех признаков к величине $N_{int.a}$ a -го признака:

$$w_a = \frac{\min_{A=1,2,\dots,|I|} N_{int.A}}{N_{int.a}};$$

– нормированное значение величины $N_{int.a}$:

$$\begin{aligned} w_a &= 1 - \frac{N_{int.a} - \min_{A=1,2,\dots,|I|} N_{int.A}}{\max_{A=1,2,\dots,|I|} N_{int.A} - \min_{A=1,2,\dots,|I|} N_{int.A}} = \\ &= \frac{\max_{A=1,2,\dots,|I|} N_{int.A} - N_{int.a}}{\max_{A=1,2,\dots,|I|} N_{int.A} - \min_{A=1,2,\dots,|I|} N_{int.A}}. \end{aligned}$$

Предложенный метод позволяет вычислять информативность каждого признака в транзакционной базе данных D , а также выделять интервалы разбиения признаков без необходимости задания количества интервалов разбиений, что уменьшает степень участия пользователя и влияние его субъективных оценок на результаты процесса извлечения ассоциативных правил, что в свою очередь снижает вероятность извлечения ассоциативных правил, некорректно описывающих исследуемые объекты или процессы.

С целью анализа и исследования эффективности предложенного метода оценим его вычислительную сложность O – количество элементарных операций, необходимых для решения конкретной задачи.

Определение индивидуальной значимости w_a признаков τ_a в базе транзакций D связано с необходимостью их группировки во множестве компактно расположенных транзакций. Рассмотрим подход, учитывающий границы интервалов разбиения признаков в кластерах. Выше описано, что такой подход связан с необходимостью сортировки каждого признака τ_a . Поэтому вычислительная сложность данного этапа непосредственно связана с вычислительной сложностью используемого метода сортировки и может быть определена как $O_2(|I| \cdot O_{sort.})$.

Эффективными методами сортировки являются методы, использующие деревья (турнирная сортировка, сортировка посредством поискового дерева), метод пирамидальной сортировки, метод быстрой сортировки К. Хоара, вычислительная сложность которых составляет $O_{sort.} = O_{sort.}(N_D \log_2(N_D))$ [10].

Следовательно, вычислительная сложность предложенного метода может быть оценена следующим образом:

$$O = O(|I| \cdot N_D \log_2(N_D)).$$

Оценка вычислительной сложности O показывает, что количество элементарных операций, необходимых для отбора признаков с помощью предложенного метода, линейно зависит от количества $|I|$ признаков $\tau_a \in I$ в транзакционной базе данных D , а также пропорциональна величине $N_D \log_2(N_D)$, где N_D – количество транзакций в D . Такая оценка позволяет сделать вывод о том, что предложенный метод является вычислительно эффективным, поскольку зависимость его элементарных операций от размера входных данных является полиномиальной.

3. Эксперименты и результаты

С целью проведения экспериментов по исследованию свойств и характеристик предложенного метода отбора информативных признаков он был программно реализован на языке программирования C#.

Экспериментальное исследование разработанного метода выполнялось на основе тестовых данных, представленных в виде транзакционных баз данных D . Результаты экспериментов приведены в табл. 1, где используются следующие обозначения: N_D – количество транзакций T_j в базе D ; $|I|$ – количество элементов (признаков), $\tau_a \in I$, из которых могли формироваться транзакции; $|T_j|$ – среднее количество признаков в транзакциях базы D ; $|I^*|$ – количество отобранных признаков; t – время отбора признаков.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

№	Характеристики базы транзакций D			Результаты отбора признаков	
	N_D	$ I $	$ T_j $	$ I^* $	t
1	10000	100	10	23	0,37
2	10000	1000	10	31	1,72
3	50000	100	10	27	1,43
4	50000	1000	20	39	8,21
5	100000	5000	10	32	12,19
6	100000	10000	20	45	20,57

Как видно из таблицы, время работы предложенного метода существенно зависит от количества транзакций T_j и количества элементов (признаков) в базе D , что подтверждает оценку вычислительной сложности $O = O(|I| \cdot N_D \log_2(N_D))$ метода.

После отбора информативных признаков выполнялось построение численных ассоциативных правил на основе баз транзакций, из которых были исключены малоинформативные признаки. Результаты экспериментов показали, что время поиска ассоциативных правил существенно сократилось, что обусловлено снижением размерности исходных транзакционных баз данных.

Таким образом, результаты экспериментов показали, что разработанный метод позволяет извлекать из баз транзакций информативные признаки, используя при этом априорную информацию об их значимости, что сокращает пространство поиска и время извлечения ассоциативных правил.

Выводы

В работе решена актуальная задача автоматизации поиска информативных признаков в транзакционных базах данных.

Научная новизна работы заключается в том, что предложен метод отбора информативных признаков, предполагающий вычисление информативности каждого признака в транзакционной базе данных D , а также выделение интервалов разбиения признаков без необходимости задания количества интервалов разбиений, что позволяет уменьшить степень участия пользователя и влияние его субъективных оценок на результаты процесса извлечения ассоциативных правил, что в свою очередь снижает вероятность извлечения ассоциативных правил, некорректно описывающих исследуемые объекты или процессы.

Практическая ценность полученных результатов заключается в том, что на основе предложенного метода разработано программное обеспечение, позволяющее выполнять отбор информативных признаков.

Работа выполнена в рамках госбюджетной научно-исследовательской темы Запорожского нацио-

нального технического университета «Интеллектуальные информационные технологии автоматизации проектирования, моделирования, управления и диагностирования производственных процессов и систем» (номер государственной регистрации 0112U005350).

Список литературы: 1. *Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов* : монография / [С. А. Субботин, Ан. А. Олейник, Е. А. Гофман, С. А. Зайцев, Ал. А. Олейник ; под ред. С. А. Субботина]. — Харьков : ООО «Компания Смит», 2012. — 317 с. 2. Zhang C. Association rule mining: models and algorithms / C. Zhang, S. Zhang. — Berlin : Springer-Verlag. — 2002. — 238 p. 3. *Субботин С. О.* Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: монографія / С. О. Субботін, А. О. Олійник, О. О. Олійник ; під заг. ред. С. О. Субботіна. — Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. — 375 с. 4. Guyon I. An Introduction to Variable and Feature Selection / I. Guyon, A. Elisseeff // Journal of Machine Learning Research. — 2003. — №3. — P. 1157–1182. 5. Dash M. Feature Selection for Classification / M. Dash, H. Liu // Intelligent Data Analysis. — 1997. — №1. — P. 131–156. 6. *Гибридные нейро-фаззи модели и мультиагентные технологии в сложных системах* : монография / [В. А. Филатов, Е. В. Бодянский, В. Е. Кучеренко и др. ; под общ. ред. Е. В. Бодянского]. — Днепропетровськ : Системні технології, 2008. — 403 с. 7. Zadeh L. Fuzzy sets / L. Zadeh // Information and Control. — 1965. — № 8. — P. 338–353. 8. *Encyclopedia of artificial intelligence* / Eds.: J. R. Dopicco, J. D. de la Calle, A. P. Sierra. — New York : Information Science Reference, 2009. — Vol. 1–3. — 1677 p. 9. *Айвазян С. А.* Прикладная статистика: Исследование зависи-

мостей / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 487 с. 10. *Кнут Д.* Искусство программирования. В 3-х томах. Т. 2 Сортировка и поиск / Д. Кнут. — М. : Вильямс, 2007. — 824 с.

Поступила в редколлегию 09.07.2013

УДК 004.93

Метод визначення індивідуальної значущості ознак для видобування чисельних асоціативних правил / Т. А. Зайко, А. О. Олійник, С. О. Субботін // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. 2013. — № 2 (81). — С. 61-65.

Розглянуто задачу визначення індивідуальної значущості ознак у транзакційних базах даних. Розроблено метод відбору інформативних ознак, що передбачає обчислення інформативності кожної ознаки в транзакційній базі даних, а також виділення інтервалів розбиття ознак без необхідності завдання кількості інтервалів розбиттів. Проведено експерименти з рішення тестових задач відбору ознак.

Табл. 1. Бібліогр.: 10 найм.

UDC 004.93

Method for determining the individual significance of features for extraction of quantitative association rules / T. A. Zayko, A. O. Oliinyk, S. A. Subbotin // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 61-65.

The problem of determining the individual significance of features in transactional databases is considered. A method of feature selection is developed, the proposed method involves the calculation of informativeness of each feature in the transactional database, as well as the selection of intervals of features without the need to specify the number of partition intervals. The experiments on test problems of feature selection are conducted.

Tab. 1. Ref.: 10 items.

УДК 519.7

А. Н. Гвоздинский¹, А. Е. Козлова², А. О. Дроздов³¹ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина² ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, alisha.kozlova@gmail.com³ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, artur.drozdov1@gmail.com

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

В статье рассматриваются основные принципы использования оптимизационных методов в задачах принятия решений при управлении объектами различной физической природы. В качестве объектов исследования рассматриваются системы интеллектуального анализа данных, а также объекты производственной деятельности предприятий и фирм различного направления. Рассмотрена задача управления запасами в системах производственного планирования, а именно задача расчета оптимальной стратегии фирмы.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, ДЕРЕВЬЯ РЕШЕНИЙ, ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ, УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Введение

В настоящее время нельзя назвать область человеческой деятельности, в которой в той или иной степени не использовались бы методы моделирования. Особенно это относится к сфере управления различными системами, где основными являются процессы принятия решений на основе получаемой информации. Сегодня мы являемся свидетелями активного развития технологий интеллектуального анализа данных (ИАД или data mining), появление которых связано, в первую очередь, с необходимостью аналитической обработки сверхбольших объемов информации, накапливаемой в современных хранилищах данных. Возможность использования хорошо известных методов математической статистики и машинного обучения для решения задач подобного рода открыло новые возможности перед аналитиками, исследователями, а также теми, кто принимает решения — менеджерами и руководителями компаний. Сложность и разнообразие методов ИАД требуют создания специализированных средств конечного пользователя для решения типовых задач анализа информации в конкретных областях. Поскольку эти средства используются в составе сложных многофункциональных систем поддержки принятия решений, они должны легко интегрироваться в подобные системы. Одним из наиболее важных и перспективных направлений применения ИАД являются бизнес-приложения. Примером является процесс управления запасами, основной целью которого является обеспечение бесперебойности производственного процесса. Для формирования систем управления запасами с точки зрения эволюционной оптимизации используются методы интеллектуального анализа данных. Проводится аналитический обзор методов интеллектуального анализа данных (ИАД, data mining, обнаружение знаний в базах данных). Обзор методов аналитической обработки информации в сложных информационных

системах рассматривается с точки зрения скорости извлечения данных, сбора обобщенной информации и повышения достоверности процесса.

Интеллектуальный анализ данных — новое и быстро развивающееся направление, использующее методы искусственного интеллекта, математики, статистики, которое аналитически исследует большие объемы информации в целях определения закономерностей и взаимосвязей между переменными. Системы ИАД применяются в научных исследованиях и образовании, в работе правоохранительных органов, производстве, здравоохранении и многих других областях. Особенно широко технология ИАД используется в деловых приложениях. К сожалению, универсальные средства ИАД довольно сложны и дороги, поэтому они не могут широко применяться в рамках интегрированных систем, ориентированных на конечного пользователя. Действительно, в основу технологии ИАД положен не один, а несколько принципиально различных подходов, причем использование некоторых из них невозможно без специальной подготовки. Выбор подхода нередко требует привлечения специалиста по ИАД. Результаты ИАД представляют большую ценность для руководителей и аналитиков в их повседневной деятельности. Поэтому перед разработчиками встает задача внедрения технологии ИАД в автоматизированные системы анализа и поддержки принятия решений. В отличие от исследовательских приложений подобные системы должны ориентироваться на непрограммирующего пользователя и на решение конкретных проблем, которые оказываются довольно разнообразными и нередко требуют применения различных подходов.

1. Методы интеллектуального анализа данных

Средства интеллектуального анализа данных включают следующие основные методы: нейронные сети, деревья решений, генетические

алгоритмы, а также их комбинации. Сложность и разнообразие методов ИАД требуют создания специализированных средств конечного пользователя для решения типовых задач анализа информации в конкретных областях [1]. Поскольку эти средства используются в составе сложных многофункциональных систем поддержки принятия решений, они должны легко интегрироваться в подобные системы. Сами методы ИАД являются лишь основой для реализации типовых видов анализа, используемых аналитиками и лицами, принимающими решения в бизнесе. Существующие системы ИАД можно подразделить на исследовательские, ориентированные на специалистов и предназначенные для работы с новыми типами проблем, и прикладные, рассчитанные на непрограммирующих пользователей (аналитиков, менеджеров, технологов и т.д.) и решающие типовые задачи.

Нейронные сети относят к классу нелинейных адаптивных систем, строением они условно напоминают нервную ткань из нейронов. Это набор связанных друг с другом узлов, получающих входные данные, осуществляющих их обработку и вырабатывающих на выходе некоторый результат. На узлы нижнего слоя подаются значения входных параметров, на их основе производятся вычисления, необходимые для принятия решений, прогнозирования развития ситуации и т.д. Эти значения рассматривают как сигналы, которые передаются в вышележащий слой, усиливаясь или ослабляясь в зависимости от числовых значений (весов), приписываемых межнейронным связям. На выходе нейрона самого верхнего слоя вырабатывается значение, которое рассматривается как ответ, реакция всей сети на введенные начальные значения. Так как каждый элемент нейронной сети частично изолирован от своих соседей, у таких алгоритмов имеется возможность для распараллеливания вычислений. Нейроны сети обрабатывают входные данные, для которых известны и значения входных параметров и правильные ответы на них. Обучение состоит в подборе весов межнейронных связей, которые обеспечивают наибольшую близость ответов сети к известным правильным ответам. После обучения на имеющихся данных сеть готова к работе и может быть использована для построения прогнозов поведения объекта в будущем. Нейронные сети используются для решения задач прогнозирования, классификации или управления [2].

Достоинство — сети могут аппроксимировать любую непрерывную функцию, нет необходимости заранее принимать какие-либо предположения относительно модели. Исследуемые данные могут быть неполными или зашумленными. Удобны при работе с нелинейными зависимостями.

Недостаток — необходимость иметь большой объем обучающей выборки. Окончательное

решение зависит от начальных установок сети. Данные должны быть обязательно преобразованы к числовому виду. Полученная модель не объясняет обнаруженные знания.

Деревья решений используют разбиение данных на группы на основе значений переменных. В результате получается иерархическая структура операторов «Если..., то...», которая имеет вид дерева. Для классификации объекта или ситуации нужно ответить на вопросы, стоящие в узлах этого дерева, начиная от его корня. Если ответ положительный, переходят к правому узлу следующего уровня, если отрицательный — к левому узлу и т.д. Заканчивая ответы, доходят до одного из конечных узлов, где указывается, к какому классу надо отнести рассматриваемый объект. Деревья решений предназначены для решения задач классификации и поэтому весьма ограничено применяются в области финансов и бизнеса.

Достоинство — простое и понятное представление признаков для пользователей. В качестве целевой переменной используются как измеряемые, так и не измеряемые признаки — это расширяет область применения метода.

Недостаток — проблема значимости. Данные могут разбиваться на множество частных случаев, возникает «кустистость» дерева, которое не может давать статистически обоснованных ответов. Полезные результаты получают только в случае независимых признаков.

Генетические алгоритмы (ГА), на данный момент являются наиболее известным представителем эволюционных методов оптимизации [3]. Они содержат все основные генетические операции. ГА получены в процессе обобщения и имитации в искусственных системах свойств живой природы:

- приспособляемость к изменениям среды;
- естественный отбор;
- наследование потомками наиболее «ценных»

свойств родителей и т.д.

С его помощью можно улучшать работу поисковых систем, которые требуют обработки больших массивов информации; оптимизировать работу нефтяных трубопроводов; распределять инструменты в металлообрабатывающих цехах; осуществлять оптимизацию профилей балок в строительстве и т.д. Решение задач комбинаторной оптимизации является одной из основных областей применения ГА. Генетические алгоритмы имитируют процесс естественного отбора в природе. Для нахождения, более оптимального с точки зрения некоторого критерия, все решения описываются набором чисел или величин нечисловой природы. Поиск оптимального решения похож на эволюцию популяции индивидов, которые представлены наборами их хромосом. В этой эволюции действуют три механизма.

Можно выделить следующие механизмы:

- отбор сильнейших наборов хромосом, которым соответствуют наиболее оптимальные решения;
- скрещивание — получение новых индивидов при помощи смешивания хромосомных наборов отобранных индивидов;
- мутации — преобразование хромосомы, случайное изменение одного или несколько генов (чаще — одного).

Наиболее популярное приложение генетического алгоритма — оптимизация многопараметрических функций. Реальные задачи формируются как поиск оптимального значения сложной функции, зависящей от некоторых n — входных параметров. Сила ГА — в способности манипулировать одновременно многими параметрами. В одних случаях получено точное решение функции, в других — решением считается любое значение, лучшее некоторой заданной величины.

Чтобы реализовать генетический алгоритм, надо сначала выбрать структуру для представления этих решений. Структура данных ГА состоит из одной или большего количества хромосом. После проведенных в ходе применения ГА операций осуществляем декодирование и получаем подмножество значений, которые соответствуют субоптимальному решению задачи. Генетический алгоритм оптимизации является множественно-вероятностным, т.е. он позволяет находить множество значений, которые примерно соответствуют искомому условию. Это существенно для решения задач с неявно выраженными максимумами или минимумами.

Существует множество модификаций генетического алгоритма, которые отличаются в методах отбора, скрещивания, хромосомной кодировки [4]. Традиционный (основной) ГА работает с двоичной строкой определенной длины, использует следующие свойства:

- на каждом поколении реализуется отбор пропорционально функции приспособленности;
- односточный кроссовер (скрещивание);
- мутация.

Как метод оптимизации ГА обладает внутренним параллелизмом: различные существенные комбинации генов отыскиваются параллельным образом, одновременно для всех комбинаций. Чем меньше комбинация, тем легче ее определить. В связи с тем, что алгоритм в процессе поиска использует некоторую кодировку значений, а не сами значения, он эффективно может применяться для решения задач дискретной оптимизации, которые могут быть определены как на числовых, так и на конечных множествах произвольной природы. Так как в качестве информации об оптимизируемой функции для работы алгоритма используются

лишь значения в рассматриваемых точках пространства поиска, то данный алгоритм применим к широкому классу функций. Генетический алгоритм успешно справляется с поставленной задачей даже там, где не существует общеизвестных алгоритмов решения или высока степень априорной неопределенности.

Достоинство — метод удобен для решения различных задач комбинаторики и оптимизации, предпочтителен больше как инструмент научного исследования.

Недостаток — возможность эффективно формулировать задачу, определить критерий отбора хромосом, и сама процедура отбора является эвристической и под силу только специалисту. Постановка задачи в терминах не дает возможности проанализировать статистическую значимость получаемого с их помощью решения.

2. Построение математической модели

Для построения математической модели за основу возьмем один из методов интеллектуального анализа данных — генетические алгоритмы, и на их базе будем решать поставленную задачу.

Целью работы является исследование деятельности предприятия, составление математической модели задачи в классе экстремальных задач и определение на основе решения оптимальной стратегии работы фирмы на определенный срок, а также анализ возможных колебаний затрат и цен реализации, которые не приведут к изменению стратегии [5].

В качестве примера рассмотрим некоторую фирму, занимающуюся производственной деятельностью и реализацией выпускаемой продукции с учетом складирования и управления запасами.

Для построения математической модели введем такие условные обозначения:

- x_i — число изделий, закупленных в месяце i ;
- y_i — число изделий, проданных в том же месяце;
- Z — чистая прибыль;
- u, v — переменные двойственной задачи;
- n — месяц, $n = 1, 2, 3, \dots, 6$.

Предположим, что функция цели реализации продукции, дающая максимальную прибыль, представлена в численном виде следующим образом:

$$Z = 27y_1 + 24y_2 + 24y_3 + 26y_4 + 22y_5 + 22y_6 - 26x_1 - 23x_2 - 25x_3 - 27x_4 - 21x_5 - 20x_6. \quad (1)$$

Как видим, это оптимизирующий функционал, имеющий линейную форму, который можно вычислить, используя аппарат линейного программирования [6].

С любой задачей линейного программирования тесно связана другая линейная задача, называемая

двойственной. Первоначальная задача называется прямой.

Прямая задача:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, i = 1, m, \quad (3)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, n. \quad (4)$$

Для управления ресурсами необходима и двойственная задача:

$$F = \sum_{i=1}^m b_i y_i \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} y_i \geq c_j, j = 1, n, \quad (6)$$

$$y_i \geq 0, i = 1, m. \quad (7)$$

Прямая задача: сколько и какой продукции $x_j \geq 0, j = 1, n$ надо произвести, чтобы при заданных стоимостях единицы продукции $c_j \geq 0, j = 1, n$, объемах имеющихся ресурсов $b_i \geq 0, i = 1, m$ и нормах расходов $a_{ij} \geq 0, i = 1, m, j = 1, n$ максимизировать выпуск продукции в стоимостном выражении?

Двойственная задача: какова оценка единицы каждого из ресурсов $y_i \geq 0, i = 1, m$, чтобы при заданных количествах ресурсов $b_i \geq 0, i = 1, m$, величинах стоимости единицы продукции $c_j \geq 0, j = 1, n$ и нормах расходов $a_{ij} \geq 0, i = 1, m, j = 1, n$ минимизировать общую оценку затрат на все ресурсы?

Двойственный симплекс-метод, применяемый к задаче в двойственной базисной форме, приводит к последовательности задач с возрастающим значением целевой функции, неотрицательными коэффициентами $c_j \geq 0, j = 1, n$ и значениями $b_i \geq 0, i = 1, m$ любого знака. Двойственный симплекс-метод называют методом последовательного улучшения оценок. Преобразования задачи выполняются до тех пор, пока не будет установлено, что исходная задача не имеет допустимого решения или будет получена задача с допустимым базисным планом (все $b_i \geq 0$), который одновременно будет и оптимальным.

Решение задачи линейного программирования двойственным симплекс-методом включает следующие этапы:

1. Привести исходную задачу к каноническому виду.
2. Исключить базисные переменные из целевой функции Z .
3. Проверить приведенные коэффициенты целевой функции: если все приведенные коэффициенты $c_j \geq 0, j = 1, n$, а среди значений $b_i \geq 0, i = 1, m$ есть отрицательные, то задача решается двойственным симплекс-методом. Если среди приведенных коэффициентов c_j есть положительные,

то в системе ограничений следует преобразовать свободные члены в неотрицательные (умножив на число (-1) строки, содержащие отрицательные b_i) и решать задачу прямым симплекс-методом.

Вероятно, что фирма не может продавать товар, которым она не располагает. Следовательно, для каждого месяца $n = 1, 2, 3, \dots, 6$ справедливо условие:

$$200 + \sum_{i=1}^{n-1} (x_i - y_i) \geq y_n, \quad (8)$$

что дает:

$$\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \leq 200. \quad (9)$$

Каждый месяц фирма может закупать определенное количество изделий, которое она намерена доставить в конце данного месяца, при условии, что при этом емкость склада не будет превышена.

Следовательно, для каждого месяца должно выполняться неравенство:

$$200 + \sum_{i=1}^{n-1} (x_i - y_i) \leq 600 \quad (10)$$

или

$$\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \leq 400. \quad (11)$$

Таким образом, задача заключается в максимизации Z по $x_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n}$ и $y_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n}$, удовлетворяющим указанным ограничениям:

$$Z \rightarrow \max.$$

В данном случае задачу о складе удобно решить, если найти сначала решение двойственной к ней задачи. Таким образом, двойственная задача заключается в минимизации функции:

$$Y = 200(u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5 + u_6) + 300(v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6) \\ Y \rightarrow \min. \quad (12)$$

Условие не отрицательности двойственной задачи:

$$u_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n} \text{ и } v_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n}. \quad (13)$$

Условие не отрицательности прямой задачи:

$$x_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n} \text{ и } y_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n}. \quad (14)$$

В итоге следует отметить, что численные данные были взяты из конкретного примера решения задачи управления запасами предприятия с ограниченными ресурсами. Используемые методы решения исследуемых задач в виде симплекс-метода и двойственного симплекс-метода в настоящее время доведены до совершенства, легко адаптированы к современным ИТ-технологиям и содержат типовые пакеты программного обеспечения. К примеру можно сослаться на программу "Business Assistant", обеспечивающую решение оптимизационных задач симплекс-методом [7].

Выводы

Исследованы проблемы управления запасами на предприятиях, существующие методы управления запасами; разработана модель объекта управления и процессов управления, выявлены наиболее значимые, с точки зрения повышения эффективности, процессы принятия решений в системе управления запасами; исследованы методики поддержки принятия решений в процессах управления поступлением, хранением ресурсов, основанных на предложенной модели расчета затрат; разработана методика принятия решений с целью оптимизации системы управления запасами материально-технических ресурсов, используемых на предприятиях; проведен анализ эффективности разработанной методики управления запасами;

Научная новизна исследования заключается в обосновании экономического механизма управления запасами материально-технических ресурсов и разработке методического обеспечения процесса принятия решений по оптимизации объемов запасов.

Основными результатами исследования являются: обоснование места, роли и рациональной структуры запасов в системе планирования сбытовой деятельности предприятия в современных условиях; разработка концептуальных подходов к решению оптимизационных задач в области управления запасами материально-технических ресурсов, использующих инструментальный анализ и процесса принятия решений; определение факторов стратегии управления запасами, основанных на различных параметрах системы закупок, таких как периодичность заказа, постоянная партия объема пополнения заказа, уровень восполнения запаса. Предложена методика анализа состояния запасов, основанная на анализе изменения структуры и объема затрат предприятия, позволяющая контролировать состояние запасов в реальном режиме времени.

Практическая значимость определена возможностью применения разработанной методики в области управления запасами на малых предприятиях, использующих в производственном процессе незначительное количество материальных ресурсов, как по номенклатуре, так и по объему. Разработанные теоретические и методические положения доведены до практических моделей и алгоритмов, в результате чего появляется возможность дать количественное обоснование размеров

партий заказов, закупок и продаж, повышается достоверность расчетов.

Список литературы: 1. Кречетов, Н. Продукты для интеллектуального анализа данных / Н. Кречетов, П. Иванов // Информційні технології. — 1997. — №14-15. — С. 32-39. 2. Дубровін, В.І. Методи оптимізації та їх застосування в задачах навчання нейронних мереж: Навчальний посібник / В.І. Дубровін, С.О. Субботін // Запоріжжя: ЗНТУ. — 2003. — С. 136. 3. Норенков, И.П. Генетические алгоритмы решения проектных и логических задач / И.П. Норенков // Информационные технологии. — 2000. — №9. — С. 140-212. 4. Норенков, И.П. Генетические методы структурного синтеза проектных решений / И.П. Норенков // Информационные технологии. — 1998. — №1. — С. 40-257. 5. Гвоздинский, А.Н. Применение методов эволюционной оптимизации для решения задач производственного планирования / А.Н. Гвоздинский, В.А. Малышкин, С.В. Ткачев // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. — 2011. — №154. — С. 97-102. 6. Гвоздинський, А.М. Методи оптимізації в системах прийняття рішень: Навчальний посібник / А.М. Гвоздинський, Н.А. Якімова, В.О. Губін // Харків: ХНУРЕ. — 2006. — С. 324. 7. Математическое программирование / Режим доступа: www/ URL: <http://www.mathelp.spb.ru/bookl/lprogl.htm>.

Поступила в редколлегию 18.07.2013

УДК 519.7

Принципи та методи оптимізації в сучасних організаційних системах управління / А.М. Гвоздинський, А.Е. Козлова, А.О. Дроздов // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2013. — № 2 (81). — С. 66-70.

Процеси прийняття рішень загалом та задачі управління запасами зокрема мають важливе значення для сучасних організацій. Вони є одним з найбільш поширених класів задач дослідження операцій. Існує безліч методів для вирішення задач такого типу, але одними з пріоритетних є методи інтелектуального аналізу даних. У роботі розглянуто створення математичної моделі таких задач.

Бібліогр.: 7 найм.

UDC 519.7

Principles and methods of optimization of modern organizational management systems / A.N. Gvozdzinskiy, A.E. Kozlova, A.O. Drozdov // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 66-70.

Decision making processes in general and the problem of inventory management in particular are important for modern organizations. They are one of the most common classes of problems of operations research. There are many methods for these tasks, but one of the main methods are Data Mining. The paper was considered creating mathematical models of such problems.

Ref.: 7 items.

УДК 519.7



А. Н. Гвоздинский, А. В. Поддубный

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, alexp93@ukr.net

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В работе показана принципиальная возможность использования логико-алгебраических моделей при создании баз знаний в системах искусственного интеллекта, раскрыты подходы к формированию исходного множества альтернатив, а также создание проблемно-ориентированных алгоритмических и программных средств, обеспечивающих эффективное использование компьютерной техники в различных областях человеческой деятельности.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА, УПРАВЛЕНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ, КРИТЕРИЙ, МАКСИМИЗАЦИЯ, МИНИМИЗАЦИЯ, ПРИБЫЛЬ

Введение

В современном мире имеется достаточно высокий спрос на технологии, позволяющие решить проблему выбора и принятия решения, их интенсивное внедрение во все сферы в качестве метода автоматизации интеллектуальной деятельности человека. Исследования задач планирования, управления и разработки указывают на то, что в реальной постановке подобные задачи являются многокритериальными. Даже задача достижения максимального эффекта при минимальных затратах предполагает наличие минимум двух критериев. Оценка деятельности реальных предприятий как системы выбора и принятия решений основывается на десятках, сотнях и более таких критериев (прибыль, рентабельность, производительность труда, план производства, качества продукции, экология и т.д.).

1. Исследование предметной области

В связи с увеличивающимся объемом баз знаний современных экспертных систем особо остро стоит проблема оптимизации процессов поиска решений в интеллектуальных системах обработки экспертной информации или экспертных системах. Ключевая идея поиска оптимальных решений состоит в уменьшении количества гипотез, доказанных безрезультатно, и как следствие — увеличение скорости процесса поиска. Существующие методы поиска оптимальных решений имеют ряд ограничений и недостатков, связанных с предварительным накоплением информации, необходимой для их поддержки и, соответственно, требуют больших временных затрат для их реализации. Проектируемые, создаваемые и эксплуатируемые сегодня системы, относящиеся к различным сферам человеческой деятельности, характеризуются возрастающей сложностью. Происходит осознание ограниченности и повышение ценности всех видов ресурсов, рост мощности функциональных элементов.

Поэтому разработка новых методов поиска оптимальных решений в экспертных системах,

основанных на новых принципах, сегодня становится очень актуальной [1].

Современные предприятия, организации и предприятия бытового обслуживания, научно-технические комплексы, научно-исследовательские центры представляют собой сложные «человеко-машинные» системы, эффективность функционирования которых существенно зависит от качества управления ими, от правильности выбора в условиях неопределенности из множеств альтернативных решений оптимального. Задачи организационного управления являются слабоструктурированными и характеризуются трудностью формализации управляемых процессов, значительным динамизмом возникающих ситуаций, неопределенностью исходной информации и многокритериальностью принимаемых решений.

Проблема принятия решений — синтез задач, её теория базируется на таких научных направлениях как математическое моделирование, исследование операций, теория игр, системный анализ, теория принятия решений, математическое программирование, многофакторное оценивание.

Критерии задач неоднородны, так как часть критериев оптимизации стремится к минимальному значению, а часть — к максимальному. Взаимодействие начинается лишь при условии, что оно выгодно финальному звену: компании, производителю.

Поиски оптимальных решений привели к созданию математических методов и ещё в 18 столетии были заложены основы оптимизационного исчисления (численные методы, вариационное исчисление и т.д.). Однако до второй половины 20 века методы оптимизации во многих областях науки применялись очень редко, так как это требовало огромной вычислительной работы, которую без ЭВМ реализовать было крайне трудно, а порой и невозможно. Методы решения задач математического программирования с одним критерием интенсивно разрабатывались последние 50 лет. Однако изучение таких методов являет собой самый простой и ранний этап в развитии математического программирования.

Серьёзная и дорогостоящая задача характеризуется больше, чем одним критерием, а люди, принимающие решения, остро ощущают необходимость оценивать альтернативные решения с точки зрения нескольких десятков критериев.

Существует значительное количество источников и форм проявления неопределенности, вызванных недостатком информации, ее достоверности в силу организационных, технологических причин; связанных с ограничением времени принятия решения заданной точности; порожденных действиями людей в процессе производства и принятия решения и т.д.

В зависимости от постановки, любая из задач оптимизации может решаться различными методами, и любой метод может применяться для решения многих задач. Методы оптимизации могут быть скалярными (проведение оптимизации по одному критерию), векторными (по нескольким критериям), поисковыми (методы случайного и регулярного поиска), теоретико-вероятностными и теоретико-игровыми, вычислительными (основаны на математическом программировании, которое в свою очередь может быть линейным, нелинейным, дискретным, динамическим, стохастическим и т.д.), аналитическими (методы дифференциального и вариационного исчисления).

2. Постановка задачи

Целью работы является исследование методов принятия решений в организационном управлении предприятием с использованием информационных технологических разработок, математических моделей и системного программного обеспечения, а также создание системы, способной определить оптимальный план действий решения оптимизационной задачи при условии, что имеют место ограничения технико-экономического характера. Если же возникнет опасность неполноты нужного количества ресурсов, необходимо решить проблему распределения так, чтобы максимально удовлетворить всех потребителей и при этом достигнуть наиболее существенного эффекта (минимальный убыток или максимальная прибыль).

Авторами статьи исследовались различные критерии методов оптимизации принятия решений, с целью получения наилучшего (оптимального) варианта действий технологического процесса предприятия. Критериями оценивания являются: получение максимальной экономической выгоды (максимизация прибыли) и наилучшего качества выпускаемой продукции, уменьшение влияния на окружающую среду (минимизация загрязнений).

В качестве объекта исследования выбрано гипотетическое типовое предприятие, деятельность которого может быть оценена с помощью нескольких критериев.

Проблема принятия решений базируется на таких научных направлениях как системный анализ, многофакторное оценивание, исследование операций.

В реальной постановке эта проблема может быть сформулирована как многокритериальная оптимизационная задача, что является её главным свойством [2].

Основной этап в постановке и решении задачи оптимального производства – построение допустимого множества. Неформальный анализ этого множества является неотъемлемой частью решения поставленной задачи.

Обычным является то, что человек ставит задачу, а для её решения используется ЭВМ. В этом случае такая система не функционирует, так как очень редко до принятия решения возможно поставить задачу производства.

Более того, в ряде случаев заказчик не может правильно формализовать главные критерии производства. Но постановка и решение – единый неразрывный процесс, и именно поэтому определить допустимое множество возможно лишь в процессе решения задачи. Анализ допустимого и парето-оптимального множества решений и выбор наиболее оптимального варианта, в основном, не является сложным для специалистов [4].

Главная цель каждого предприятия в условиях рыночной экономики – максимизация прибыли и минимизация затрат. Эффективность предприятия зависит от формирования себестоимости. Именно эта информация лежит в основе прогнозирования экономической ситуации и управления производством.

В результате поставленная задача сводится к следующему:

1. Исследование критериев оптимизации в многокритериальных системах организационного управления производством.
2. Построение математических моделей управления деятельностью предприятия в условиях многокритериальности.
3. Выработка рекомендаций для выбора методов решения исследуемых моделей.
4. Анализ полученного результата в виде множества решений и выбор оптимального.

3. Построение математической модели

Математическая модель – это сложная система: с распределенными и сосредоточенными параметрами, линейными и нелинейными, стохастическими и детерминированными. Параметры модели зачастую непрерывные. Область поиска может быть несвязной, необходимая информация отсутствовать, функции цели недифференцированными, а размерность векторов критериев и параметров может достигать огромной величины.

Основное преимущество метода в том, что во время производства, в ходе анализа пространства параметров поступает важная информация о качестве математической модели. Её корректируют или, если это необходимо, строят новую. Так, метод выступает как индикатор достоверности модели с точки зрения позиций исследуемых показателей. Это основное преимущество метода и он не менее важен, чем сам результат оптимизации, поскольку мы получаем ответы на ключевые вопросы: содержательна ли и насколько модель по тем или иным критериям, какова значимость полученных результатов и т.д. Таким образом, осуществляется формирование модели и допустимого множества.

Главная цель деятельности любого предприятия в условиях жесткой рыночной конкуренции – максимизация прибыли или минимизация убытка. Эффективность работы предприятия зависит от информации о себестоимости. Затраты на производство продукции – база для установления цены. Эта информация лежит в основе прогнозирования и управления производством [4].

Исходя из этого формулировка задачи и модель максимизации прибыли может быть представлена в следующем виде: максимизировать или минимизировать $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ при таких ограничениях:

$$\begin{aligned} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_1; \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_2; \\ &\dots\dots\dots \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_m; \end{aligned} \quad (1)$$

где: $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – критерий эффективности или целевая функция – прибыль от производства, стоимость перевозок, смета за аренду помещений и т.п.; $g_m(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функции, задающие ограничения на ресурсы.

Если рассматривать эту задачу как задачу линейного программирования с применением формально-математического подхода, получим задачу поиска неизвестных величин, удовлетворяющих:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$x_j \in Q = \{1, 2, \dots, n\}, \quad (3)$$

где Q – множество ассортимента продукции, которое выпускаемого предприятием.

При условии выполнения системы неравенств:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &< b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &< b_2, \\ &\dots\dots\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &< b_m; \\ x_j &\geq 0; \forall j = 1, n; \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнение (2) описывает функцию цели: максимизация прибыли при технико-экономических

ограничениях неравенства (4). Или в векторно-матричной интерпретации:

$$\begin{aligned} \max cx, \\ Ax < b. \end{aligned} \quad (5)$$

Теперь рассмотрим другие критерии, характеризующие качество деятельности предприятия.

Рассматриваемая задача относится к задачам квадратичного программирования. Оно позволяет проводить оптимизационные исследования в задачах, где целевая функция составлена из линейных и квадратичных слагаемых, а ограничениями выступают линейные функции. Модель задачи сводится к поиску максимального значения функции показателя качества продукта:

$$F_2(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j + \sum_{r=1}^n \sum_{j=1}^n d_{kj} x_{kj} x_j \quad (6)$$

при линейных ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b, x_j \geq 0. \quad (7)$$

Одним из важных критериев является критерий уровня загрязнения окружающей среды. При функционировании производственного предприятия обязательно возникает геотехническая система (ГТС), включающая в себя влияние объекта на окружающую среду и изменения её состояния и экологию в целом [3]. Возникает задача на минимизацию загрязнений – функция (8) при ограничениях (9). Параметры функции c_j не известны и зависят от характеристик оборудования, объёмов предприятия и материальных ресурсов на производство.

$$F_3(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min, \quad (8)$$

$$AX \leq B, X \geq 0. \quad (9)$$

Общая задача заключается в нахождении оптимального компромиссного плана. Определяется выпуклая линейная комбинация – вектор $X^{(0)}$ – оптимальная программа относительно определенных критериев, которая обеспечивает компромисс между величиной прибыли, качеством выпускаемого продукта, уровнем загрязнения. Необходимо также учитывать установленные ранее ограничения.

Один из возможных методов решения заключается в том, что вначале находятся три оптимальных вектора производства $X^{(i)}$, которые соответствуют одному из локальных критериев. Далее определяется вектор $X^{(0)}$ [5]:

$$X^{(0)} = v_1 x_1^{(1)} + v_2 x_2^{(2)} + v_3 x_3^{(3)} \quad (10)$$

Для нахождения коэффициентов v_1, v_2, v_3 используется игровая модель и матричный метод решения:

$$g_{kl} = \left| \frac{F_1(X^{(l)}) - F_1(X^{(k)})}{F_1(X^{(1)})} \right|, (k, l). \quad (11)$$

Для программной реализации математической модели может быть использовано программное обеспечение, позволяющее проводить оценивание по каждому из описанных критериев. Логика программы основана на симплекс-методе [3]. Его идея заключается в последовательном продвижении по базисам опорных планов вплоть до получения оптимального решения или доказательства неразрешимости задачи. Значение целевой функции при этом увеличивается, а система ограничений приводится к каноническому виду. По найденной целевой функции и системе ограничений строится симплекс-таблица. Данные на выход подаются нормализованными и представленными в каноническом виде, то есть предварительно обработанными. Во время исследования учитывался факт того, что критерии оценки в реальном технологическом процессе разделяются на сложные математические модели.

Специфика предприятия позволяет выбрать тип поставленной задачи — на максимизацию или минимизацию, задать количество переменных, уравнений, изменять коэффициенты, пошагово искать оптимальное решение для заданного критерия.

Следует отметить, что использованный в работе симплекс-метод решения оптимизационных задач многокритериального типа не является единственным. В настоящее время для решения задач принятия решений при оценке деятельности предприятия могут быть использованы эволюционные методы оптимизации [5].

Выводы

В статье были исследованы методы оптимизации в задачах принятия решений по различным критериям в системах организационного управления деятельностью предприятия. Также была предложена типовая математическая модель исследуемой задачи. В качестве методов решения на предложенной модели использован наиболее применяемый математический метод в виде задач линейного программирования. Линейное программирование применимо для построения математических моделей процессов, которые происходят в реальном мире: задачи планирования и управления, экономические задачи, задачи оптимального размещения оборудования и т.д. Метод линейного программирования симплекс-таблиц идеально подошел для решения поставленной задачи.

В результате исследования была построена математическая модель производства с технико-экономическими и экологическими ограничениями, выбран метод решения модели и разработано программное приложение.

В данной работе проведена оценка классических и современных методологий решения многокритериальных задач, выявление их достоинств и недостатков, разработка математической модели, методов и алгоритмов, позволяющих найти решение указанной выше модели, создание программного продукта, спроектированного как система, способная решать оптимизационные задачи, которые разрешимы разработанными методами и алгоритмами.

Принцип решения полученной модели наиболее соответствует традиционным методам теории оптимизации. Метод решения разработанной математической модели основан на использовании методов теории игр. Метод легко реализуется программно и позволяет найти оптимальное решение — один из вариантов решения проблемы, имеющих наилучшую оценку.

Список литературы: 1. *Гвоздинський А.М.* Методи оптимізації в системах прийняття рішень: навч. посібник / А.М. Гвоздинський, Н.А. Якімова, В.О. Губін — Харків: ХНУРЕ, 2006. — 325 с. 2. *Бондаренко М.Ф.* Оптимізаційні задачі в системах прийняття рішень: підручник / М.Ф. Бондаренко, А.М. Гвоздинський — Харків: ХТУРЕ, 1998. — 219 с. 3. *Уланов Г.М.* Методи разработки интегрированных АСУ промышленными предприятиями / Г.М. Уланов. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 314 с. 4. *Хоменюк В.В.* Элементы теории многокритериальной оптимизации / В.В. Хоменюк. — М.: Наука, 1983. — 425 с. 5. *Гвоздинский А.Н.* Применение методов эволюционной оптимизации для решения задач производственного планирования / А.Н. Гвоздинский — Харьков: АСУ и приборы автомат. — 2011. — №154. — С. 97-102.

Поступила в редколлегию 30.08.2013

УДК 519.7

Дослідження методів оптимізації в задачах прийняття рішень в багатокритеріальних системах / А.М. Гвоздинський, О.В. Піддубний // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2013. — № 2 (81). — С. 71-74.

У статті представлено принципіальну можливість використання логіко-алгебраїчних моделей та методів оптимізації в багатокритеріальних системах. Розроблено математичну модель виробництва з техніко-економічними та екологічними обмеженнями.

Бібліогр.: 5 найм.

UDK 519.7

Research methods for optimization in decision-making problems in the multi-criteria systems / A.M. Gvozdinskiy, O.V. Piddubnyy // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 71-74.

This work shows the possibility of using logic-algebraic models to create knowledge bases in artificial intelligence systems, approaches are disclosed to the formation of the original set of alternatives, as well as the creation of problem-oriented algorithmic and software, ensuring efficient use of computer technology in various fields of human activity. The mathematical model of the technical-economic and environmental constraints was developed.

Ref. 5 items.



Мохамад Али, О.Ф. Михаль

ХНУРЕ, г. Харьков, Украина, fuzzy16@pisem.net

ЛОКАЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПРОЦЕДУРА ОБУЧЕНИЯ С ТЕКУЩЕЙ КОРРЕКТИРОВКОЙ РАНГОВ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРЕСОРТИРОВКОЙ УЧЕБНОЙ ВЫБОРКИ

Рассмотрено применение локально-параллельной сортировки для организации алгоритма обучения с повторением и контролем полученных знаний. Предложен оптимальный вариант сегментной разбивки регистров представления данных. Описан алгоритм обучения, не предполагающий вспомогательных действий учащегося, помимо основного потока обучения. Область применения – разработка тренажеров для активизации словарного запаса при компьютеризированном обучении иностранным языкам.

ЛОКАЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА, СОРТИРОВКА ДАННЫХ, КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБУЧЕНИЕ

Введение

Текущий этап развития человеческой цивилизации характеризуется качественными изменениями в динамике лавинообразного нарастания накопления научной информации. До середины XX века нарастание шло в основном за счёт ресурса *человеческого интеллекта* (ЧИ) пропорционально росту численности исследователей. Рубеж тысячелетий явственно обозначил угрозу экологического кризиса, опасность исчерпания биологических ресурсов планеты и, как следствие, излом на кривой демографического роста и, в конечном счёте, - невозможность дальнейшего *экстенсивного* использования ресурса ЧИ [1]. Фактором *интенсификации* явилось расширенное введение *усилителей человеческого интеллекта* (УЧИ), какowymi на текущем этапе развития являются средства *вычислительной техники* (ВТ) [1]. ЧИ и УЧИ взаимно дополняют и взаимно влияют друг на друга. УЧИ изначально проявляются и развиваются как модели ЧИ, но когда они воспроизводят «лучшие образцы» и «наиболее эффективные аспекты функционирования» ЧИ, использование УЧИ проявляется как фактор реорганизации индивидуальной творческой человеческой деятельности [2]. По существу это является причиной и основанием расширенного использования средств ВТ в учебном процессе. Цель настоящей работы – демонстрация в указанном контексте одного из аспектов использования средств ВТ: применения *локально-параллельной* (ЛП) сортировки [3] для организации адаптивного алгоритма обучения с повторением и контролем полученных знаний.

1. Упорядоченность объектов

Сортировка объектов есть процесс организации их упорядоченности по некоторым признакам. В естественных (природных) и искусственных (технических) системах – сортировка есть всеобщее групповое массовое явление, результаты которого наблюдаются как крупномасштабное проявление упорядоченности *окружающего мира* (ОМ).

В мелком (ограниченном) масштабе времени и пространства сортировка предстаёт преимущественно как последовательность отдельных актов взаимодействия (сравнения) и изменения взаимного расположения ограниченного количества объектов. Это различие при разных масштабах рассмотрения качественно (т.е. в меру ограниченного человеческого понимания явлений ОМ) может быть трактовано как сохранение ближней и дальней упорядоченности – фундаментальное соотношение между близкодействием и дальнодействием. Система в укрупнённом пространственном и временном масштабе выглядит иначе, чем её малая подсистема, взятая в мелком (подробном) масштабе. Различие проявляется как в характере и общей направленности событий, так и в целях и решаемых задачах.

Подобные проявления (наличие ближнего и дальнего планов и, соответственно, ближнего и дальнего уровней упорядоченности) повидимому могут быть ретроспективно усмотрены так же в самом ЧИ. По существу – это естественно, поскольку ключевая функция ЧИ – отражение ОМ. Для этого ЧИ сам должен быть организован *подобно* (в некотором смысле) ОМ. Субъект постоянно получает информацию об ОМ и в большей или меньшей мере изменяет (переупорядочивает) отдельные элементы образа ОМ в своём сознании в соответствии со степенью новизны и актуальности поступающей информации. Поэтому, в частности в процессе обучения, при освоении нового учебного материала степень освоенности отдельных *элементов* (единиц) *изучаемого материала* (ЭИМ) должна быть соотнесена с уровнем текущей индивидуальной упорядоченности и с порядком (последовательностью) подачи нового материала (последующих ЭИМ). Как следствие, эффективный процесс обучения (освоения нового материала) целесообразно строить с учётом *индивидуального* (личностного) изменения упорядоченности ЭИМ по мере освоения. В идеале (сложно достижимом на практике) процесс обучения должен управляться самим

субъектом, т.е. стать *самообучением*. Ключевыми (взаимосвязанными и взаимодополняющими) моментами в этом являются мотивация (самотивация) и адаптивная организация «обучающей среды». Последнее – есть совокупности средств и методов (алгоритмов обучения), ориентированных на организацию процесса подачи ЭИМ.

Показательным в этом отношении является использование методов ЛП сортировки малых наборов данных [3] при построении систем интерактивного взаимодействия ЧИ со средствами ВТ, рассматриваемое далее на примере компьютерной системы обучения.

2. Оптимальный выбор параметров

Алгоритмы ЛП обработки данных первоначально были разработаны для операций нечёткой логики [4]. Далее принципы ЛП обработки были распространены на сортировку данных [5]. Применительно к *малым наборам* данных вопросы сортировки рассмотрены в [3]. Там же отмечено, что ЛП сортировка максимально эффективна при обработке выборок в пределах разрядности процессора. Конкретизируем данный аспект.

На текущий момент реально распространены средства ВТ с процессорами с разрядностью 32 и 64 бит. Для ЛП представления информации регистр разбивается на непересекающиеся, плотно примыкающие друг к другу сегменты одинаковой длины N [4]. Произведение длины сегмента N на число целых сегментов S_{32} (соответственно S_{64}), поместившихся в регистр разрядностью 32 (соответственно 64) бита, не может превышать разрядность регистра: $N * S_{32} \leq 32$; $N * S_{64} \leq 64$. С учётом этого в таблице представлены предельные объёмы ЛП заполнения регистров. M – есть число разных возможных значений, которые могут быть записаны в сегменте длиной N, т.е. $M = 2^N$; k_{32} и k_{64} – коэффициенты полноты использования регистра – отношение числа возможных разных значений M к числу целых сегментов S_{32} или S_{64} , т.е. $k_{32} = M / S_{32}$, $k_{64} = M / S_{64}$.

Таблица

Пределы ЛП-заполнения регистров

N	M	S_{32}	k_{32}	S_{64}	k_{64}
2	4	16	0,25	32	0,125
3	8	10	0,8	21	0,375
4	16	8	2	16	1
5	32	6	5,33	12	2,66
6	64	5	12,8	10	6,4

Пример интерпретации: при N = 5 в каждом из сегментов может быть записано в битовой форме одно из 32 разных значений: от $0_{10} = 00000_2$, до $31_{10} = 11111_2$ (2 и 10 в индексе означают основание системы счисления). Как следует из

представленного, единственный вариант – 4-битный сегмент при 64-разрядном процессоре – является таким, что число возможных *разных* записей в сегменте равно числу сегментов, помещающихся в регистр. Это значит, что в одном регистре может быть охвачено в точности столько записей о разных ЭИМ, сколько имеется чисел соответствующей длины в двоичном представлении для указания номеров ЭИМ. Т.е. содержимое каждого сегмента может при этом быть интерпретировано как номер соответствующего ЭИМ. Это значит, что в 64-разрядном регистре в 16 4-битовых сегментах может быть записано в точности 16 *разных* чисел из набора от 0 до 15, которые далее могут быть отсортированы ЛП алгоритмом [3]. Таким образом, в смысле полноты использования наличных комбинаций, данный вариант является *оптимальным*. Остальные варианты, представленные в таблице – двух типов:

– вариантов заполнения *меньше*, чем сегментов в регистре (пример: N = 3, M = 8, $S_{32} = 10$, т.е. $M < S_{32}$), что соответствует заполнению регистра повторяющимися числами и неполному использованию потенциальных возможностей ЛП сортировки;

– вариантов заполнения *больше*, чем сегментов в регистре (пример: N = 5, M = 32, $S_{64} = 12$, т.е. $M > S_{64}$), что соответствует невозможности помещения полного набора *разных* чисел в один регистр, необходимости использования для этого нескольких регистров и, опять же, не максимально эффективному использованию возможностей ЛП сортировки.

Из числа неоптимальных вариантов, наиболее близким к оптимальному является N = 3, M = 8, при котором $k_{32} = 0,8$. Его целесообразно избрать при использовании 32-разрядных средств ВТ.

3. Алгоритмизация процесса обучения

Применение средств ВТ в обучении целесообразно и максимально эффективно преимущественно при изучении таких дисциплин, в которых обязательным является полное и безошибочное запоминание ЭИМ, содержащих определённую фиксированную информацию. Показательной в этом отношении является задача освоения нового *лингвистического материала* (ЛМ). Для её решения требуется плотный текущий контроль и многократное повторение, что хорошо автоматизируется средствами ВТ. Напротив, если компьютеризирован некоторый описательный учебный курс (последовательно упорядоченное обзорное изложение материала), то в методологическом плане это не слишком отличается от использования традиционного печатного учебника. Разумеется, возможен учёт времени изучения определённых фрагментов, активизация внимания учащегося, (например

мультимедийными эффектами), принудительное введение дисциплины (дозирование подачи ЭИМ, чередование активных фаз и перерывов) и т.д. Но всё это является скорее компьютеризированными организационными мерами, чем собственно компьютерным обучением. Ключевое различие состоит в наличии и качестве обратной связи (степени адаптивности, интеллектуальности), индивидуализирующей (персонализирующей) процесс подачи ЭИМ.

Интересны обучающие программы – тренажёры по освоению ЛМ, реализующие процедуры с повторением и текущим контролем, типа иллюстрируемой рис. 1.



Рис. 1. Обучение с пошаговой корректировкой ранга вопросов и пересортировкой

Тренируемой областью может быть, в частности, активизация словарного запаса при изучении иностранных языков. Тогда ЭИМ есть пары изучаемых слов. Большинство словарных тренажёров работают по фиксированной схеме:

- выбор из меню изучаемой смысловой темы;
- фиксированный набор слов из этой темы;
- циклическая подача слов (в фиксированном порядке или со случайным выбором), запрос и ввод ответа (альтернативный (типа рис. 2 а) или текстовый (типа рис. 2 б)), контроль правильности;

– предложение удалить элемент из списка (пометить слово как изученное), если учащийся считает, что он его уже выучил;

– по завершении требуемого количества циклов – оценка работы учащегося в баллах или в виде процента правильных ответов по всей теме, или по каждому элементу (слову) в отдельности.

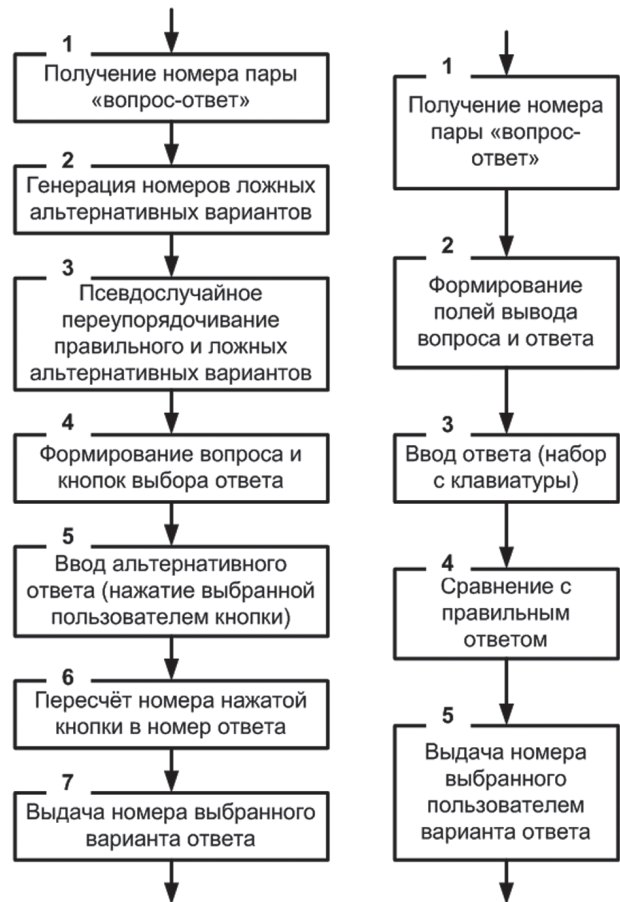


Рис. 2. Предъявление очередного вопроса с выбором альтернативного варианта (а) и с непосредственным текстовым вводом ответа (б)

Не оспаривая в целом эффективности этой схемы, отметим имеющееся в ней ограничение – п. 4: чтобы «отделаться» от надоедливого известного слова (освоенного ЭИМ), учащийся должен отвлечься (выйти на время из потока обучения), оценить («максимально объективно» и «независимо») степень изученности и принять волевое решение. Эти действия качественно отличаются от собственно освоения ЭИМ (процесса запоминания), что вовсе не способствует повышению эффективности. Между тем, освоенные ЭИМ могут быть удалены из предъявляемой последовательности (убраны совсем, либо перенесены в выборку для контрольного повторения – в зависимости от методики) автоматически, на основании текущего (происходящего непосредственно в сеансе обучения) диалога с учащимся. Для этого должны быть сделаны (обеспечены алгоритмически) следующие четыре вещи.

1. В процессе предъявления обучающей выборки ЭИМ после каждого предъявления и получения ответа должен быть пересчитан индивидуальный *ранг изученности* ЭИМ — показатель частоты, с которой этот элемент (слово) должен впредь выбираться и предъявляться учащемуся.

2. После каждого изменения *ранга* элементы в выборке должны быть пересортированы в порядке убывания частоты предъявления. Самые «низкочастотные» (уже хорошо освоенные) ЭИМ должны оказаться «в хвосте», из которого выборка и предъявление маловероятны. «Высокочастотные» (плохо изученные, подлежащие частому предъявлению) ЭИМ должны оказаться «в голове» выборки.

3. Выбор и предъявление очередного ЭИМ осуществляется с использованием генератора случайных чисел с отчётливо нелинейным монотонным профилем закона распределения: максимум «в голове» выборки, минимум — «в хвосте».

4. Блокируется возможность выборки и предъявления ЭИМ, который предъявлялся непосредственно перед этим. Подобное дискомфортное двукратное предъявление — негативно влияет на мотивацию.

Блок-схема, представленная на рис. 1, укрупнённо иллюстрирует описанную обучающую процедуру. На рис. 2 а, б показаны два варианта алгоритмической реализации блока (14) (рис. 1). Нумерация блоков — по столбцам. В алгоритме рис. 1 реализован цикл с предъявлением ЭИМ (4), сортировкой по степени изученности (13) и блокировкой повторений (7). Выход из цикла (9) выполняется инициативно самим учащимся (пользователем программы), либо программой по достижении порогового уровня изученности материала. Формирование очередного вопроса (14) и, соответственно, предъявление ЭИМ (4) и ввод ответа (10), могут осуществляться двумя способами: выбором альтернативного варианта (рис. 2 а) и непосредственным текстовым вводом ответа (рис. 2 б). Вариант на рис. 2 б, по сравнению с вариантом на рис. 2 а, короче на два блока. В методологическом плане данные способы являются взаимно дополнительными, поскольку активизируют разные фазы процесса освоения ЭИМ учащимся. Поэтому в реальном тренажёре должны присутствовать оба режима.

4. Структура представления данных

Как отмечалось, оптимальным является вариант ЛП представления с 4-битовыми сегментами на 64-разрядном процессоре, когда полный набор чисел от 0_{10} до 15_{10} может быть помещён в одном регистре и эффективно отсортирован ЛП алгоритмом [3]. Приведённое соображение целесообразно в качестве исходного при определении структуры организации данных для хранения информации в процессе обучения.

Представляется удобным сгруппировать материал в списки по 16 ЭИМ и обрабатывать учебный процесс списками. В варианте тренажёра по изучению иностранных слов — это таблица с 3 полями: номер строки (от 0 до 15), слово на иностранном языке, перевод. Для реализации самого процесса обучения согласно алгоритму (рис. 1) требуется два рабочих регистра: *регистр рангов* (РР) для хранения числовых значений, соответствующих рангам изученности (освоенности) ЭИМ (слов); и *регистр адресации* (РА), в котором в соответствующих сегментах содержится адресация ЭИМ. Требуются также вспомогательные числа — маски для работы с сегментами регистров РР и РА, как описанные в [3]. Регистр РР изначально заполнен нулями; в регистре РА — хранятся числа от 0_{10} до 15_{10} — адреса слов в фиксированной 16-строчной таблице.

В процессе работы (в ходе процесса освоения материала, в диалоге с учащимся) ранги изученности отдельных ЭИМ изменяются, РР сортируется в соответствии с текущими значениями рангов, элементы в РА переставляются вслед за сортировкой элементов РР. При этом всякий раз при прерывании процедуры обучения (инициативно — учащимся, или при достижении пороговых значений — программой) имеется «текущая картина результатов»: хорошо освоенный материал «в хвосте» регистра и материал «требующий доучивания» — «в голове» регистра. Всё это — с адресацией конкретных ЭИМ — изучаемых пар слов.

5. Программная реализация

Процедура обучения (рис. 1 и 2) по теперешним представлениям не слишком сложна в реализации. Тем не менее, подобный подход не был реализован в традиционном обучающем программном обеспечении (с самого начала, 20–25 лет назад, на заре развития компьютерных обучающих систем) в силу ограниченности ресурсов тогдашних средств ВТ. Пересортировка списка предъявляемых слов после каждого ответа учащегося на прежнем (старом) аппаратном обеспечении приводила бы к задержкам, совершенно не комфортным для учащегося. Процедура становится практически реализуемой (приемлемой по времени) только на теперешнем высокопроизводительном оборудовании, с применением низкоресурсных ЛП методов обработки [2, 3].

Идея, реализованная в блоке (14) (рис. 1), в целом соответствует описанному выше: генератор случайных чисел с существенно нелинейным монотонным профилем закона распределения. Нелинейность профиля обеспечивает селекцию и преимущественное предъявление учащемуся наименее изученного им материала. Отдельного обсуждения требует согласованная ЛП сортировка пары регистров — блок (13), рис. 1. Детализация

дана на рис. 3. Блоки (7) и (13), рис. 3 – однотипные и детализированы блок-схемой рис. 4.

Имеется пара регистров: РР, в сегментах которого содержатся числовые значения, соответствующие рангам изученности (освоенности) ЭИМ (слов); и РА, в котором в соответствующих сегментах содержится адресация ЭИМ. Суть согласованной ЛП сортировки, как отмечалось, состоит в том, что непосредственно сортируются (переупорядочиваются в соответствии с текущими значениями) только сегменты РР, а соответствующие им сегменты РА тасуются (переставляются) вместе с ними и вслед за ними. Таким образом, всякий раз имеется отсортированный набор адресов ЭИМ (слов).

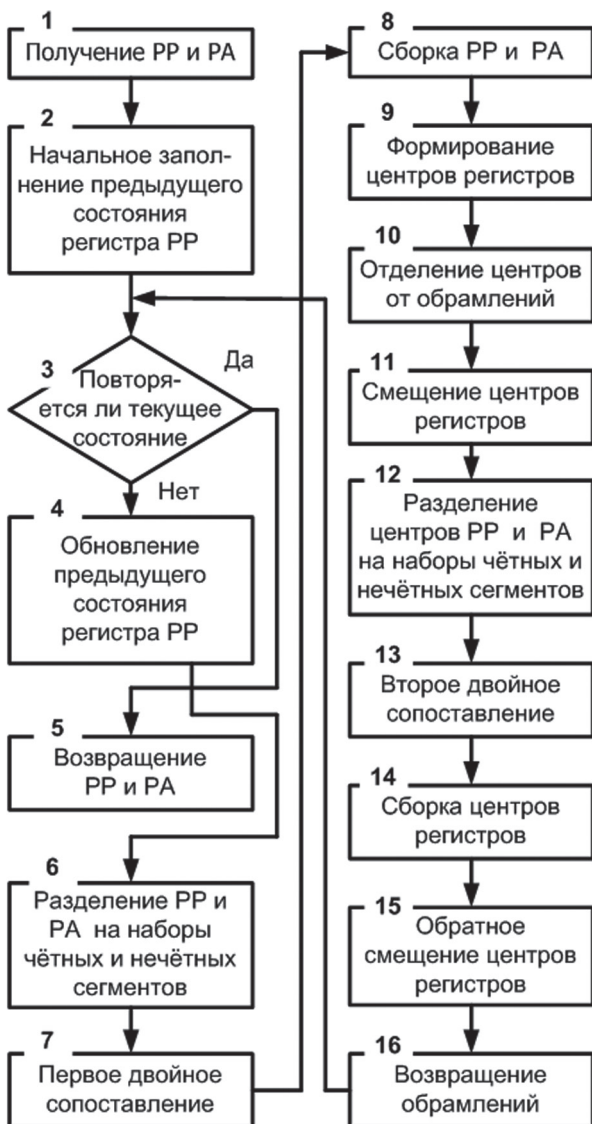


Рис. 3. Локально-параллельная сортировка сегментов пары регистров

Имеется особенность в реализации самого ЛП алгоритма сортировки регистра РР. Как отмечалось в [5], логика алгоритма ЛП-сортировки единообразно и корректно работает применительно к средней части регистра. Здесь всегда без проблем

реализуется разбивка на чётные и нечётные наборы сегментов, с применением масок – констант с чередующейся раскладкой нулевых и единичных сегментов, вида:

... (000...0) (111...1) (000...0) (111...1) (000...0) ...;
 ... (111...1) (000...0) (111...1) (000...0) (111...1) ...,

а также сравнением и селекцией большего и меньшего значений (содержимых сравниваемых сегментов) ЛП алгоритмами нечётких операций min и max [1]. Единообразие нарушается на краях регистра, в связи с чем в [5] в качестве масок использовались специально подобранные константы.

В рассматриваемом варианте применён иной, более единообразный подход. Раздельно обрабатываются центр регистра (всё кроме старшего и младшего сегментов) и обрамление (крайние сегменты). Центр вырезается (отделяется от обрамления (9), (10), рис. 3) и смещается на один сегмент в сторону младших разрядов (11). Таким образом, возникает ситуация, единообразно обрабатываемая при любых ЛП конфигурациях. После обработки (12) - (14), центр возвращается в прежнее положение (сдвигается на один сегмент в сторону старших разрядов (15)) и объединяется с обрамлением (16). Применённый подход единообразен относительно параметров ЛП процедуры: размера и чётного или нечётного количества сегментов.

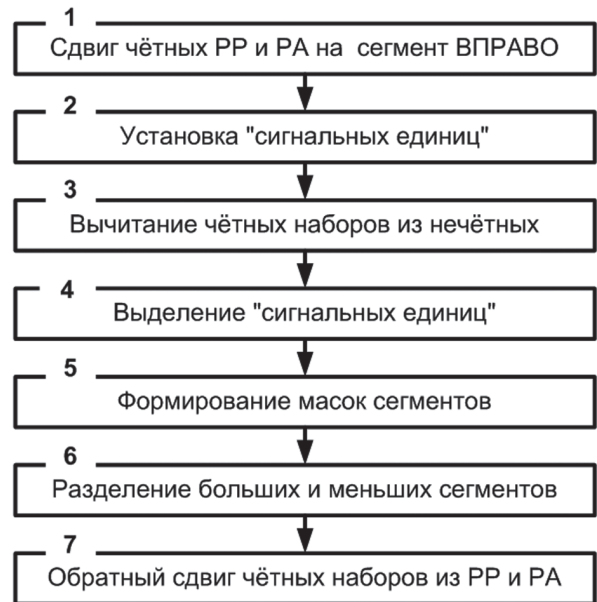


Рис. 4. Согласованное сопоставление регистров

Процедура сопоставления рис. 4 применена дважды ((7) и (13), рис. 3). Она построена на ЛП операциях min и max, с применением «сигнальных единиц» и формированием сегментных масок, как это было сделано в [1] для нечётких теоретико-множественных операция пересечения и объединения. Указанная экономия кода оказалась возможной за счёт применения описанного подхода с формированием центра и обрамления регистра.

Модель реализована в демонстрационном варианте. Ввиду перспективности последующего сетевого использования тренажёра в качестве языка реализации выбран JavaScript. Благодаря этому, демонстрационная версия может быть преобразована в WEB-приложение, основанное на PHP, без дополнительных постановочных алгоритмических решений. Для простоты демонстрации и снижения сложности отладки модель реализована применительно к 32-разрядной технике. Как отмечалось, для $N = 4$ этот вариант близок к оптимальному. Алгоритмических сложностей при переходе на 64 разряда (и далее по мере развития перспективных средств ВТ) — не предвидится, в частности, ввиду применённого подхода с разделением центра и обрамления.

Выводы

Применительно к задаче освоение лингвистического материала сформулирован принцип оптимальности при локально-параллельной организации данных. Рассмотрены оптимальная 64-разрядная и близкая к оптимальной 32-разрядная структуры представления данных. Предложенный вариант реализации алгоритма обучения с использованием локально-параллельной пересортировки выборки по мере изучения, не предполагает вспомогательных действий учащегося, помимо основного потока обучения. В рамках алгоритмизации процесса локально-параллельной сортировки сформулирован подход с разделением центральной части и обрамления регистра. Программно реализован 32-разрядный демонстрационный вариант на языке JavaScript, с ориентацией на последующее сетевое применение.

Список литературы: 1. Михаль О.Ф. Глобальный системный контекст развития ЭВМ / О.Ф. Михаль // Информатика, математическое моделирование, экономика: Сборник научных статей. Т. 1 — Смоленск: Смоленский филиал АНО ВПО ЦС РФ «Российский университет кооперации», 2012. — С. 38-47. 2. Михаль О.Ф. Информационный аспект организации индивидуальной творческой человеческой деятельности / О.Ф. Михаль // Информатика, математическое моделирование, экономика: Сборник на-

учных статей. Т. 2. — Смоленск: Смоленский филиал АНО ВПО ЦС РФ «Российский университет кооперации», 2013. — С. 81-88. 3. Мохамад Али, Михаль О.Ф. Малые наборы данных. Локально-параллельная сортировка / Мохамад Али, О.Ф. Михаль // Информатика, математическое моделирование, экономика: Сб. научных статей. Т. 1. — Смоленск: Смоленский филиал АНО ВПО ЦС РФ «Российский университет кооперации», 2012. — С. 64-67. 4. Михаль О.Ф., Руденко О.Г. Принципы организации систем нечеткого регулирования на однородных локально-параллельных алгоритмах / О.Ф. Михаль, О.Г. Руденко // Управляющие системы и машины. — 2001. — № 3. — С. 3-10. 5. Михаль О.Ф. Локально-параллельные алгоритмы определения степени включения и степени равенства нечетких множеств / О.Ф. Михаль // Проблемы бионики. Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. — Харьков: ХНУРЭ, 2001. — Вып. 55. — С. 80-90.

Поступила в редколлегию 04.04.2013

УДК 681.513

Локально-паралельна процедура навчання з поточним корегуванням рангів вивченості та пересортуванням навчальної вибірки / Мохамад Алі, О.П. Міхаль // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2013. — № 2 (81). — С. 75-80.

Для вирішення задачі освоєння лінгвістичного матеріалу сформульовано принцип оптимальності в організації алгоритму навчання з локально-паралельним сортуванням даних. Запропоновано варіант алгоритму з вилученням будь-яких допоміжних дій учня, крім основного навчального потоку. Реалізовано 32-бітову демонстраційну версію на мові JavaScript з орієнтацією на наступне мережеве застосування.

Табл. 1. Іл. 4. Бібліогр.: 5 найм.

UDK 681.513

Local-parallel procedure of the tutoring with current adjusting of rank of results and sequencing of the samples / Mohamad Ali, O.Ph. Mikhal // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 75-80.

The principle is defined of optimal local-parallel organization of tutoring algorithm for learning the linguistical material. Variant of algorithm is offered, without any auxiliary actions of student, aside from the mainstream of the education. 32-bit demo version is made on JavaScript, with orientation to the future network usage.

Tabl. 1. Fig. 4. Ref.: 5 items.

УДК 004.056



В. А. Лахно

ЛНАУ, м. Луганськ, valss21@ukr.net

МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗАГРОЗ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В СИСТЕМАХ ОБРОБКИ ДАНИХ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

У статті запропоновано новий підхід у методології розпізнавання загроз для інформаційної безпеки (ІБ) інформаційних систем. Розроблено проблемно-орієнтований теоретико-графовий апарат еталонної моделі захищеної автоматизованої системи (ЕМЗАС – мереж), що дозволяє моделювати невразливі технології обробки і передачі інформації з гнучкими захисними механізмами, забезпечуючи формалізацію та дослідження політики безпеки (ПБ) ЕМЗАС.

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА, ЗАГРОЗИ, РОЗПІЗНАВАННЯ, АВТОМАТИЗОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Вступ

Сучасний підхід до забезпечення захисту інформаційних процесів (ІП) від несанкціонованого доступу (НСД) підтримується на міжнародному рівні стандартом ISO/IEC 15408. На вітчизняному рівні — групою нормативних документів та державних стандартів України (ДСТУ) стосовно створення і функціонування КСЗІ: 1) НД ТЗІ 3.7-003-05 Порядок проведення робіт із створення комплексної системи захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі; 2) Державний стандарт України. Захист інформації. Технічний захист інформації. Порядок проведення робіт. ДСТУ 3396.1-96; 3) НД ТЗІ 1.4-001-2000 Типове положення про службу захисту інформації в автоматизованій системі (АС); 4) НД ТЗІ 2.5-004-99 Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу; 5) НД ТЗІ 2.5-005-99 Класифікація автоматизованих систем і стандартні функціональні профілі захищеності оброблюваної інформації від несанкціонованого доступу.

Відповідно до цього підходу надійний ІП успішно протидіє існуючим загрозам інформації при заданих зовнішніх умовах його функціонування. Це призводить до постійного вдосконалення як способів і засобів захисту інформації (ЗЗІ), так і способів і засобів реалізації загроз інформаційної безпеки (ІБ), в результаті чого поява нових ЗЗІ призводить до появи нових засобів нападу.

Це, у свою чергу, призводить до необхідності нового трактування поняття «надійність ІП», під якою слід розуміти відсутність у ньому уражень, внаслідок яких можлива реалізація різних загроз ненавмисного і навмисного характеру. Це дозволяє усунути ряд суперечностей у визначенні протистояння ЗЗІ і нападу. При цьому надійність ІП повинна характеризуватися його відповідністю деяким еталонним моделям безпечної (неураженої) циркуляції (обробки і передачі) інформації. У зв'язку з цим існує практична проблема, яка полягає в тому, що подібний стан речей лише

частково реалізується на практиці і не знаходить прямого відображення у відповідних стандартах на уніфіковані архітектурні рішення АС, наприклад на транспорті [2, 5, 6], які задовольняють загальноприйнятими еталонними моделям [1, 4].

Причина лежить в принципових теоретичних труднощах моделювання технологій забезпечення надійності та захисту ІП в АС обробки даних критичного застосування (АСОД КЗ), що виникають при спробі з'єднати перспективний підхід до забезпечення надійності та захисту ІП від НСД з гнучкістю захисних механізмів. Слід зауважити, що АСОД КЗ з'явилися в результаті впровадження обчислювальної техніки в сфері критичних об'єктів (військові об'єкти, екологічно небезпечні виробництва, атомні станції, об'єкти транспорту, зв'язку, фінансово – кредитної сфери і т. ін.), що характеризуються неприйнятністю для суспільства збитків від порушення їх працездатності [1, 3, 4, 6].

Будь-яка модель політики безпеки (ПБ) для забезпечення високонадійної обробки інформації (ВНОІ) обов'язково підтримує глобальну ПБ, що характеризує бажані властивості ІП (синтаксис доступу), і може підтримувати локальну ПБ, що характеризує правила переходу ІП між сусідніми станами (семантика доступу). Наявність підтримки локальної ПБ означає динамічність відповідної моделі, а відсутність — статичність. Динамічна модель ПБ, на відміну від статичної, накладає обмеження на стан ІП.

Якщо множину можливих станів АСОД КЗ вдається подати як кінцеву множину, то модель ПБ відноситься до класу моделей кінцевих станів. Теоретичним підґрунтям принципової безпеки таких моделей ПБ служить так звана основна теорема безпеки, яка формулюється і доводиться окремо для кожної моделі [2]. Дискреційна модель, що встановлює повноваження доступу користувачів, у загальному випадку виступаючих у певних ролях, до об'єктів, взагалі не користуючись переходами між станами ІП, найбільш досконалим засобом підтримує глобальну ПБ. Водночас, не відносячись

до моделей кінцевих станів, вона принципово небезпечна. У цьому зв'язку розробка моделей комплексів ПБ є актуальною, так як ці моделі є моделями кінцевих станів по суті і дискреційними за формою. Формалізм таких моделей повинен інтегрувати на теоретико-графовій основі в дискреційний формалізм, що має статичний характер і зручний для опису процесів обробки інформації формалізм мережі, що має динамічний характер. У результаті він повинен конкретно описувати динамічний і статичний доступ до інформації, яка структурується з метою забезпечення єдності розгляду глобальної та локальної ПБ.

У плані конфіденційності та доступності інформації гнучкість захисних механізмів означає гнучкість розмежування доступу, а ураження криються в моделі використовуваної ПБ і в її практичній реалізації. Єдиною справді гнучкою є дискреційна модель ПБ, яка неминує породжує уразливості. З іншого боку, єдиним принципово безпечним є клас моделей кінцевих станів, що бере свій початок від мандатного методу контролю доступу. Проте можливості застосування існуючих моделей кінцевих станів дуже обмежені через їх принципову негнучкість [1, 4, 5]. Цей недолік даного класу моделей можна усунути, поєднавши даний клас моделей з дискреційною моделлю. Але цьому заважає загальноприйнятий незалежний розгляд процесів захисту інформації від процесів її обробки, а відхід від цього принципу вимагає нових досліджень, результати яких подані в даній роботі.

У плані цілісності інформації гнучкість захисних механізмів зводиться до обмеженості негативного впливу сервісу контролю цілісності (КЦ) на ефективність обробки інформації внаслідок відволікання обчислювальних ресурсів, перш за все, тимчасових, а забезпечення невразливості досягається ступінчастим КЦ при породженні одних суб'єктів іншими в ході реалізації будь-яких процесів обробки інформації. Моделювання потрібних критеріїв якості функціонування сервісу КЦ, як об'єкта управління, повинне ґрунтуватися на формалізмі кінцевих ланцюгів Маркова, що має дискретний характер.

1. Попередні дослідження

У роботах [1-4] проаналізовано шляхи вдосконалення ВНОІ та підвищення захищеності ІП у АСОД КЗ. Залежно від того, в якій інформаційній системі протікають розглянуті ІП, сучасний підхід до забезпечення їх надійності та безпеки задоволений більшою чи меншою мірою. Яскравий приклад слабкої задоволеності дають АСОД КЗ на транспорті [2, 5, 6], і на цій підставі далі будемо розглядати ІП саме в них.

Аналіз сформованого підходу до побудови ЗЗІ від НСД в АСОД КЗ показав, що традиційне

використання автономних ЗЗІ НСД із прагненням до їхньої універсалізації відповідно до концепції навісного замка суперечить перспективному підходу до забезпечення надійності та безпеки ІП. Сучасний підхід за принципом задоволення ЗЗІ НСД профілям захисту і завданням з безпеки, що відображає можливості протидії відомим загрозам, не дозволяє усунути ряд суперечностей у визначенні протистояння ЗЗІ і засобів нападу.

Аналіз існуючих методів організації управління процесами захисту ІП від НСД в АСОД КЗ показав актуальність завдання організаційно – технологічного управління сервісом КЦ [1,3]. Вона являє собою завдання оптимального управління сервісом КЦ за рахунок автоматизації його запуску за критеріями якості функціонування, що забезпечує найкращий КЦ при збереженні ефективного функціонування АСОД КЗ. Однак така автоматизація залишається проблемою навіть для використовуваних у сучасних АСОД типових ЗЗІ НСД. Аналіз стандартизованого способу оцінки якості та ефективності комплексів сервісів безпеки (КСБ) як програмних засобів (ПЗ) стосовно специфіки організації управління сервісом КЦ в АСОД КЗ показав неадекватність передбачених характеристик властивостям сервісу КЦ як об'єкта управління. Тому запропоновано ввести нові характеристики і подхарактеристики — критерії якості функціонування сервісу КЦ як об'єкта управління.

На основі проведеного в роботах аналізу [2, 3, 5, 6] визначено мету та завдання дослідження. Відповідно до запропонованого системного підходу основним результатом формування методологічних засад забезпечення надійності та безпеки ІП у АСОД КЗ є еталонна модель захищеної автоматизованої системи (ЕМЗАС) як ідеалізована модель АСОД КЗ, що реалізує принципово безпечну технологію циркуляції інформації. Така модель забезпечує можливість стандартизації уніфікованого архітектурного вигляду різних класів АСОД КЗ шляхом розробки та реєстрації по регламентації стандартів у галузі ІБ. Регламентовані еталонні моделі захищеної автоматизованої системи (ЕМЗАС моделі) комплексів ПБ, з'єднуючи сутність моделей кінцевих станів з дискреційною формою, передбачають, що будь-який дискреційний доступ може реалізовуватися тільки однозначно обумовленою послідовністю переходів між кінцевими станами, для якої можна гарантувати її безпеку.

2. Постановка задачі

Метою дослідження є розробка теоретичних основ моделювання процесів ВНОІ, що забезпечують як недопущення її уразливостей від впливу загроз ненавмисного і навмисного характеру, так і гнучкість захисних механізмів за рахунок інтеграції математичних моделей обробки, розпізнавання загроз ІБ та захисту інформації.

3. Результати дослідження

У ході виконаних досліджень, а також результатів робіт [2, 6], запропонована концептуальна модель організаційно-технологічного управління сервісом КЦ в АСОД КЗ на транспорті, що дозволяє забезпечити розумний компроміс між задоволенням вимог до АСОД КЗ по захисту ІП від НСД і за її цільовим призначенням. Прагнення скоротити тимчасові витрати на проведення перевірок цілісності, з одного боку, і забезпечити своєчасне виявлення порушення цілісності з іншого, викликає необхідність оптимізації стратегії запусків сервісу КЦ на основі, яка задовольняє сформульованому переліку вимог комплексної оцінки якості його функціонування в АСОД КЗ.

Теоретичною базою реалізації монітора звернень до еталонної АСОД служить відома концепція ізольованого програмного середовища (ІПС). Вона є подальшим розвитком класичної загально-визнаної концепції ядра безпеки, заснованої на суб'єктно – об'єктній моделі АСОД, в напрямку обліку породжень суб'єктів.

Якщо концепція ядра безпеки спрямована на вирішення завдання реалізації довільно заданої ПБ, то концепція ІПС спрямована додатково на вирішення завдання гарантування довільно заданої ПБ. Концепція еталонної АСОД у розумінні ЕМЗАС розвиває концепцію ІПС в напрямку регламентації комплексу ПБ ЕМЗАС. Призначенням концепції еталонної АСОД є реалізація заданої локальної ПБ ЕМЗАС, яка гарантує задану глобальну ПБ ЕМЗАС, що забезпечує єдність розгляду динамічного і статичного доступу до інформації. Засобом реалізації даної концепції є організація в АСОД ІПС, що відповідає спеціальному переліку вимог до її суб'єктного наповнення

Побудована концепція організації суб'єктного наповнення еталонної об'єктно-реляційної СУБД із деталізацією даних вимог, що дозволяє використовувати об'єктно-реляційні технології в еталонних АСОД.

Основними засобами реалізації концепції еталонної АСОД є рівневі КСБ. Еталонна АСОД являє собою подобу слоїстого пирога, де ІП, організовані в сусідні функціональні рівні ієрархічної структуризації ресурсів ЕМЗАС, поділяються відповідними рівневими КСБ, які є контролюючими посередниками при взаємодії ІП, що відносяться до сусідніх рівнів ЕМЗАС. Створення нормативної бази реалізації концепції еталонної АСОД вимагає такого підходу до стандартизації уніфікованого архітектурного вигляду різних класів еталонних АСОД, який передбачає стандартизацію їх рівневих інтерфейсів у формі стандартизації інтерфейсів сполучення ІП даного рівня ЕМЗАС із сусідніми з ними за рівнем ЕМЗАС рівневими КСБ. При такому підході до стандартизації АСОД КЗ може

будуватися з окремих програмних блоків, гарантовано «щільно припасованих» один до одного без утворення уразливостей для ІБ. Їх можна комплектувати в поступово розширювану бібліотеку ЕМЗАС – класів на зразок базової бібліотеки класів технології *dot net*.

Введемо наступні позначення для нашої моделі: L – число рівнів ЕМЗАС-мережі ($L=13$ [1, 4]), $k=1, \bar{L}, l=1, \bar{L}, k \neq l$; S – множина позицій, $S = Q \cup V \neq \emptyset, Q \cap V = \emptyset, |S| < \infty, |Q| = |V|$;

Q, V – множини простих і дозвільних позицій,

$$|Q| < \infty, |V| < \infty, Q = \bigcup_{l=1}^L Q_l \neq \emptyset, Q_k \cap Q_l = \emptyset,$$

$$V = \bigcup_{l=1}^L V_l \neq \emptyset, V_k \cap V_l = \emptyset;$$

Q_l, V_l – множини простих і дозвільних позицій l -го рівня, $|Q_l| = |V_l| \neq 0$;

U – множина модулів,

$$U = \bigcup_{l=1}^L U_l \neq \emptyset, |U| < \infty, U_k \cap U_l = \emptyset;$$

U_l – множина модулів l -го рівня;

$I(u) = i_1.i_2 \dots i_{L-l}$ – індекс модуля $u \in U_l$ та блоку, у якого цей модуль верхній (№ 0 у блоці), зокрема, $I(u) = 0$ при $l = L$;

$K[I]$ – число нижніх модулів у блоці з індексом I ;

I, j – індекс нижнього модуля з номером $j = 1, K[I]$ у блоці з індексом I , якщо I, J – індекси модулів, то

$$(J \subset I) \Leftrightarrow (I \supset J) \Leftrightarrow (I = J.i_1.i_2 \dots i_k),$$

$$(J \subseteq I) \Leftrightarrow (I \supseteq J) \Leftrightarrow ((J \subset I) \vee (I = J)).$$

Для завдання структури ЕМЗАС-мережі вводяться такі позначення: N – число номерів авторизації, $\lambda = 1, \bar{N}$ – номер авторизації; $r = r[I, \lambda]$ – булева ознака допустимості авторизації λ у модулі з індексом I ; $M_{in} = M_{in}[I, \lambda], M_{out} = M_{out}[I, \lambda]$ – вхідна й вихідна функції розмітки, що визначають маркування вхідних і вихідних позицій модулів у формі булевої змінної (показують, чи містить позиція фішку, причому кожна позиція може містити не більше однієї фішки).

Формальне подання модуля ЕМЗАС-мережі заданої структури має вигляд

$$u = \langle I, q = q[I, \lambda], v = v[I, \lambda] \rangle \in U_l, \quad (1)$$

де $I = I(u)$ – індекс модуля; $q = q[I, \lambda] \in Q_l, v = v[I, \lambda] \in V_l$.

А формальне подання структури ЕМЗАС-мережі наступне:

$$\varepsilon = \left\langle N, K = K[I], r = r[I, \lambda], M_{in} = \right. \\ \left. = M_{in}[I, \lambda], M_{out} = M_{out}[I, \lambda] \right\rangle. \quad (2)$$

Введення апарату ЕМЗАС – мереж відкриває шлях для систематичного дослідження їх

математичних властивостей як інструменту розробки АСОД КЗ на основі ЕМЗАС. Головним кроком на цьому шляху є побудова з використанням апарату ЕМЗАС-мереж методу моделювання комплексу ПБ еталонної АСОД у вигляді ПБ на ЕМЗАС-мережі.

Глобальна (g) ПБ і дискреційна l-го рівня подаються множиною дозволених ними позицій: $\Psi_g \subseteq V_l$; $\Psi_{dl} \subseteq V_l$, а рівнева локальна (l) має вигляд

$$\Psi_{ll} = \left\{ \langle I(u), \lambda, r[I(u), \lambda] \rangle \mid u \in U_l, \lambda = \overline{1, N} \right\}. \quad (3)$$

Блокова ПБ (b) подається установкою ознак допустимості всіх авторизацій у модулях даного блоку, погодженої за наступними правилами ($\lambda = \overline{1, N}$, $I = I(u)$, $u \in U \setminus U_1$):

$$(\exists_j \in \overline{1, K[I]}) (r[I.j, \lambda] = 1) \Rightarrow (r[I, \lambda] = 1); \quad (4)$$

$$(r[I, \lambda] = 0) \Rightarrow (\forall_j \in \overline{1, K[I]}) (r[I.j, \lambda] = 0). \quad (5)$$

Локальна ПБ подається у такий спосіб:

$$\Psi_l = \bigcup_{l=1}^L \Psi_{ll} = \left\{ \langle I(u), \lambda, r[I(u), \lambda] \rangle \mid u \in U, \lambda = \overline{1, N} \right\}, \quad (6)$$

де всі $r[I(u), \lambda]$ взаємно погоджені за всіма блоками відповідно до правил ($\lambda = \overline{1, N}$, $I = I(u)$):

$$(r[I, \lambda] = 1) \Rightarrow (\forall J \subset I) (r[J, \lambda] = 1), \quad (7)$$

$$u \in U \setminus U_L;$$

$$(r[I, \lambda] = 0) \Rightarrow (\forall J \supset I) (r[J, \lambda] = 0), \quad (8)$$

$$u \in U \setminus U_1.$$

Дискреційна ПБ подається своїм можливим $\Psi_{др}$ або глобалізованим $\Psi_{дг}$ поданням:

$$(v[I, \lambda] \in \Psi_{др}) \Leftrightarrow ((v[I, \lambda] \in \Psi_{др}) \wedge (\forall J \supset I) (v[J, \lambda] \notin \Psi_{др}));$$

$$\Psi_{др} = \bigcup_{l=1}^L \Psi_{dl} \subseteq V, \quad \Psi_{дг} \subseteq \Psi_{др}, \quad \lambda = \overline{1, N},$$

$$I = I(u), \quad u \in U, \quad (9)$$

причому множини Ψ_{dl} погоджено за правилами ($\lambda = \overline{1, N}$):

$$(v[I, \lambda] \in \Psi_{др}) \Rightarrow (\forall J \subset I) (v[J, \lambda] \in \Psi_{др}),$$

$$I = I(u), \quad u \in U \setminus U_L; \quad (10)$$

$$(v[I, \lambda] \notin \Psi_{др}) \Rightarrow (\forall J \supset I) (v[J, \lambda] \notin \Psi_{др}),$$

$$I = I(u), \quad u \in U \setminus U_1. \quad (11)$$

Індукування дискреційної політики безпеки глобальною означає, що $\Psi_g = \Psi_{дг}$, а локальної — політикою безпеки дискреційною —

$$(\forall v = v[I, \lambda] \in V) ((v \in \Psi_{др}) \Leftrightarrow (r[I, \lambda] = 1)). \quad (12)$$

У ході досліджень були розроблені математичні моделі синтезу політики безпечної взаємодії ІП в еталонній АСОД, що дають можливість розглядати

ПБ окремих ІП (на різних структурних компонентах ЕМЗАС-мережі) з можливістю їх подальшого поєднання (пошаровий синтез ПБ на ЕМЗАС-мережі).

У ході досліджень виконано моделювання організаційно-технологічного управління сервісом КЦ у випадку захисту ІП типової ЗЗІ НСД і у випадку еталонної АСОД. В обох випадках для підтримки прийняття адміністратором захисту інформації відповідних рішень пропонується використовувати нову підсистему — підсистему автоматизованого управління сервісом КЦ інформації.

Обґрунтований комплекс критеріїв якості функціонування сервісу КЦ як об'єкта управління:

- 1) динамічні — «адекватність функціонування» E_{af} , «тимчасова агресивність функціонування» E_{ta} ;
- 2) статичні (булеві) — «функціональність» E_f , «ресурсна агресивність функціонування» E_{ra} , «функціональна агресивність функціонування» E_{fa} , «зручність використання» E_{ur} .

Розроблено математичні моделі оцінки критеріїв якості функціонування сервісу КЦ. Допустиме значення статичних критеріїв означає, що контролюються на цілісність тільки ті ІП і тоді, що і коли передбачається експлуатаційною документацією на АСОД.

Для оцінки динамічних критеріїв запропоновано напівмарківські моделі, що формуються для звичайної АСОД на базі вихідної Е-мережі, а для еталонної АСОД — вихідної ЕМЗАС-мережі. Ці напівмарківські моделі дають можливість врахувати вірогідний характер переходів між різними станами і довільність законів розподілу часу переходів у припущенні незалежності ймовірності і часу переходу від попередніх переходів. У випадку захисту ІП типової ЗЗІ НСД моделі для оцінки двох динамічних критеріїв подаються відповідно двома кінцевими напівмарківськими процесами (КНП) з різними початковими і кінцевими станами. Згідно з еталонною АСОД два динамічних критерія виражаються через один допоміжний критерій динамічної ефективності E , модель для оцінки якого представляється своїм КНП. Кожен КНП записується своєю напівмарківською матрицею $H(\tau) = \|H_{ij}(\tau)\|$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$, сформованою на базі вихідної мережі. Її елемент $H_{ij}(\tau) = p_{ij} G_{ij}(\tau)$, де p_{ij} , $G_{ij}(\tau)$ — ймовірність і функція розподілу ймовірностей часу переходу КНП, що знаходиться у стані i , безпосередньо у стан j .

Кожен із критеріїв E_{af} , E_{ta} (у випадку захисту ІП типовий ЗЗІ), E (у випадку еталонної АСОД) є можливість своєчасного досягнення відповідним КНП поглинаючого стану. Таким чином, динамічні критерії формалізовані як імовірностно-тимчасові характеристики (ІТХ) функціонування сервісу КЦ інформації, яка обробляється в АСОД. Вихідною основою для дослідження такого роду

ІТХ та часів життя КНП використовується у загальному випадку система рівнянь динаміки КНП, що має в оригіналах і зображеннях вигляд:

$$Q_i(\tau) = H_{in}(\tau) + \sum_{j=1, j \neq i}^{n-1} \int_0^{\tau} H_{ij}(t) \cdot Q_j(\tau - t) dt, i = \overline{1, n-1}; \quad (13)$$

$$\begin{aligned} (I - \overline{H}(v))q(v) &= h(v), \\ (I - \overline{H}(0))\alpha &= h(0), \end{aligned} \quad (14)$$

де I – одинична матриця; $\overline{H}(v) = \|h_{ij}(v)\|, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{1, n-1}; h(v) = (h_n(v)), q(v) = (q_i(v)), \alpha = q(0) = (\alpha_i), i = \overline{1, n-1}; h_{ij}(v), i = \overline{1, n-1}, j = \overline{1, n}$ – перетворення Лапласа-Стилтьєса функції $H_{ij}(\tau); \alpha_i, Q_i(\tau)$ – вірогідність поглинання КНП у стані i за будь-який час та менше $\tau, q_i(v)$ – перетворення Лапласа-Стилтьєса функції $Q_i(\tau)$.

Залежності (13) і (14) виходять при застосуванні формалізму напівмарківських матриць, інтегруючих матричний формалізм кінцевих ланцюгів Маркова та операторний формалізм випадкових процесів при єдиному розгляді безперервного часу і дискретних станів.

Результати застосування моделей неуразливих технологій циркуляції інформації до типової бази даних, керованої еталонною об'єктно-реляційною СУБД, свідчать про широкі можливості цих моделей для забезпечення доступності та конфіденційності інформації, що обробляється в перспективних АСОД КЗ.

Для посилення ступеня захисту інформаційних ресурсів керівникам підприємств запропоновано [2, 6] використовувати безперервне коригування профілів активних користувачів, зокрема, так званий ітераційний алгоритм (ІА). Сенс ітераційного алгоритму полягає в неявному зворотному зв'язку сервера з користувачем, що реалізується через облік статистики запитів. Отримана оцінка поточного профілю користувача використовується для поділу користувачів на групи за ступенем небезпеки для ресурсів ІС: а) користувач, б) потенційно небезпечний користувач; в) небезпечний користувач; г) порушник. Для синтезу процедури автоматичної класифікації застосований апарат дискретних процедур розпізнавання загроз і пошуку уразливостей, детально описаний у роботах [2, 6].

Ступінь небезпеки кожної загрози залежить від значень ряду факторів, що підвищують або знижують захищеність об'єкту інформаційної безпеки (ОІБ) від даної загрози. Фактори, що знижують захищеність ОІБ, будемо називати факторами ризику, а ті, що підвищують її – факторами захищеності. Інтегральна оцінка уразливості й захищеності ОІБ є функцією його захищеності від кожного виду загроз. Інформація, яка є основою побудови дискретних процедур розпізнавання та протидії загрозам (ДПРПЗ) ІБ, може бути подана в різних

формах, наприклад, у вигляді важко з'ясовних ознак НСД $\{p_{ax1}, \dots, p_{axn}\}$ у комп'ютерних системах, діапазонів граничних значень, параметрів вхідного вихідного трафіка, непередбачуваних адрес пакетів, атрибутів, часових параметрів, запитів і т.д.

Позначимо через MI загальне число загроз інформації; PA – число можливих цілей порушника в захищеній АІСП; B_{pa} – множину номерів загроз інформації, реалізованих порушником при досягненні p_a -ї мети.

Досліджується деяка множина об'єктів, у нашому випадку це PA – число можливих цілей порушника. Об'єкти цієї множини описуються системою ознак $\{p_{ax1}, \dots, p_{axn}\}$. Відомо, що множина PA представлена у вигляді об'єднання непересічних підмножин (класів) загроз інформації – $(KL_1, \dots, KL_l) = (B_{pa1}, \dots, B_{pal})$. Існує остаточний набір об'єктів $\{sp_{a1}, \dots, sp_{am}\}$ з PA , про які відомо, до яких класів вони належать (це прецеденти, тобто об'єкти, використовувані для навчання – ОВН). Потрібно за пред'явленим набором значень ознак, тобто описом деякого об'єкта sp_{an} з PA , про який невідомо, до якого класу він належить, визначити цей клас і, відповідно, вибудувати роботу ЗЗІ таким чином, щоб вона могла ефективно протидіяти загрози в межах даного класу.

При вирішенні завдань розпізнавання загроз ІБ з використанням представницьких наборів довелося відмовитися від вимоги безвихідності представницького набору, тому що перевірка безвихідності значно знижує швидкість роботи алгоритму. Використовувалися представницькі набори обмеженої довжини. Максимальна довжина набору бралася рівною 3. При меншій максимальній довжині більша частина об'єктів не містила жодного представницького набору. А збільшення максимальної довжини до 4 різко збільшувало час роботи алгоритму. Був отриманий такий результат, див. рис. 1 ($-1 \leq IZ_{p_{axj}} \leq 1$ де інформативність значення ознаки інформаційної атаки).

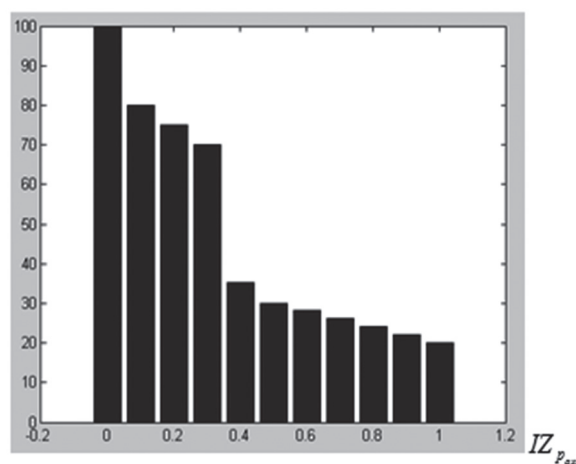


Рис. 1. Розподіл інформативності ознак для завдання комп'ютерної DoS (DDoS) – атаки

Таким чином, побудова множини елементарних класифікаторів для модельованого класу загроз інформації зводиться до такого: 1) задається характеристична функція; 2) будується ДНФ, що реалізує цю функцію. Найбільшу складність становить побудова ДНФ із максимальних кон'юнкцій (скороченої ДНФ) характеристичної функції; 3) обчислюється припустима (максимальна) кон'юнкція \mathcal{X} , що визначає приналежність об'єкта до певного класу загроз.

Використання нечітких змінних в запропонованій моделі суттєво підвищує гнучкість програми класифікації й дозволяє реалізувати функціональність, необхідну для оперування такими сутностями, як інформаційні атаки. Кожному значенню ознаки об'єкта ставиться у відповідність нечітка змінна, здатна відобразити ступінь упевненості експерта (програми) у значенні якої-небудь ознаки.

Висновки

Розроблено проблемно-орієнтований теоретико-графовий апарат ЕМЗАС-мереж, що дозволяє моделювати невразливі технології обробки і передачі інформації з гнучкими захисними механізмами, забезпечуючи формалізацію та дослідження ПБ ЕМЗАС. Він використовує деталізацію не тільки процесів передачі, але й обробки даних в межах запропонованої ієрархічної структуризації ресурсів ЕМЗАС для уніфікованого моделювання динамічного і статичного доступу до інформації на основі інтеграції Е-мережевого і дискреційного формалізмів.

Розроблено метод моделювання на ЕМЗАС-мережах регламентованої ЕМЗАС ПБ для забезпечення ВНОІ, що дозволяє з'єднати гнучкість дискреційної моделі з безпекою моделей кінцевих станів ПБ.

Список літератури: 1. Герасименко В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных / В.А. Герасименко В 2-х кн. — М.: Энергоатомиздат, 1994. Т1. — С. 132-138. 2. Лахно В.А. Обеспечение защищенности автоматизированных информационных систем транспортных предприятий при интенсификации перевозок: Монография / В.А. Лахно, А.С Петров. — Луганск: изд-во ВНУ им. В.Далы, 2010. — 280 с. 3. Томашевський О.В. Виз-

начення надійності технічних засобів захисту інформації / О.В. Томашевський // Інформаційні технології та захист інформації: Зб. наук. праць. 1999. №1. — С. 97-103.

4. Багаев М. А. Методические основы проектирования программных систем защиты информации: монография / М. А. Багаев, А. С. Дубровин, Е. А. Rogozin, В. И. Сумин [и др.]. — Воронеж: Воронеж. ин-т радиоэлектроники, 2006. — 178 с. 5. Волынская А.В. Повышение стойкости информационных систем при организации производства на транспорте: автореф. дис. на соис. уч. степ. канд. техн. наук: 05.22.01 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте» / А.В. Волынская. — Екатеринбург, 2004. — 20 с. 6. V. Lahno. Ensuring security of automated information systems, transportation companies with the intensification of traffic / V. Lahno, A. Petrov.: Monograph. Lugansk. 2011.-190 p.

Надійшла до редколегії 14.06.2013

УДК 004.056

Методы распознавания угроз для информационной безопасности в системах обработки данных критического применения В.А. Лахно // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. — 2013. — № 2 (81). — С. 81-86.

В статье предложен новый подход в методологии распознавания угроз для информационной безопасности (ИБ) информационных систем. Разработан проблемно-ориентированный теоретико-графовый аппарат эталонной модели защищенной автоматизированной системы (ЭМЗАС — *сетей*), которая позволяет моделировать неуязвимые технологии обработки и передачи информации с гибкими защитными механизмами, обеспечивая формализацию и исследование политики безопасности ЭМЗАС.

Ил. 1. Библиогр.: 6 назв.

UDK 004,056

Methods for detection of threats to information security in the data processing systems of critical application V.A. Lahno // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 81-86.

This paper proposes a new approach to the methodology for the identification of threats of information security (IS) information systems. Developed a task-oriented graph-theoretic apparatus of the reference model of the protected automation system (RMPAS — *networks*), which allows you to simulate invulnerable processing and transmission of information with flexible protective mechanisms, providing a formalization of research and security policy RMPAS.

Fig. 1. Ref.: 6 items.

УДК 004.021:004.622:65.021.1



В. І. Дубровін, Ю. В. Твердохліб, А. В. Рашавченко
Запорізький національний технічний університет

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ФОНО- ТА ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ

Проведено аналіз засобів діагностики серцевих захворювань. Розглянуто можливості ефективного застосування вейвлет-перетворень в процесі обробки кардіографічної інформації для ранньої діагностики хвороб серця. Розглянуто важливість застосування фільтрів для аналізу ЕКГ та запропоновано алгоритму швидкого дискретного вейвлет-аналізу.

ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМА, ФОНОКАРДІОГРАМА, ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є, ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ

Вступ

Для виявлення серцевих захворювань в даний час використовуються різні види діагностики, такі як: ультразвукове дослідження, рентгенівська комп'ютерна томографія, магніторезонансне дослідження. Одні з цих методів дають недостатньо якісне зображення і потребують, для постановки діагнозу, високої кваліфікації лікаря, інші – небезпечні для здоров'я або дорого коштують. Тому дуже важливо вдосконалювати широкодоступні засоби діагностики серцевих захворювань. До таких засобів відноситься електро-кардіографія та фонокардіографія.

Фонокардіографія (ФКГ) заснована на реєстрації і аналізі звуків, які виникають при скороченні і розслабленні серця [1,2]. ФКГ використовується для визначення характерних серцевих шумів: часу появи, місця максимальної інтенсивності, тривалості, частоти.

Розрізняють декілька характерних тонів ФКГ (рис. 1). Ці зміни (послаблення, підсилення або розчеплення 1-го та 2-го тонів, поява патологічного 3-го та 4-го тонів, систолічних і діастолічних шумів) допомагають розпізнати деякі захворювання серця.

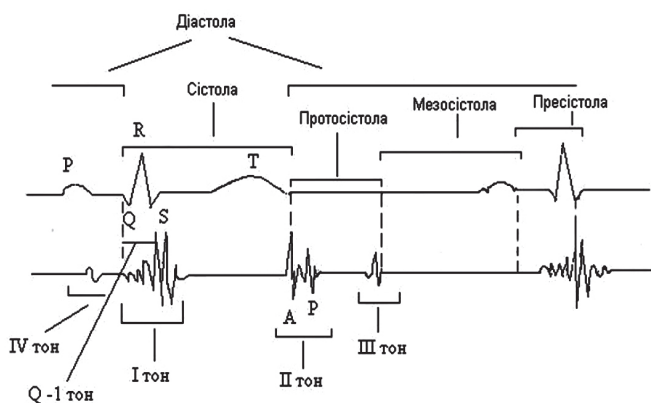


Рис. 1. Комплекс сигналів на ЕКГ та тонів серця на ФКГ, записаних синхронно

При аналізі шумів враховують амплітуду, форму, тривалість, часові відношення між шумами і тонами, фазовість шумів.

Електрокардіограма (ЕКГ) представляє запис електричних потенціалів активності серця і складається з кардіоциклів, які періодично повторюються. В кардіоциклі виділяють наступні елементи: Р-хвиля, QRS-комплекс та Т-хвиля.

Сучасні методики комп'ютерної електрокардіографії засновані на виділенні положень QRS-комплексу, який показує процес деполяризації шлуночків. Потім виявлення Р і Т – зубців, які відображають процес деполяризації передсердь [3, 4].

На початкових стадіях розвитку захворювань серця використання звичайної електрокардіографії у спокої, як правило, не виявляє відхилень від норми. Для цього використовують більш тривалі дослідження, наприклад 24-годинне Холтерівське моніторування, яке накопичує електрокардіосигнали в цифровому вигляді. Сигнали передаються в персональний комп'ютер для подальшої їх обробки та статистичного, спектрального і структурного аналізу. Оскільки в результаті запису накопичуються великі обсяги кардіоінформації, необхідні швидкі і надійні методи її обробки та аналізу.

Нові можливості відкриваються в разі застосування до обробки сигналів ЕКГ та ФКГ сучасних математичних методів аналізу спектрально-часового картування (СЧК), заснованих на уявленнях сигналу у вигляді розкладів в деяких узагальнених векторних просторах.

Метою даної роботи є розглядання можливості застосування вейвлет-перетворення для обробки фоно- та електрокардіографічних сигналів; показати ефективність даного методу обробки в порівнянні з Фур'є перетворенням.

1. Порівняння цифрових методів обробки

Найбільш відомим прикладом СКЧ є перетворення Фур'є, яке дозволяє оцінити зміну спектра сигналу в різних фазах кардіоциклу. Дана методика дуже поширена, але в ній залишаються нереалізованими всі потенціальні можливості методу СЧК. Недолік методу в тому, що він використовує фіксоване "вікно", яке не може бути адаптоване до локальних властивостей сигналу [5].

Для вирішення цієї проблеми розроблено ряд методів аналізу нестационарних сигналів. Найбільш поширеним методом є вейвлет-перетворення, тобто розкладання сигналу по набору базисних функцій, які визначені на інтервалі більш короткому, ніж тривалість кардіосигналу. При цьому всі функції набору породжуються за допомогою двопараметричного перетворення (зсуву по осі часу і зміни масштабу) однієї вихідної функції, яка називається “материнською” або вейвлетом.

Від перетворень Фур’є вейвлет-перетворення відрізняється тим, що операція множення на “вікно” міститься в самій базисній функції, при цьому відбувається адаптація “вікна” до сигналу при зміні масштабу, тому дані, отримані в результаті вейвлет-аналізу, більш інформативні [1].

Дані ЕКГ та ФКГ, які записуються тривалий час, мають великий об’єм та зашумленість. Такі дані потребують значного розміру обчислень та супровод-жуються низькою швидкістю обробки. Вейвлет-аналіз дозволяє комплексно підходити до вирішення задачі, оскільки розроблено методи швидких перетворень, фільтрації, адаптивні методи та ін.

1.1. Перетворення Фур’є

Будь-яка 2π -періодична, квадратично інтегрована функція може бути отримана суперпозицією масштабних перетворень базисної функції, тобто є композицією синусоїдальних хвиль з різними частотами [6]:

$$w(t) = \exp(it) = \cos(t) + i * \sin(t). \quad (1)$$

2π -періодичну, квадратичну інтегровану функцію можливо представити в вигляді ряду Фур’є:

$$f(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} C_n \exp(int). \quad (2)$$

Для прикладу розглянемо ФКГ, які за допомогою перетворення Фур’є аналізуються в амплітудно-частотній області [1, 2].

Така спектральна ФКГ дає можливість оцінити повний спектр сигналу, але не дозволяє визначити локальну спектральну складову окремої ділянки ФКГ, що не дає лікарю необхідної інформації про функції серця через невизначеність часового інтервалу. Тому Фур’є-аналіз не дуже зручний для правильного встановлення діагнозу.

1.2. Вейвлет-перетворення

Розглянемо застосування вейвлет-перетворення до обробки сигналу ФКГ. Даний метод наразі широко застосовується, а форми деяких материнських вейвлетів подібні формам кардіосигналів [1, 7].

Вейвлет алгоритми класифікують на два види: безперервні (CWT – Continuous Wavelet Transform) і дискретні (DWT – Discrete Wavelet Transform) вейвлет перетворення. Отримати набір вейвлет-коефіцієнтів за допомогою методу DWT швидше, і він дає досить точне представлення про сигнал при

меншому об’ємі отриманих в результаті даних. Але CWT зручніший, дозволяє розглянути більш повно і чітко представити і проаналізувати інформацію, що міститься в даних, хоч і потребує більших обчислювальних затрат.

Нижче наведена базисна функція вейвлет-перетворення:

$$C_{a,b} = \int_R S(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (3)$$

де $S(t)$ – сигнал ФКГ; Ψ – материнський вейвлет; a – масштабуючий коефіцієнт, що дає уявлення про частотні властивості сигналу; b – тимчасова затримка, яка фактично відображає час, впродовж якого відбувалося зняття ФКГ.

Для знаходження найбільш оптимального результату вейвлет-перетворення ФКГ-сигналів, з міркувань подібності з основними елементами (тонами) ФКГ-сигналу, в основному застосовуються наступні вейвлети: вейвлет Мейера, Добеши db8, сімплет sum7, вейвлет Морлета, bior 3.7 (рис. 2), bior 3.9.

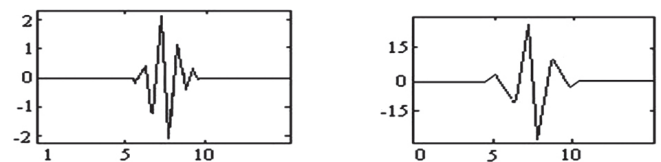


Рис. 2. Вигляд вейвлету bior 3.7

Застосування обраних вейвлетів дає можливість отримати таке графічне представлення вейвлет-перетворення ФКГ-сигналу, в якому можна виділити зручні для аналізу характерні області при різних патологіях [8, 9].

За допомогою вейвлет-перетворення виконується відновлення сигналу по різних складових вейвлет-представлення: апроксимація (груба оцінка) і деталізація (більш точна оцінка).

Вибір масштабу ФКГ-сигналу визначається середньоквадратичним відхиленням реального ФКГ-сигналу від відновленого.

Таке уявлення ФКГ-сигналу дає можливість на основі співвідношення амплітуд тонів і шумів, а також тимчасових взаємних зрушень виявляти найменші відхилення від норми, розпізнавати види і форми серцевих шумів, а також аналізувати тони серця.

Апроксимація (рис. 3), проведена найбільш підходящим вейвлетом, дає можливість вже на першому кроці зробити висновок про переважання того чи іншого тону ФКГ, тобто провести аналіз серцевих тонів на основі взаємовідносин амплітуд, а деталізація (рис. 4) дає можливість оцінити характер шумів серця.

Перевагою вейвлет-перетворення є велика математична коректність процедури. При кожному значенні параметра масштабу базисної функції результат перетворення можна розглядати як сигнал

на виході вузькосмугового фільтра з середньою частотою смуги пропускання, що визначається параметром масштабу.

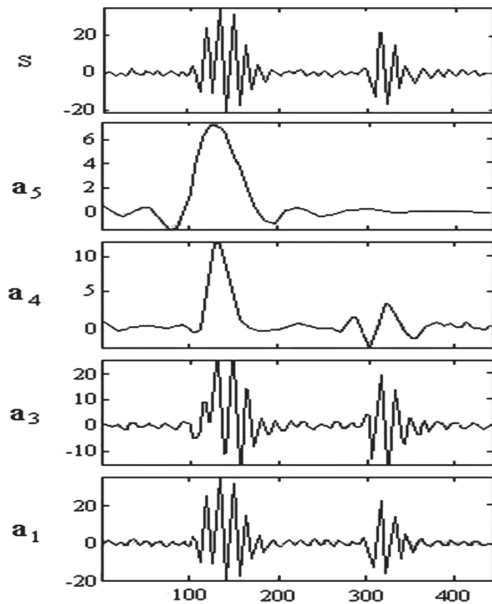


Рис. 3. Апроксимація ФКГ при аналізі вейвлетом bior 3.7

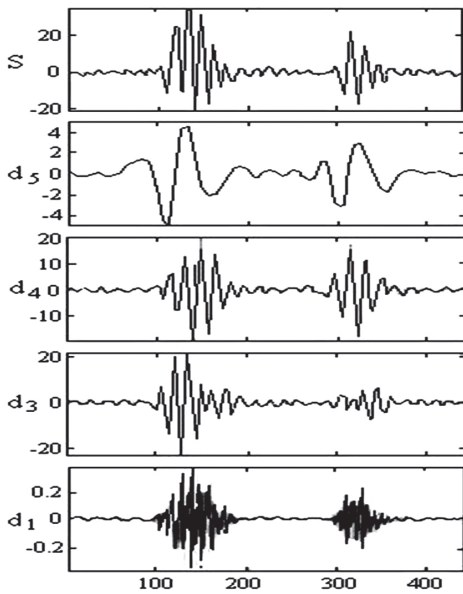


Рис. 4. Деталізація ФКГ при аналізі вейвлетом bior 3.7

Фактична розмірність простору вейвлет-зображень може бути зменшена за рахунок відбору найбільш інформативних точок.

2. Застосування безперервного вейвлет-аналізу до обробки електрокардіографічних даних

Виявлення імпульсу R або QRS є першочерговою задачею при автоматичній обробці ЕКГ. Задача значно ускладнюється при збільшенні об'ємів даних, наприклад, в тому випадку, коли тривалий запис кардіограми отримано в результаті моніторингу по Холтеру.

Сигнал ЕКГ, окрім запису активності серця, може містити шумову добавку, яка складається з фону змінного струму живлення та зміни опору контактів датчиків. Шумові добавки нескладно відділити простими фільтрами, однак фільтр впливає на імпульси QRS, розмиваючи їх [3, 7].

2.1. Обробка даних ЕКГ

На рис. 5 приведений вигляд вейвлет-скелету сигналу ЕКГ, який містить три періоди запису ЕКГ. Скелет наочно відображає структуру сигналу. Спектр показує розподіл компонентів сигналу по частоті.

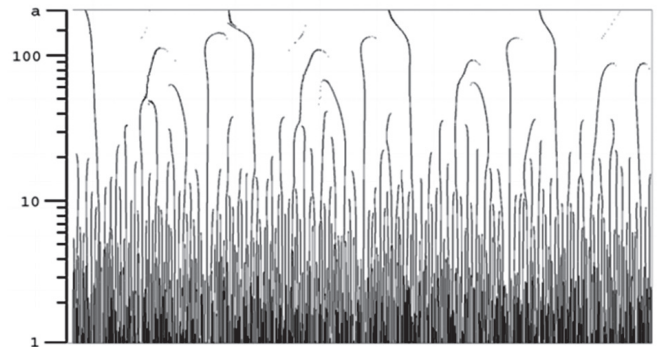


Рис. 5. Вейвлет-скелет сигналу ЕКГ

Як було сказано в попередніх розділах, вейвлет-аналіз дозволяє оцінити локалізацію складових. Наприклад, в нижній частині рис. 5 видно близько розташовані лінії, утворені через наявність високочастотних шумів в записі, а верхня частина ЕКГ містить тільки лінії, визвані вкладом компонентів з найменшими частотами; в тому числі потенційно можливо виявити положення комплексів QRS.

2.2. Виділення характерних ділянок ЕКГ

На спектрі можливо виділити декілька горизонтальних ділянок (рис. 6), розділивши сигнал прямокутними вікнами на масштабовані області.

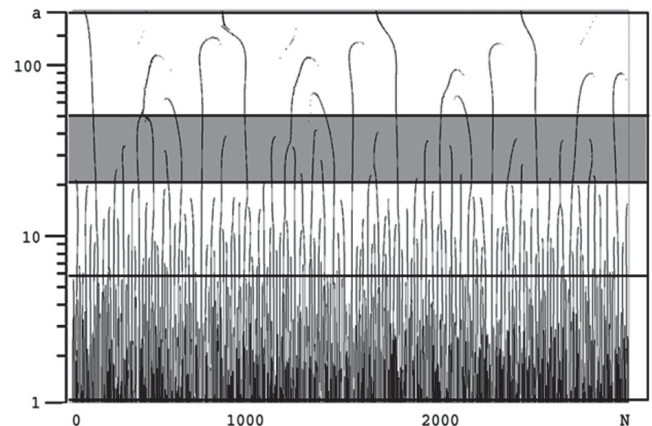


Рис. 6. Области масштабів на спектрі, характерні для різних компонентів сигналу ЕКГ

Кожна полоса на спектрі відповідає компонентам вихідного сигналу з масштабом, обмеженим між вертикальними границями полоси. Наприклад сіра полоса на рис. 6 виділяє з сигналу область з

масштабом від 20 до 50 і містить вклад від основних зубців – P, Q, R, S та T.

2.3. Вейвлет – фільтрація

Розкладання сигналу на складові можливо ефективно використовувати. Сигнал, що аналізується, піддається прямому вейвлет-перетворенню:

$$W_{\Psi}(a,b)f = \frac{1}{\sqrt{C_{\Psi}}} \int \frac{1}{\sqrt{|a|}} \Psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx, \quad (6)$$

де a, b – параметри, що визначають зміщення функції Ψ , яку називають аналізуючим вейвлетом; C_{Ψ} – нормуючий множник.

Змінна b повинна наближати всі значення в межах області визначення сигналу, а коефіцієнт розтягування a слід змінювати лише в межах, які відповідають масштабам компонентів, які необхідно виділити.

Описана процедура називається вейвлет-фільтрацією.

Вейвлет-перетворення використовує локалізовану базисну функцію. Вейвлет повинен бути локалізований в часовому просторі та по частоті. Нульове середнє – це

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Psi(x) dx = 0. \quad (4)$$

Часто необхідно, щоб не тільки нульове середнє, але і всі перші m моментів були рівні нулю:

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^m \Psi(x) dx = 0. \quad (5)$$

Такий вейвлет називається вейвлетом m -го порядку. Він має велику кількість нульових моментів, що дозволяє ігнорувати найбільш регулярні поліноміальні складові сигналу і аналізувати особливості високого порядку [6].

Зазвичай додають ще один етап. Перед зворотнім вейвлет-перетворенням в наборі вейвлет-коефіцієнтів $W_{\Psi}(a,b)$ прирівнюють до нуля ті коефіцієнти, абсолютний розмір яких не перевищує деякого встановленого порогового значення. Часто застосовують фільтри, засновані на вейвлетах гаусівського типу [7].

На рис. 7-8 показані графіки з результатами фільтрації сигналу одного періоду ЕКГ на різних інтервалах масштабів. Сірою кривою зображено фрагмент вихідних даних, чорною кривою зображено сигнал, отриманий після перетворення.

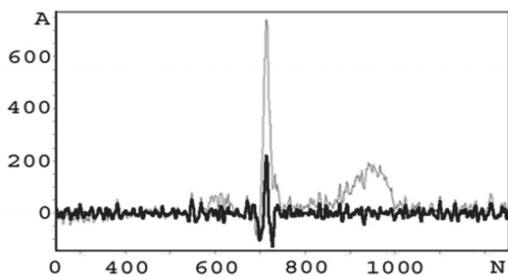


Рис. 7. Виділення компонентів сигналу на масштабах 1-7

Фільтр з невеликими масштабами (рис. 7), які відповідають нижній частині спектра, виділяє з сигналу високочастотні складові, які зазвичай є стороннім шумом. Крім шуму, на вихід можуть потрапити імпульси високочастотних компонентів сигналу (зубці комплексу QRS). Зміною масштабу можна домогтися повного усунення високочастотних шумів, але при цьому може сильно спотворитися корисний сигнал (рис. 8).

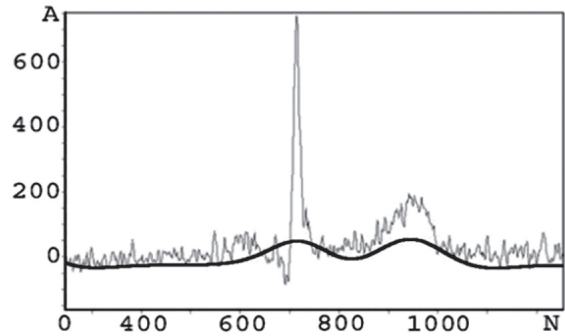


Рис. 8. Виділення компонентів сигналу на масштабах 53-215

В [7] рекомендується вибір масштабу виконувати після перетворення, обчисливши вейвлет-спектр в досить широкому діапазоні масштабів. Потім по карті спектра обирають необхідні масштаби і виконують зворотнє вейвлет-перетворення. Можливо відбирати на спектрі дві і більше смуг.

2.4. Зниження спотворень базової лінії

При використанні в якості аналізуючого вейвлету однієї з функцій сімейства гаусовських вейвлетів VMWF в сигналі відсікаються всі моменти степеня нижче порядку вейвлета. Якщо застосувати вейвлет g_2 (7), сигнал втратить постійну і лінійну складові.

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^m g_n(x) dx = 0, \quad (7)$$

де $\forall m, 0 \leq m < n, n \in N$.

Така властивість вейвлет-аналізу при аналізі ЕКГ дозволить звільнитися від спотворень ізолінії, які виникають при поганому електричному контакті між датчиком та шкірою тіла. Нульовий потенціал зазвичай відповідає ділянці від закінчення зубця T до початку зубця P, а положення зубців R відповідає максимумам сигналу.

На рис. 9 видно, що після обробки сигналу ізолінія спрямляється. Це дозволяє більш точно визначити амплітуду зубців ЕКГ.

2.5. Адаптивна фільтрація

Просте вейвлет-фільтрування, про яке говорилося раніше, враховує розподіл компонентів сигналу по масштабам. Цього достатньо при відновленні ізолінії або фільтрації шуму, але вейвлет аналіз також надає можливість враховувати локалізацію особливостей сигналу.

Як було сказано у попередніх розділах, при виділенні шумів на вихід може потрапити і частина

корисного сигналу. Тобто при фільтрації зникне не тільки шум, але й високочастотна складова комплексу QRS.

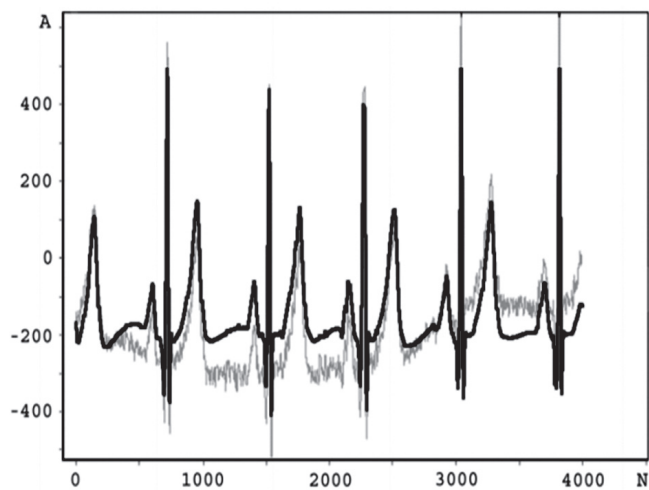


Рис. 9. Відновлення ізолінії ЕКГ

На верхній частині рис. 10 період ЕКГ розділений на ділянки за характером і рівнем сигналу. В центральній області від 405 до 415 виділено зубець R. В середній області, приблизно від 280 до 520, виділено весь комплекс QRS.

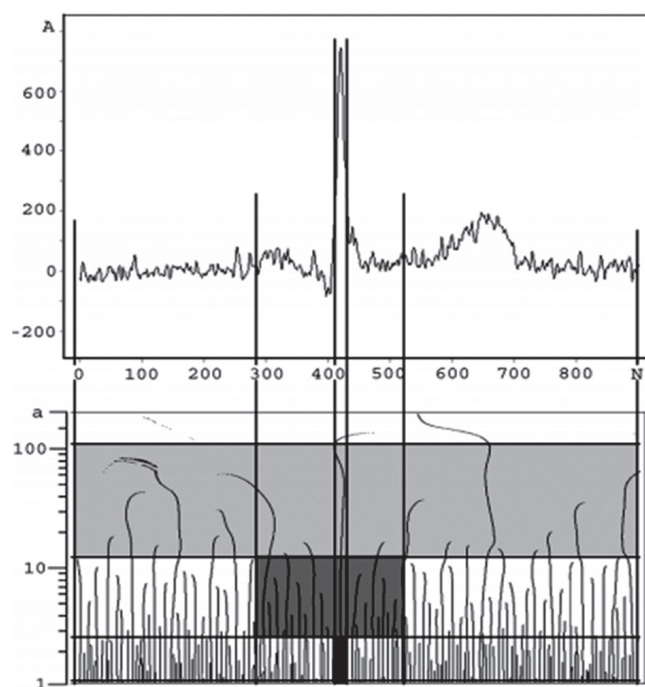


Рис. 10. Виділення характерних областей сигналу

Для кожної області можливо вибрати свій коефіцієнт відсікання. Наприклад, як зазначено в табл. 1.

Правильно підібраний коефіцієнт відсікання дозволить зберегти високочастотну частину комплексу QRS, де відношення сигналу та шуму значно перевищує значення в інших областях. Це дає можливість знизити поріг в інтервалі з комплексом QRS без збільшення шуму на виході фільтра.

Таблиця 1

Масштаби та рівні відсікання

Масштаб a	Поріг	Інтервал
1,18-3,36	100	405...415
4-11,31	400	280...520
>13,45	250	0...900

На рис. 11 (а) приведено фрагмент відновленого сигналу, при фільтрації якого використовувався на всьому інтервалі постійний пороговий рівень.

На рис. 11 (б) приведено фрагмент відновленого сигналу, виділений адаптивним фільтром з параметрами, що відповідають табл. 1.

Отже, порівнюючи рис. 11 (а, б) наочно видно, що модифікований адаптивний алгоритм роботи фільтра дозволяє більш точно відновити сигнал.

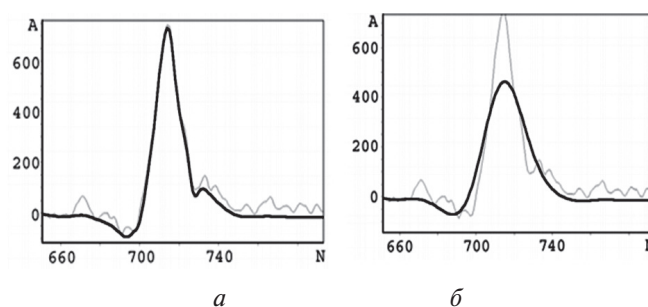


Рис. 11. Фільтрація сигналу:

a – з постійним пороговим рівнем; b – адаптивна

3. Застосування швидкого дискретного вейвлет-аналізу до обробки електрокардіографічних даних

В роботах [4, 10] пропонується застосування до обробки ЕКГ швидкого дискретного вейвлет-аналізу. Основна ідея швидкого вейвлет-перетворення аналогічна безперервному вейвлет-перетворенню. В результаті аналізу також виходить частотно-часове представлення сигналу, але замість вейвлетів використовуються високочастотні і низькочастотні фільтри, які задаються набором коефіцієнтів. Принцип цього перетворення заснований на алгоритмі Малла і називається субполосним кодуванням або пірамідальним алгоритмом (рис. 12).

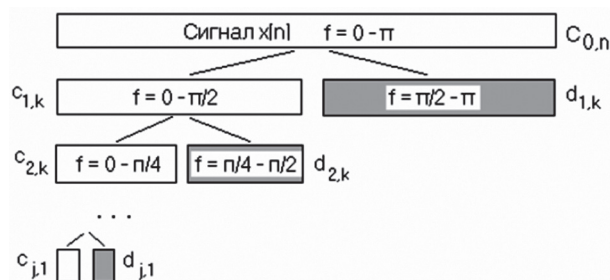


Рис. 12. Схема швидкого дискретного вейвлет-перетворення

Цей алгоритм передбачає стиснення сигналу, яке дає ідеальну якість відновленої ЕКГ і до того

ж видаляє плавання ізолінії і високочастотного шуму, ускладнюючого аналіз ЕКГ, що є досить актуальним при обробці великих об'ємів даних.

Висновки

Виконано порівняння методів перетворення Фур'є та вейвлет перетворення. Розглянуто базові функції цих методів. Обґрунтовано доцільність використання вейвлет-перетворень для обробки ФКГ та ЕКГ сигналів.

Розглянуто основні етапи методу безперервного вейвлет-аналізу ЕКГ. Особливо важливим є застосування фільтрів для аналізу ЕКГ. Змінюючи границі області масштабів, можливо налаштувати вейвлет-фільтр для вирішення щонайменше трьох проблем:

- відсікання сторонніх шумів на масштабах вище деякого рівня після фільтрації;
- відновлення ізолінії, що є проявлення однієї з властивостей гаусовських вейвлетів;
- підбираючи області масштабів перетворення можливо виділити комплекс QRS на фоні значно послаблених інших компонентів сигналу.

Запропоновано швидкий дискримінантний вейвлет аналіз, заснований на алгоритмі Малла, для обробки ЕКГ-сигналів великого об'єму. Розглянуті методи вейвлет-аналізу можливо застосовувати і для обробки ФКГ-сигналів, якщо підібрати тип вейвлету, подібний до типу сигналу.

Список літератури: 1. *Порева А. С.* Обработка ФКГ-сигнала при помощи вейвлет-преобразования / А.С. Порева, В.А. Фесечко // *Электроника и связь. Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии».* Методы и средства обработки сигналов и изображений. – 2009. – №1. – С. 148-155. 2. *Соловьев В.В.* Атлас клинической фонокардио-графии / В.В. Соловьев, Г.И. Кассирский. – М.: Медицина, 1983. – 296 с. 3. *Зудбинов. Ю. И.* Азбука ЭКГ и боли в сердце. Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 240 с. 4. *Хан М. Г.* Быстрый анализ ЭКГ / М.Г. Хан. – М.: Бином, 1999. – 230 с. 5. *Солнцев В. Н.* Анализ сигнал-усредненной ЭКГ (по данным вейвлет-преобразования) у здоровых и больных / В.Н. Солнцев, Ю.С. Кудрявцев, С.А. Бойцов, С.Л. Гришеев // *ИБС «Весник».* – 2001. – №23. – С. 32-35. 6. *Астафьева Н. М.* Вейвлет-анализ: основные теории и примеры применения / Н.М. Астафьева // *Успехи физически наук. Обзор актуальных проблем.* – 1996. – Т. 166. – №11. – С. 1145-1170. 7. *Шитов А.Б.* Разработка численных методов и программ, связанных с применением вейвлет-анализа для моделирования и обработки экспериментальных

данных: дис. канд. техн. наук: 05.13.18 – Иваново, 2001. – 125 с. 8. *Daubechies I.* Recent Results in Wavelet Applications. – Proceedings of SPIE Aerosense Symposium. – 1998. – pp. 23–31. 9. *Johannesen L. A.* Grove U. Sorensen J. Schmidt M. Couders J. Graff C. Wavelet based algorithm for delineation and classification of wave pattern in continuous Holter ECG recordings // *Computers in Cardiology.* – Vol. 37. – 2010. – pp. 979-982. 10. *Robi Polikar.* Multiresolution analysis: the discrete wavelet transform [Електронний ремурс] Polikar R. – *Электрон. Дан.* – Режим доступу: <http://engineering.rowan.edu/~polikar/WAVELETS/WTpart4.html>, вільний. – Заг. 3 екрану. 11. *Vitec. M. A* Hrubes J. Wavelet-based ECG delineation with improved P wave offset detection accuracy // *BIOSIGNAL 2010, Analysis of Biomedical Signals and Images.* – Vol. 20. – 2010. – pp. 160-165 12. *Sasikala P.* Banu W. Extraction of P wave and T wave in electrocardiogram using Wavelet Ytransform // *International Journal of Computer Science and Information Technologies.* – Vol. 2, No. 1. – 2010. – pp. 489-493. 13. *Almeida R.* Banu W. Automatic delineation of T and P waves using a wavelet-based multiscale approach // *International congress on computational bioengineering, Spain, 2003* – <http://diec.unizar.es/~laguna/personal/publicaciones/wavelet-det-iccb.pdf>

Надійшла до редколегії 20.06.2013

УДК 004.021:004.622:65.021.1

Обзор методов вейвлет-преобразования для анализа фоно- и электрокардиограмм / В.И. Дубровин, Ю.В. Твердохлеб, А.В. Рашавченко // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 87-92.

Рассмотрено возможное применение преобразований Фурье и вейвлет-преобразований для обработки фонокардиографического и электрокардиографического сигналов. Показана эффективность метода вейвлет-преобразования по сравнению с Фурье-преобразованиями. Более подробно рассмотрены методы вейвлет-преобразования, потому что данный метод является перспективным благодаря своей универсальности, простоте и наглядности.

Табл. 1. Ил. 12. Библиогр.: 13 назв.

UDC 004.021:004.622:65.021.1

The review of the wavelet methods for the analysis of phonograms and electrocardiograms / V.I. Dubrovin, J.V. Tverdohleb, A.V. Rashavchenko // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 87-92.

The Fourier and Wavelet Transformation for phono- and electrocardiographic signal processing is presented. The efficiency of application of Wavelet Analysis in comparison with Fourier Transformation is showed. Furthermore, the solution described above does make it possible to overcome signal non-stationarity. The advantage of Wavelet Transformation is its versatility, simplicity and visualization.

Tab. 1. Fig. 12. Ref.: 13 items.

МЕТОД КООРДИНАЦІЇ ПЛАНУВАННЯ ГРІД-ОБЧИСЛЕНЬ

Розроблено метод планування в ґрид-системах з використанням координуючого органу. Розроблено метод планування, керований обмеженням часу та метод найскладнішої роботи, що дало змогу розробити алгоритм планування для зменшення загального часу виконання робіт в ґрид-системі. Здійснено апробацію розробленого методу шляхом побудови прикладної системи імітаційного моделювання ґрид-систем.

ГРІД-СИСТЕМА, КООРДИНАЦІЯ, ПЛАНУВАННЯ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Вступ

За останні роки стрімко зросли об'єми даних та об'єми обчислень. Доцільним є використання ґрид-систем як форми розподілених обчислень, в якій високопродуктивна обчислювальна система є сукупністю обчислювальних систем (обчислювальних вузлів та кластерів), що працюють разом для розв'язання однієї ресурсомісткої задачі [1, 2].

Ґрид – розподілена обчислювальна система, яка забезпечує гнучкий, безпечний, скоординований розподіл ресурсів. Ґрид може об'єднувати обчислювальні машини, розподілені як адміністративно, так і географічно. Паралельні та розподілені обчислення застосовуються для розв'язку фізичних, математичних, біологічних та будь-яких інших задач, що вимагають значних обчислювальних потужностей. Актуальність технології ґрид лише зростає з часом, що підтверджує динаміка появи та розвитку численних ґрид-проектів по всьому світу. В Україні цілий ряд наукових організацій застосовують паралельні обчислення та створили власні комп'ютерні кластери.

Для розподілу робіт по обчислювальних ресурсах ґрид виконують планування. Планування – визначення порядку виконання робіт та вибір ресурсів, на яких ці роботи будуть виконуватися. Задача планування є NP-повною і однією з основних в контексті ґрид-систем. Існуючі методи планування спрямовані на знаходження плану з мінімальним часом виконання окремих груп робіт. Ці методи не розглядають систему в цілому. Тому існують такі проблеми: мінімальний час виконання кожної роботи окремо не завжди дає мінімальний час виконання цих робіт загалом. Тому необхідний додатковий агент, який би координував план виконання робіт у вузлах ґрид-системи [3, 4].

1. Формальна постановка задачі планування

Кожен учасник ґрид-системи може завантажувати набори робіт, які система має виконати. Назвемо метароботою роботу, незалежну від інших метаробіт. Метаробота складається з взаємозалежних робіт меншого розміру. Ці роботи є неподільними і кожна неподільна робота повинна виконуватися на одному обчислювальному вузлі. Роботи залежні

між собою – робота може вимагати результатів виконання іншої роботи або кількох інших робіт.

Для розподілу робіт по обчислювальних ресурсах виконують планування. Планування – визначення порядку виконання робіт та вибір ресурсів, на яких ці роботи будуть виконуватися.

Метароботу (загальну роботу), яку потрібно виконати у ґрид-системі, представимо у вигляді направленого ациклічного графа робіт $G(V, E)$, де V – множина вершин $v_i \in V$, які представляють окремі неподільні роботи – набори інструкцій, які мають виконуватися на одній машині; E – множина комунікаційних ребер, визначає порядок слідування робіт; напрямлене ребро $e_{ij} = (v_i, v_j) \in E$ означає, що роботу v_j можна виконувати тільки після завершення та отримання результатів роботи v_i ; роботу v_i називають батьківською, v_j – дочірньою. Бінарне відношення $v_i \prec v_j$ означає, що роботу v_i потрібно виконати перед роботою v_j (при цьому v_i не обов'язково є безпосереднім батьком v_j). Вага $w(v_i)$ – специфікація роботи v_i (кількість обчислень), а вага $w(e_{ij})$ – специфікація комунікації ребра e_{ij} (кількість даних).

Функція $P(v)$ визначає множину безпосередніх батьківських робіт роботи v ; функція $C(v)$ – множину безпосередніх дочірніх робіт. Роботу $v_{entry} = v | P(v) = \emptyset$ називають вхідною роботою (початковою), а $v_{exit} = v | C(v) = \emptyset$ – вихідною роботою (кінцевою). Якщо є більше однієї вхідної/вихідної роботи, то потрібно з'єднати їх єдиною вхідною/вихідною псевдо-роботою (роботою з нульовою кількістю обчислень та нульовими ребрами) [5].

Топологію гетерогенної ґрид-системи, представимо у вигляді ненаправленого графа $S(P, L)$, де вершина $p_i \in P$ представляє i -ту обчислювальну машину, а ребро $l_{ij} = (p_i, p_j) \in L$ – двонаправлене комунікаційне з'єднання обчислювальних машин p_i та p_j . Вага $w(p_i)$ визначає специфікацію обчислювальної машини p_i (відносно швидкодії), а вага $w(l_{ij})$ – специфікацію комунікаційного з'єднання l_{ij} (пропускну здатність). Будь-яка обчислювальна машина системи може одночасно виконувати обчислення та передавати дані.

Задачею планувальника є розподіл роботи, представленої графом робіт G по ресурсах системи S

з врахуванням порядку слідування робіт. Розв'язком є план Ψ :

$$\Psi = G \rightarrow S = (\Phi, X), \quad (1)$$

де Φ – розподіл робіт, множина значень ϕ_i : i -та робота має виконуватися на ϕ_i -й машині:

$$\Phi = \left\{ \phi_i : \phi_i \in [1, |P|] \mid i = \overline{1, |V|} \right\}, \quad (2)$$

X – послідовність виконання робіт, множина унікальних значень χ_i : спочатку виконується робота χ_1 , тоді χ_2 і так до останньої роботи:

$$X = \left\{ \chi_i : (\chi_i < \chi_j \forall v_{\chi_i} < v_{\chi_j}) \wedge (\chi_i \neq \chi_j \forall i \neq j) \mid i, j = \overline{1, |V|} \right\}. \quad (3)$$

Нехай функція $t(x, y)$ визначає: а) тривалість комунікації, якщо параметри – комунікаційне ребро e_{ij} та комунікаційне з'єднання l_{ij} ; або б) тривалість виконання роботи, якщо параметри – робота v_i та машина p_i ; при тому, якщо роботу v_i неможливо виконати на машині p_i , то результатом буде ∞ . Аналогічно, функція $c(x, y)$ визначає вартість комунікації або вартість виконання роботи.

Визначимо час початку виконання роботи v_i :

$$t_{start}(v_i) = \max[t_{DR}(v_i), t_{PR}(v_i)], \quad (4)$$

де $t_{DR}(v_i)$ – час готовності даних роботи v_i , тобто час завершення передачі результатів виконання всіх батьківських робіт $v_j \in P(v_i)$ на машину p_{ϕ_i} ; $t_{PR}(v_i)$ – час готовності машини p_{ϕ_i} до виконання роботи v_i , тобто час завершення виконання всіх попередніх робіт на цій машині.

Визначимо час завершення виконання роботи v_i – сума часу початку виконання та тривалості виконання роботи:

$$t_{finish}(v_i) = t_{start}(v_i) + t(v_i, p_{\phi_i}). \quad (5)$$

Часом завершення виконання метароботи, представлені графом задач G , згідно з планом Ψ є час завершення виконання всіх робіт:

$$t(\Psi) = t_{finish}(v_{exit}). \quad (6)$$

Основними критеріями оптимізації при пошуку розв'язку (1) є мінімізація загального часу виконання метароботи в системі:

$$t(\Psi) \rightarrow \min. \quad (7)$$

Чим менша довжина плану, тим ефективніший алгоритм планування. Якщо розв'язком є ∞ , то роботу, представлену графом задач G , неможливо виконати на системі S .

Деякі методи використовують також інші критерії. Наприклад, в комерційних системах потрібно враховувати вартість ресурсів. Для таких систем розглядають задачі часової або вартісної оптимізації:

1. Задача часової оптимізації – мінімізація часу виконання з врахуванням бюджетного обмеження:

$$\begin{cases} t(\Psi) \rightarrow \min, \\ c(\Psi) < B, \end{cases} \quad (8)$$

де $c(\Psi)$ – сумарна фінансова вартість ресурсів, використаних для виконання метароботи; B – максимальна вартість (бюджетне обмеження).

2. Задача вартісної оптимізації – мінімізація вартості виконання з врахуванням часового обмеження:

$$\begin{cases} c(\Psi) \rightarrow \min, \\ t(\Psi) < D, \end{cases} \quad (9)$$

де D – максимально допустимий час виконання метароботи (крайній термін).

Задачі, та також називають задачами відображення алгоритму на обчислювальну систему. Знаходження найкращого розв'язку цих задач є NP-повною задачею [4]. Тому використовують різноманітні евристичні алгоритми для пошуку наближених розв'язків.

Об'єктом наших досліджень є процеси планування в партнерських грід-системах, в яких ресурси надані безкоштовно. Ми розглядаємо задачу мінімізації загального часу виконання метароботи в системі. Існують різноманітні евристичні методи, які розв'язують цю задачу. Одними з найефективніших з них є методи плануванням списком HEFT та DLS.

В задачі розглядають мінімізацію часу виконання однієї метароботи. Однак в системі можуть паралельно виконуватися кілька метаробіт. Задача не враховує наявність інших метаробіт. Існуючий підхід виконує планування метаробіт в довільному порядку (в порядку їх надходження). Для кожної метароботи шукають план з мінімальним часом виконання. Але мінімальний час виконання кожної метароботи окремо не завжди дає мінімальний час виконання цих метаробіт загалом.

Ми пропонуємо розглянути задачу координації планування, яку подамо у вигляді:

$$\max[t(\Psi^1), t(\Psi^2), \dots, t(\Psi^m)] \rightarrow \min, \quad (10)$$

де m – кількість метаробіт; Ψ^i – план для метароботи i .

Ще однією проблемою в партнерських грід-системах є недостатнє задоволення вимог обмеження часу виконання метаробіт (крайнього терміну). Координатор намагається мінімізувати час виконання окремої метароботи, використавши для цього найкращі ресурси. При цьому вимоги крайнього терміну інших метаробіт не враховуються, через що ці метароботи можуть бути не виконані вчасно, тобто, не вкластися в крайній термін.

Ще одна задача, яку ми розглянемо – задача координації планування з врахуванням часових обмежень:

$$\begin{cases} t(\Psi^1) < D^1, \\ t(\Psi^2) < D^2, \\ \vdots \\ t(\Psi^m) < D^m, \end{cases} \quad (11)$$

де D^i – максимально допустимий час виконання метароботи i (крайній термін) [6].

2. Координація планування

Для розв’язку задач (10) та (11) ми пропонуємо ввести в ґрід-систему координатора – планувальник, який визначає, в якому порядку система повинна виконувати планування метаробіт. Назвемо цей процес координацією планування.

На рис. 1 зображено архітектуру системи планування з координатором. Метароботи надходять в систему і стають в чергу метаробіт. Координатор сортує метароботи у черзі таким чином, щоб метаробота, яку потрібно виконати найшвидше, була першою в черзі. Планувальник бере першу роботу з черги і виконує для неї планування (одним з існуючих методів, наприклад HEFT, або DLS). Метароботу видаляють з черги після того, як для всіх робіт цієї метароботи були виділені ресурси.

Отож, у нашому підході процес планування виконується в два етапи:

1. Координатор визначає пріоритети метаробіт та сортує метароботи по спаданню пріоритетів.

2. Координатор виконує планування робіт. При цьому планувальник розглядає метароботи в порядку, визначеному на етапі 1.

В існуючих підходах координатор відсутній, тому метароботи розміщені в черзі в тому порядку, в якому вони надійшли в систему. Координатор дозволяє змінити порядок метаробіт на більш оптимальний. Метод визначення пріоритетів робіт координатором залежить від того, яку задачу потрібно розв’язати в системі – (10) чи (11).

Ми пропонуємо такі методи координації:

1. Метод, керований обмеженням часу (DD – Deadline Driven).

2. Метод найпростішої роботи (SF – Simple First).

3. Метод найскладнішої роботи (CF – Complex First).

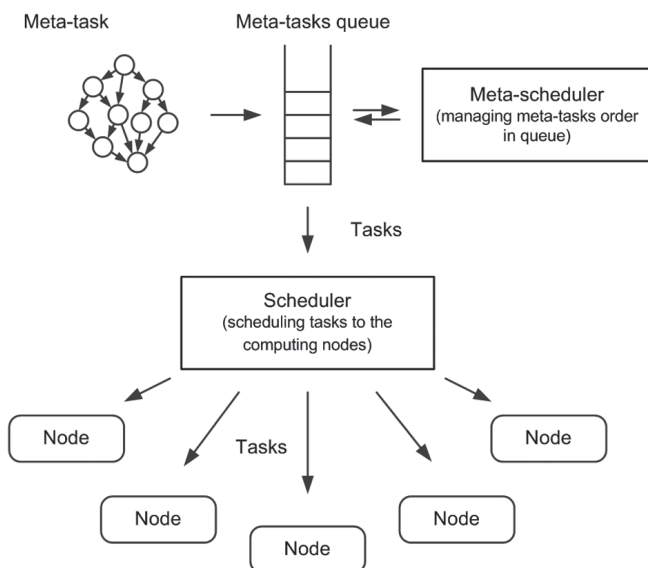


Рис. 1. Архітектура системи планування з координатором

Перший метод призначений для розв’язування задачі координації з врахуванням часових обмежень (11), а другий та третій – задачі планування (10).

3. Метод, керований обмеженням часу

В існуючих системах планування в ґрід планувальник опрацьовує метароботи в порядку їх надходження в систему. Основною задачею координатора є мінімізація часу виконання метароботи. В партнерських ґрід ресурси надані безкоштовно, тому планувальник використовує найкращі ресурси для поточної метароботи. При цьому планувальник не зважає на забезпечення якості обслуговування інших метаробіт. Основною вимогою користувачів щодо виконання метаробіт може бути обмеження часу виконання – крайній термін. Кожен користувач при додаванні своєї метароботи в ґрід задає також крайній термін виконання цієї роботи. Система планування ґрід повинна врахувати це обмеження і, якщо це можливо, виконати метароботу у визначений користувачем термін. Для розв’язування цієї задачі ми пропонуємо метод координації, керованим обмеженням часу (DD – Deadline Driven).

У методі, керованим обмеженням часу, ми пропонуємо:

1) Сортувати метароботи в черзі за зростанням крайнього терміну. Більший пріоритет має робота, у якої крайній термін менший.

2) Виконувати статичне планування робіт – планування з попередньою резервацією ресурсів відразу для цілої метароботи.

Критерієм координатора, за яким він сортує метароботи є крайній термін:

$$k_{DD}^i = D^i . \quad (12)$$

Найпершою буде опрацьована метаробота, яку потрібно виконати найшвидше. Статичний планувальник розподілить всі роботи метароботи на ресурси з попередньою резервацією. Це дозволить гарантувати, що ресурси не будуть використані для інших робіт, і термін виконання роботи, визначений на етапі планування метароботи, не буде змінений. На цьому кроці ми можемо також сказати користувачу, коли його метаробота буде виконана, чи буде дотриманий крайній термін і яким буде понаднормовий час.

Приклад 1. Нехай в черзі є три метароботи із заданими обмеженнями часу виконання (рис. 2). Роботи надійшли в систему у послідовності $A; B; C$.

Нехай у системі є 5 обчислювальних вузлів. Специфікація вузлів:

$$w(p_0) = 4;$$

$$w(p_1) = 3;$$

$$w(p_2) = 5;$$

$$w(p_3) = 8;$$

$$w(p_4) = 5.$$

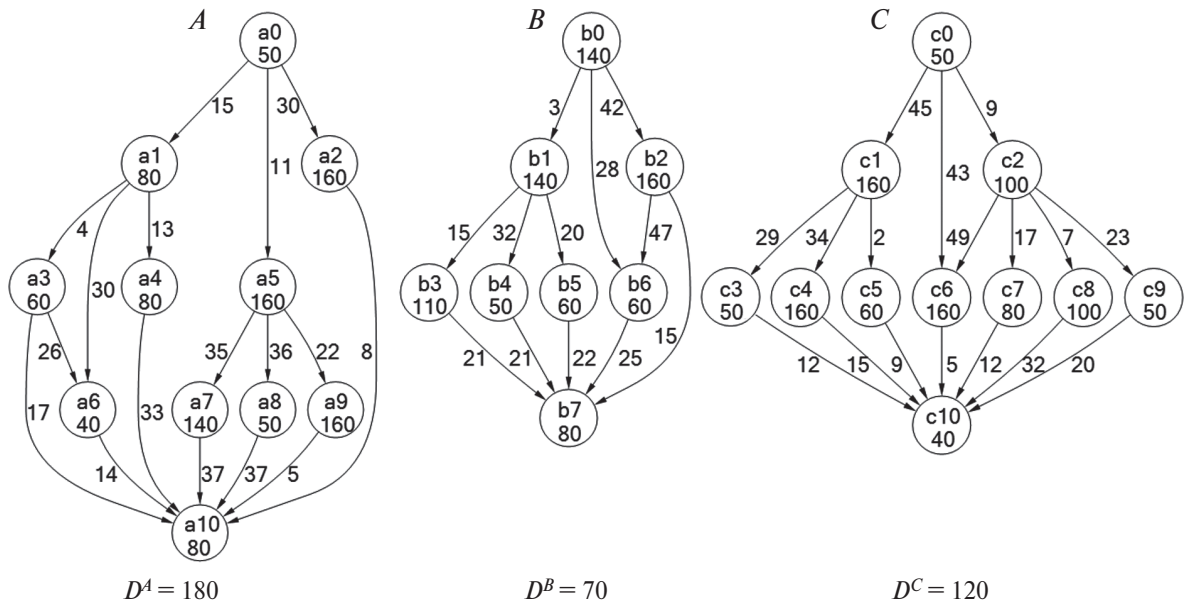


Рис. 2. Метароботи з обмеженнями часу виконання

Таблиця 1

Результати планування без метапланувальника

	A	B	C
Хід планування	a0 --> p3; t_finish=6,25 a5 --> p3; t_finish=26,25 a1 --> p2; t_finish=25,25 a7 --> p3; t_finish=43,75 a2 --> p4; t_finish=44,25 a9 --> p2; t_finish=62,65 a3 --> p0; t_finish=41,05 a4 --> p3; t_finish=53,75 a8 --> p1; t_finish=50,12 a6 --> p0; t_finish=51,05 a10 --> p3; t_finish= 73,65	b0 --> p4; t_finish=72,25 b2 --> p3; t_finish=100,65 b1 --> p4; t_finish=100,25 b3 --> p3; t_finish=117,00 b6 --> p2; t_finish=122,05 b5 --> p4; t_finish=112,25 b4 --> p0; t_finish=119,15 b7 --> p3; t_finish= 137,05	c0 --> p4; t_finish=10,00 c1 --> p0; t_finish=91,05 c2 --> p2; t_finish=82,65 c4 --> p4; t_finish=144,25 c6 --> p1; t_finish=145,78 c8 --> p2; t_finish=102,65 c7 --> p3; t_finish=127,00 c9 --> p0; t_finish=103,55 c5 --> p2; t_finish=134,05 c3 --> p0; t_finish=131,65 c10 --> p3; t_finish= 152,25
$t(\Psi^i)$	73,65	137,05	152,25
D^i	180	70	120
$t_{overtime}^i$	0 (0%)	67,05 (95,79%)	32,25 (26,88%)

Таблиця 2

Результати планування з DD-метапланувальником

Хід планування	b0 --> p3; t_finish=17,50 b2 --> p3; t_finish=37,50 b1 --> p2; t_finish=46,10 b3 --> p3; t_finish=62,85 b6 --> p3; t_finish=45,00 b5 --> p2; t_finish=58,10 b4 --> p4; t_finish=62,50 b7 --> p3; t_finish= 76,70	c0 --> p2; t_finish=10,00 c1 --> p4; t_finish=51,00 c2 --> p0; t_finish=36,80 c4 --> p2; t_finish=90,10 c6 --> p0; t_finish=76,80 c8 --> p1; t_finish=71,53 c7 --> p4; t_finish=78,50 c9 --> p3; t_finish=82,95 c5 --> p3; t_finish=90,45 c3 --> p1; t_finish=88,20 c10 --> p3; t_finish= 98,10	a0 --> p4; t_finish=10,00 a5 --> p4; t_finish=110,50 a1 --> p0; t_finish=96,80 a7 --> p3; t_finish=135,00 a2 --> p2; t_finish=122,10 a9 --> p4; t_finish=142,50 a3 --> p3; t_finish=105,60 a4 --> p3; t_finish=115,60 a8 --> p0; t_finish=130,20 a6 --> p1; t_finish=124,13 a10 --> p3; t_finish= 153,50
$t(\Psi^i)$	76,70	98,10	153,50
D^i	70	120	180
$t_{overtime}^i$	6,70 (9,57%)	0 (0%)	0 (0%)

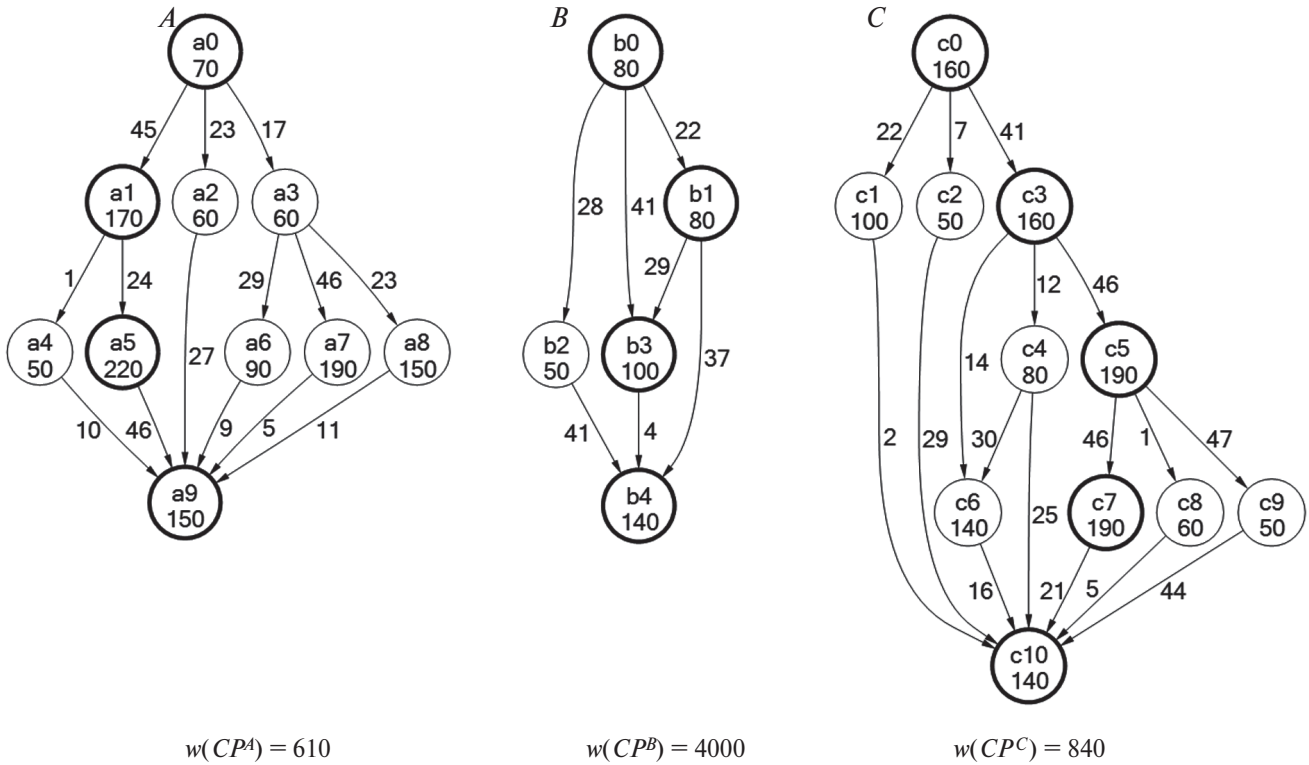


Рис. 3. Метароботи з визначеним критичним шляхом

Таблиця 3

Результати планування без метапланувальника

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Хід планування	a0 --> p3; t_finish=8,75 a1 --> p3; t_finish=30,00 a3 --> p2; t_finish=24,15 a5 --> p3; t_finish=57,50 a7 --> p2; t_finish=62,15 a8 --> p4; t_finish=58,75 a6 --> p0; t_finish=52,45 a2 --> p4; t_finish=25,35 a4 --> p1; t_finish=46,87 a9 --> p3; t_finish= 81,90	b0 --> p0; t_finish=20,00 b1 --> p0; t_finish=72,45 b3 --> p3; t_finish=94,40 b2 --> p1; t_finish=63,53 b4 --> p3; t_finish= 111,90	c0 --> p4; t_finish=90,75 c3 --> p4; t_finish=122,75 c5 --> p3; t_finish=155,70 c4 --> p4; t_finish=138,75 c7 --> p3; t_finish=179,45 c6 --> p4; t_finish=166,75 c1 --> p2; t_finish=115,15 c9 --> p2; t_finish=175,10 c2 --> p0; t_finish=104,65 c8 --> p0; t_finish=170,90 c10 --> p3; t_finish= 201,40

Таблиця 4

Результати планування з CF-метапланувальником

	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
Хід планування	c0 --> p3; t_finish=20,00 c3 --> p3; t_finish=40,00 c5 --> p3; t_finish=63,75 c4 --> p2; t_finish=58,40 c7 --> p3; t_finish=87,50 c6 --> p2; t_finish=86,40 c1 --> p4; t_finish=44,40 c9 --> p4; t_finish=83,15 c2 --> p2; t_finish=31,40 c8 --> p0; t_finish=78,95 c10 --> p3; t_finish= 109,45	a0 --> p2; t_finish=14,00 a1 --> p1; t_finish=79,67 a3 --> p0; t_finish=32,40 a5 --> p4; t_finish=128,47 a7 --> p2; t_finish=124,40 a8 --> p0; t_finish=116,45 a6 --> p0; t_finish=54,90 a2 --> p4; t_finish=56,40 a4 --> p1; t_finish=96,33 a9 --> p3; t_finish= 156,42	b0 --> p4; t_finish=16,00 b1 --> p4; t_finish=72,40 b3 --> p3; t_finish=121,95 b2 --> p2; t_finish=41,40 b4 --> p2; t_finish= 152,40
$t(\Psi^i)$	109,45	156,42	152,40

Всі вузли з'єднані між собою:

$$w(l_{i,j}) = 5; \quad i, j = \overline{0,4}.$$

Планування без координатора. Планувальник НЕФТ опрацьовує метароботи в тому порядку, в якому вони надійшли в систему: спочатку A , тоді B і C . Хід планування подано в табл. 1.

Перевищення обмеження часу виконання визначимо за формулою:

$$t_{\text{overtime}}^i = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t(\Psi^i) < D^i; \\ t(\Psi^i) - D^i, & \text{в іншому випадку,} \end{cases} \quad (13)$$

де $t(\Psi^i)$ – час завершення виконання, D^i – Обмеження часу виконання.

Без координатора обмеження часу виконання, які користувачі задали для кожної мета роботи, ніяк не враховуються. Тому тільки першу метароботу було виконано вчасно, для другої та третьої метаробіт крайній термін виконання було перевищено на 95,79% та 26,88% відповідно (табл. 1).

Планування з координатором, керуванням обмеженням часу виконання. Координатор сортує метароботи згідно з критерієм (12), тобто за зростанням крайнього терміну:

$$G^B (k_{DD}^B = 70),$$

$$G^C (k_{DD}^C = 120),$$

$$G^A (k_{DD}^A = 180).$$

Планувальник НЕФТ опрацьовує метароботи в порядку, визначеному координатором: спочатку B тоді C і в кінці A . Хід планування з використанням координатора, керованого обмеженням часу виконання, подано в табл. 2.

При плануванні з координатором тільки для другої метароботи було перевищено крайній термін виконання на 9,57% (табл. 4), всі інші роботи було виконано вчасно.

Слід зазначити, що загальний час виконання всіх метаробіт при використанні координатора, керованого обмеженням часу, більший, ніж без координатора. Це пояснюється тим, що для задоволення вимог обмеження часу метароботи були виконані в іншому порядку, який в результаті дав більший загальний час виконання. Не можна досягнути одночасно найкращих результатів за всіма показниками. Тому при конфігурації грід-системи та виборі політик планування потрібно визначити, що є важливішим – задоволення користувачьких вимог щодо крайнього терміну виконання робіт, чи мінімізація загального часу виконання робіт.

Ще одне зауваження, на яке слід звернути увагу при налаштуванні грід системи – навіть при використанні DD-планувальника система планування не гарантує, що всі роботи будуть виконані з дотриманням крайнього терміну. Причини цього можуть бути різні: збої живлення в деяких вузлах грід,

проблеми з мережевим з'єднанням між вузлами, перевантаження грід великою кількістю робіт, нереалістична вимога щодо крайнього терміну. Для вирішення цих проблем потрібно аналізувати користувачькі вимоги щодо терміну виконання ще на етапі завантаження задачі в систему; перевірити поточний стан системи і виконати приблизний розрахунок, коли метаробота може бути виконана. Якщо користувач задав значення, яке є меншим, то відразу попереджувати його про неможливість виконання цієї метароботи в зазначений термін.

Одним із варіантів розрахунку приблизного часу виконання метароботи в системі є знаходження середньої тривалості виконання робіт, які лежать на критичному шляху:

$$t_{\text{estimate}} = \sum_{v_i \in CP} \bar{w}(v_i), \quad (13)$$

де $\bar{w}(v_i)$ – середній час виконання роботи v_i в системі:

$$\bar{w}(v_i) = \frac{\sum_{p_j \in P} t(v_i, p_j)}{|P|}. \quad (14)$$

4. Метод пріоритету найскладнішої роботи

Час виконання робіт в системі є критерієм мінімізації більшості існуючих методів планування. Однак ці методи виконують мінімізацію для однієї метароботи. Якщо в системі є декілька метаробіт, то, здебільшого, планувальник опрацьовує ці метароботи в тому порядку, в якому вони надійшли в систему, а це не завжди дає найкращий результат. Виникає задача про знаходження оптимального порядку планування метаробіт, так щоб мінімізувати загальний час виконання метаробіт.

Оскільки всі метароботи мають різну структуру графів робіт та різні складності робіт, то зміна порядку, в якому ці метароботи будуть опрацьовані, може суттєво вплинути на загальний час виконання. Експериментально було виявлено, що якщо в системі є дві метароботи, одна проста, яка складається з кількох робіт, а інша складніша, яка містить в собі більше робіт з більшою кількістю обчислень, то планування спочатку складнішої метароботи дає кращий загальний час виконання, ніж коли першою опрацьовувати простішу роботу. Це спостереження лягло в основу методу пріоритету найскладнішої роботи (CF – Complex First), який призначений для розв'язування задачі координації планування (10).

У методі пріоритету найскладнішої роботи ми пропонуємо:

1) Сортувати метароботи в черзі за спаданням довжини критичного шляху. Більший пріоритет має робота, у якої довший критичний шлях.

2) Виконувати планування робіт планувальником системи. Метароботи опрацьовувати в порядку, визначеному координатором.

Критерієм координатора, за яким він сортує метароботи, є обернене значення до довжина критичного шляху в графі робіт:

$$k_{CF} = \frac{1}{w(CP)}, \quad (15)$$

$$w(CP) = \sum_{v_i \in CP} w(v_i). \quad (16)$$

Якщо у графі робіт є декілька критичних шляхів, то розглядають довільний із них. Комунікаційні зв'язки між роботами при цьому не враховуються.

Найпершою буде опрацьована метаробота з найдовшим критичним шляхом. Для планування робіт може бути використаний як статичний, так і динамічний планувальник. Якщо в вимогах системи є пункт повідомляти користувача, коли його метаробота буде виконана, то потрібно використовувати статичний планувальник, який зарезервує ресурси для всіх робіт метароботи і тим самим дозволить визначити термін виконання метароботи.

Приклад. Нехай в черзі є три метароботи із заданими обмеженнями часу виконання (рис. 3). Роботи надійшли в систему у послідовності $A; B; C$. Система складається з 5 обчислювальних вузлів, всі вузли з'єднані між собою. Специфікація вузлів та з'єднання задані у прикладі 1.

Планування без координатора. Планувальник HEFT опрацьовує метароботи в тому порядку, в якому вони надійшли в систему: спочатку A , тоді B і C . Хід планування подано в табл. 3.

Загальний час виконання всіх метаробіт:

$$t_{finish}^{HEFT} = \max(81,90; 111,90; 201,40) = 201,40.$$

Планування методом пріоритету найскладнішої роботи. Координатор сортує метароботи згідно з критерієм (16), тобто за спаданням довжини критичного шляху:

$$C \left(k_{CF} = \frac{1}{840} \right),$$

$$A \left(k_{CF} = \frac{1}{610} \right),$$

$$B \left(k_{CF} = \frac{1}{400} \right).$$

Планувальник HEFT опрацьовує метароботи в порядку, визначеному координатором: спочатку C , тоді A і в кінці B . Хід планування з використанням координатора на основі методу пріоритету найскладнішої роботи подано в табл. 4.

Загальний час виконання всіх метаробіт:

$$t_{finish}^{HEFT+CF} = \max(109,45; 156,42; 152,40) = 156,42.$$

В результаті планування за методом найскладнішої роботи ми отримали на 22% кращий результат, ніж за існуючим методом.

На рис. 4 подано графічне представлення результатів планування. При плануванні без координатора метароботи A і B бузи заплановані першими

і зайняли всі основні ресурси. В результаті, метаробота C почала виконуватися тільки приблизно в час 60, тому що громіздка робота c_0 не змогла бути запланованою в жоден з проміжків простою вузлів (наприклад, на вузол p_4 перед роботою a_2 , або на вузол p_1 перед роботою a_4). Пізній початок виконання метароботи C , найбільшої серед метаробіт, стало причиною пізнього завершення її виконання, а отже і загального результату.

Натомість при плануванні з координатором за методом пріоритету найскладнішої роботи першою була запланована метаробота C . Ця метаробота зайняла вузли p_2, p_3 та p_4 – найпотужніші обчислювальні вузли в системі, і єдина робота c_8 була призначена на вузол p_0 . Наступною була запланована метаробота A , причому роботи a_0, a_2, a_3 та a_6 були вставлені в інтервали простою: робота a_0 на вузол p_2 перед роботою c_2 ; робота a_2 – на вузол p_4 між роботами c_1 та c_9 ; роботи a_3 та a_6 – на вузол p_0 перед c_8 . Останньою була запланована метаробота B . Оскільки ця метаробота складається з відносно простих робіт, то всі роботи, крім останньої, були розміщені дуже ефективно – в проміжках простою між вже запланованими роботами. В результаті, цей метод планування дав на 22% менший загальний час виконання робіт, ніж попередній.

5. Перевірка розроблених методів

Для перевірки запропонованих методів було розроблено та використано засіб для моделювання грид-систем Sesame. Для генерації графів робіт використано засіб Task Graphs for Free (TGFF v3.0), який дозволяє генерувати графи з послідовно-паралельними групами робіт.

Параметри генерування графів робіт:

- кількість робіт в графі (task_cnt);
- середня ширина і довжина груп робіт (series_wid, series_len);
- кількість додаткових ребер в межах однієї групи робіт (series_local_hover);
- кількість додаткових ребер між окремими групами робіт (series_global_hover);
- відношення кількості комунікацій до кількості обчислень (CCR).

Ці параметри набували одне зі значень:

$$SET_{task_cnt} = \{20; 40; 60; 80; 100\},$$

$$SET_{series_wid_len} = \{[w=2; l=3]; [w=3; l=2]; [w=5; l=2];$$

$$[w=10; l=1]; [w = \left\lceil \frac{v}{\sqrt{v}} \right\rceil; l = \lfloor \sqrt{v} \rfloor]\},$$

$$SET_{series_local_hover} = \{0; 1; 2; 5; 10\},$$

$$SET_{series_global_hover} = \{0; 1; 2; 5; 10\},$$

$$SET_{CCR} = \{0,1; 0,5; 0,1; 5,10\}.$$

Комбінації цих параметрів дають 3125 різних типів графів.

Параметрами моделювання були кількість обчислювальних вузлів в системі та кількість метаробіт в черзі. Засіб випадковим чином вибирав задану кількість метаробіт зі згенерованої перед тим множини графів робіт. Тоді виконував моделювання для існуючого та розробленого методів. Результати моделювання подано на рис. 4.



Рис. 4. Відносна тривалість виконання робіт без координатора (НЕФТ) та за методом пріоритету найскладнішої роботи (НЕФТ+CF) для грід з 20 вузлами

Висновки

У статті запропоновано модель планування з метапланувальником в грід-системі як розвиток існуючої моделі планування з введенням метапланувальника для визначення порядку планування метаробіт, яка, на відміну від прийнятого підходу, дає змогу враховувати загальний стан системи для покращення ефективності планування.

Розроблено метод планування, керований обмеженням часу, що дало змогу розробити алгоритм планування з врахуванням вимог користувачів щодо терміну виконання робіт.

Розроблено метод найскладнішої роботи, що дало змогу розробити алгоритм планування для зменшення загального часу виконання робіт в грід-системі.

Одержала подальший розвиток задача планування – на її основі сформовані задачі метапланування та метапланування з врахуванням часових обмежень.

Розроблено програмне забезпечення для імітаційного моделювання грід-систем, яке ґрунтується на побудованих моделях, що дало можливість дослідити та оцінити ефективність розроблених методів та алгоритмів.

Список літератури: 1. Foster I. The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure / I.Foster, C.Kesselman // Morgan Kaufmann, San Francisco, Calif, 2003. — 748 p. 2. Грід — нова інформаційно-обчислювальна технологія для науки / А.Г. Загородній, Г.М. Зінов'єв, Є.С. Мартинов, С.Я. Свистунов, В.М. Шадура // Вісник НАН України. — 2005. — № 6. — С. 17-25. 3. Elmroth E. Grid Resource Brokering Algorithms Enabling Advance Reservations and Resource Selection Based on Performance Predictions / E. Elmroth and J. Tordsson // Future Generation Computer Systems. The International Journal of Grid Computing: Theory, Methods and Applications. Elsevier, Vol 24, No. 6, pp. 585-593, 2008. 4. Baker M. Grid and Grid technologies for wide-area distributed computing / Baker M., Buyya R., Laforenza D.- Software practice & Experience 2002, John Wiley & Sons Ltd. 5. Литвин В. В. Алгоритми планування в обчислювальних грід-системах / В. В. Литвин, А. С. Мельник, О. Ю. Пшеничний, В. Я. Крайовський // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми інформ-маційних технологій, економіки та права», Чернівці, 23-24 лютого 2011.— Чернівці : ПВНЗ «Буковинський університет», 2011. — С. 61–62. 6. Мельник А.С. Методи імітаційного моделювання грід-систем / А.С. Мельник // Матеріали Міжнародної конференції студентів і молодих науковців «Сучасні інформаційні технології 2011», Одеса, 2011. — С. 34-35.

Надійшла до редколегії 15.04.2013

УДК 004.7

Метод координации планирования грид-исчислений / В.В. Литвин, А.С. Мельник // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. — 2013. — № 2 (81). — С. 93-100.

В статье рассматриваются методы повышения эффективности грид-исчислений благодаря использованию координатора планирования задач. Наводятся примеры применения разработанного метода.

Ил. 4. Табл. 4. Библиогр.: 6 назв.

UDK 004.7

The method of coordination grid calculations planning / V. Lytvyn, A. Meljnyk // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 93-100.

In article discusses methods to improve the efficiency of grid estimates due to the use of scheduling coordinator. Induced examples use elaboration of the method.

Fig. 4. Tab. 4. Ref.: 7 items.

УДК 615.47

О. Г. Аврунин¹, М. Ю. Тымкович², Х. И. Фарук³¹ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, gavrun@list.ru² ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, maxim_tymkovich@ukr.net³ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, husamfarouk@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ИНВАЗИВНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ДОСТУПА ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ ПЛАНИРОВАНИИ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

Статья посвящена разработке метода оценки степени инвазивности хирургического доступа в хирургии головного мозга. Предложена шкала индексов инвазивности анатомо-функциональных структур головного мозга исходя из их значимости. Разработан алгоритм определения минимально травматичной траектории оперативного доступа с использованием предложенных индексов инвазивности анатомо-функциональных структур головного мозга.

СТЕРЕОТАКСИС, НЕЙРОХИРУРГИЯ, ТРАЕКТОРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ, ИНВАЗИВНОСТЬ ХИРУРГИЧЕСКОГО ДОСТУПА, ИНДЕКС ИНВАЗИВНОСТИ, ВОКСЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ, МИНИМАЛЬНО ТРАВМАТИЧНАЯ ТРАЕКТОРИЯ

Введение

Последние достижения мировой медицины неразрывно связаны с техническим прогрессом и внедрением новых информационных технологий, которые дают возможность клиницисту опираться не на традиционные эмпирическо-описательные подходы, а на количественные инструментальные методы диагностики и лечения. Этому способствуют вводимые четкие стандарты диагностики и терапии, основанные на критериях доказательной медицины. Одним из наиболее сложных направлений в современной компьютеризированной медицине является стереотаксическая нейрохирургия, позволяющая с помощью средств интроскопии, навигационного оборудования и специальной хирургической аппаратуры обеспечить локализованный доступ к глубоко расположенным структурам головного мозга для удаления труднодоступных новообразований или стимуляции функционально-значимых областей. Широкое использование стереотаксического метода, в первую очередь, объясняется малой травматичностью вмешательств, а также развитием интроскопического оборудования (компьютерной рентгеновской и магниторезонансной томографии) и высокопроизводительных рабочих станций, обеспечивающих навигацию хирургического инструмента на основе согласования внутримозговых ориентиров по данным мультимодальной интроскопической визуализации.

Актуальность темы. Одной из основных задач стереотаксического метода является выбор оптимального (по критерию минимальной травматичности) хирургического доступа – проведение компьютерного планирования и виртуального моделирования оперативного вмешательства [1]. Это приводит к появлению специализированных систем компьютерного планирования, направленных на принятие решения о траектории хирургического доступа по исходным данным

интроскопической диагностики. Такие системы становятся неотъемлемой частью современных хирургических комплексов, а разработка методов траекторного компьютерного планирования хирургических вмешательств остается актуальной задачей с учетом совершенствования и появления новых средств диагностики и функционального контроля.

1. Анализ основных достижений и литературы

В отечественных и зарубежных публикациях, посвященных разработке и усовершенствованию стереотаксического метода, значительная часть работ посвящена увеличению точности путем улучшения совмещения систем координат [2-4].

В работе [5] для определения риска доступа применяется шестиуровневая градация степеней инвазивности (avoid, dangerous, warning, careful, common, accessible). В материалах работ [6, 7] рассмотрена возможность использования мультимодальных данных для улучшения качества определения структур головного мозга, которые впоследствии используются для расчета оптимального хирургического доступа.

Этапы хирургического планирования по данным литературы [2-4] заключаются в выборе хирургического доступа, основанном, как правило, на эмпирическом подходе и опыте специалиста и рассмотрении технических приемов на этапах проведения операции. При этом, как правило, не проводится анализ эффективности самой процедуры хирургического планирования, а также отсутствуют четкие количественные критерии и методики прогнозирования и оценки достигнутого лечебного эффекта.

2. Цель исследований и постановка задачи

Целью работы является формирование теоретических основ метода траекторного компьютерного хирургического планирования и, в частности,

этапа определения степени травматичности хирургического доступа.

Метод траекторного компьютерного планирования позволяет определить степень травматичности (инвазивности) хирургического доступа, которая связана с риском возникновения послеоперационных осложнений из-за травматизма окружающих стереотаксическую мишень функционально-важных структур.

Поэтому целью данного этапа является формализация определения минимально травматичной траектории хирургического доступа к оперируемой структуре. С этой целью поставлены такие задачи, как определение индексов травматичности каждой из структур головного мозга, разработка алгоритма определения минимально-инвазивной траектории нейрохирургического вмешательства, с помощью которой возможно достижение оперируемой структуры с наименьшим риском возникновения осложнений.

3. Материалы исследований

Задача определения степени инвазивности хирургического доступа решается на основе информационной модели операционного планирования, и, в частности, по данным коэффициентов (индексов) инвазивности ID_S , которые содержатся в идентификационной воксельной модели головы пациента, получаемой по данным компьютерной томографии.

Анатомо-функциональным структурам головы человека в соответствии с их физиологической значимостью присваиваются индексы инвазивности [8], приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Значения индексов инвазивности анатомо-функциональных структур

Анатомо-функциональная структура или область	Индекс инвазивности, ID_{S2}
Внешние объекты области сканирования (воздух, навигационные метки, элементы фиксации головы)	0
Воздух в придаточных пазухах	1
Желудочки, спинномозговая жидкость	2
Костные структуры	3
Серое и белое вещество больших полушарий	4
Ядра промежуточного мозга	5
Внутренняя капсула	6
Ядра гипоталамуса и ствола мозга	7
Кровеносные сосуды	8

Воксельная модель, на основании которой будет производиться расчет риска вмешательства, может формироваться из обобщенной воксельной модели на основе автоматизированной сегментации анатомических структур и последующей

интерактивной обработки, заключающейся в обозначении каждой функционально-значимой области и присвоении ей соответствующего коэффициента (индекса) инвазивности. В качестве примера на рис. 1 приводится результат проведения интерактивной процедуры разметки структур среднего мозга с использованием псевдоокрашивания при визуализации в режимах 2,5 D (см. рис. 1,а) и 3,5 D (см. рис. 1, б).

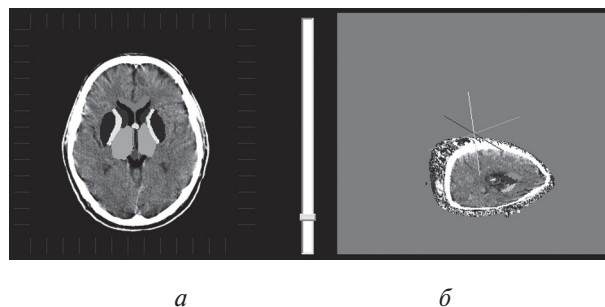


Рис. 1. Иллюстрация построения идентификационной модели компьютерного планирования: а – визуализация аксиального КТ- среза в 2,5 D режиме; б – частичный разрез объемного представления идентификационной модели компьютерного планирования в 3,5 D режиме

Также в настоящее время используют неперсонализированные – обобщенные воксельные модели, на основании которых определяют риск вмешательства. Их построение основано на использовании специализированных медицинских атласов [9-11], но они обладают главным недостатком – обобщенное воксельное представление не учитывает индивидуальные особенности строения головного мозга. В качестве примера на рис. 2 приведена обобщенная модель рисков вмешательства.

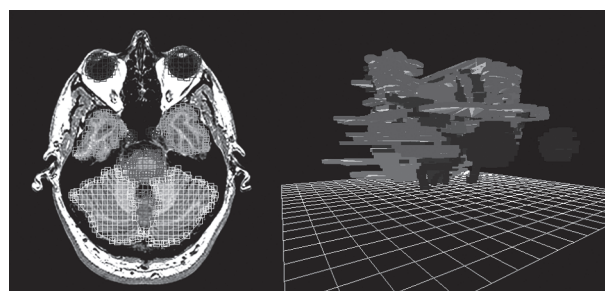


Рис. 2. Иллюстрация обобщенной модели рисков вмешательства

4. Результаты исследований

Первым этапом компьютерного планирования является приближенный выбор области нахождения трепанационного отверстия, которая для операций на структурах таламуса, в общем случае, задается в виде верхней полусферы в сферической системе координат (см. рис. 3) с центром в точке мишени М азимутальным α и полярным β углами ($\alpha, \beta \in [-90^\circ; 90^\circ]$) и шагом их изменения в 1° . Это

соответствует числу анализируемых траекторий, равному 32400.

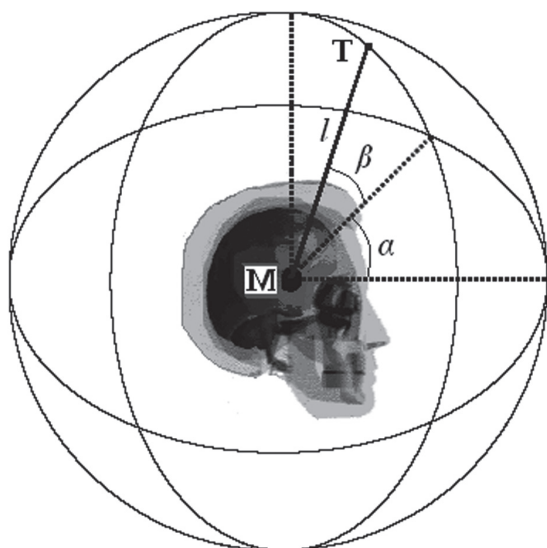


Рис. 3. Построение сферической системы координат при компьютерном планировании траектории хирургического доступа

Первой (внутренней, дистальной) точкой траектории является центр стереотаксической мишени $M(x_M, y_M, z_M)$. Координаты второй (внешней, интактной) точки траектории $T(x_T, y_T, z_T)$ определяются соответственно как

$$\begin{cases} x_T = l \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha; \\ y_T = l \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha; \\ z_T = l \cdot \cos \beta, \end{cases} \quad (1)$$

где l – длина траектории (см. рис. 3).

Для этого необходимо итеративно изменять азимутальный α и полярный β углы с учетом вышестоящего диапазона.

Также задаются начальная длина траектории l , (как правило, не превышает 100 мм), пределы и шаг изменения азимутального α и полярного β углов, которыми определяется общее количество I анализируемых траекторий, а также количество N интервалов разбиения траектории. Соответственно длина интервала разбиения траектории определяется как

$$\Delta l = \frac{l}{N}. \quad (2)$$

Координаты конечной (интактной) точки $T(x_T, y_T, z_T)$ для каждой траектории модифицируются с изменением азимутального и полярного углов согласно формуле (1).

Текущие координаты точек каждой траектории, представляемой параметрически, определяются соответственно

$$\begin{cases} x(n) = x_M + (x_T - x_M)n \cdot \Delta t; \\ y(n) = y_M + (y_T - y_M)n \cdot \Delta t; \\ z(n) = z_M + (z_T - z_M)n \cdot \Delta t, \end{cases} \quad (3)$$

где $\Delta t = \frac{1}{N}$, $n = 0; 1 \dots N-1$ – счетчик интервалов траектории, причем значению $n=0$ соответствуют координаты точки-мишени $M(x_M, y_M, z_M)$.

В процессе анализа интервалов вдоль каждой траектории выполняется определение функции инвазивности каждой m -й траектории согласно формуле

$$F(m) = \sum_{n=1}^N N^{ID_{S\Sigma}(x(n), y(n), z(n))}, \quad (4)$$

где координаты соответствующих траектории коэффициентов инвазивности определяются по формуле (3).

Логарифмический коэффициент максимальной инвазивности m -й траектории определяется как

$$K_T(m) = [\log_N (F(m) - 1)]. \quad (5)$$

Введение показательной функции инвазивности траектории и, соответственно, логарифмического коэффициента максимальной инвазивности траектории позволяет избежать ошибок, связанных с влиянием длины траектории хирургического доступа, и только учитывать предельную степень риска при повреждении пересекаемых траекторией анатомических структур.

Оптимальной по критерию малой травматичности (инвазивности) будет траектория (F_T) из I анализируемых, обладающая минимальным значением функции инвазивности

$$F_T = \min(F(m)), \quad (6)$$

где $m = 0, 1, \dots, I-1$.

Результатом процедуры компьютерного планирования является траектория, определяющая наименее инвазивный путь нейрохирургического вмешательства.

Визуализация траектории может осуществляться как по трехмерным реконструированным данным головы пациента, так и непосредственно по данным компьютерной томографии.

Выводы

В работе рассмотрен этап компьютерного планирования стереотаксических вмешательств, позволяющий определить степень травматичности хирургического доступа к глубинным структурам головного мозга.

Исходя из анализа функционально-анатомической структуры головного мозга предложена девятиуровневая шкала степеней инвазивности (опасности повреждения) каждой структуры. Разработан алгоритм определения степени инвазивности траектории хирургического доступа по данным воксельной модели.

Дальнейшее совершенствование предложенного метода направлено на оптимизацию реализаций разрабатываемых алгоритмов с использованием

существующих современных технологий параллельных вычислений, что позволит существенно ускорить процесс определения степени инвазивности траектории нейрохирургического доступа на относительно недорогом вычислительном оборудовании.

Кроме того, последующая работа по совершенствованию выбора оптимальной траектории будет нацелена на введение в функцию выбора траектории параметра, который учитывал бы набор традиционных нейрохирургических доступов. В случае равенства инвазивности хирургических доступов приоритетным должен быть выбран стандартный хирургический доступ. Это объясняется типичностью такого доступа для нейрохирурга, а следовательно становится меньшей опасностью такого хирургического вмешательства, нежели с использованием нестандартного доступа. Поэтому необходимо разработать базу стандартных хирургических доступов.

Использование такого подхода наглядно показывает инвазивность конкретного хирургического доступа, что может быть использовано для обучения молодых нейрохирургов. Поэтому внедрение симуляторов-тренажеров, одним из компонентов которых является блок определения инвазивности хирургического доступа, позволит повысить качество обучения студентов-медиков.

Перспективой работы является тестирование работы на виртуальных и материальных фантомах и предварительная клиническая апробация разработанных программных средств для их внедрения в медицинскую практику в качестве одной из компонентов системы планирования нейрохирургических вмешательств.

Список литературы: 1. Аврунин О.Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин // *Технічна електродинаміка, тем. випуск «Силова електроніка та енергоефективність»*. – Ч. 2. – 2011. – С. 293-298. 2. Patil A. A. A modified stereotactic frame as an instrument holder for frameless stereotaxis: Technical note / A. A. Patil // *Surgical Neurology International*. – 2010. – Vol. 1 – P. 62–66. 3. Сипитый В. И. Опыт проведения стереотаксических расчетов с использованием интраоперационной компьютерной томографии / В. И. Сипитый, В. А. Пятикоп, И. А. Кутовой, О. Г. Аврунин // *Український нейрохірургічний журнал*. – 2006. – № 3. – С. 58–62. 4. Богданова Ю. В. Проблемы разработки стереотаксических систем наведения хирур-

гического инструмента на примере биопсии головного мозга / Ю. В. Богданова, А. М. Гуськов, И. В. Жидких, О. С. Нарайкин, В. А. Шурхай // *Наука и образование*. – 2012. – № 12. – С. 15–28. 5. Falatehan K. Advanced Path Planning for a Neurosurgical Flexible Catheter. Improving the performance of sampling-based motion planning / K. Falatehan. – Delft, 2012. – 79 p. 6. Beriault S. Multi-modal MRI analysis for automatic trajectory planning of deep brain stimulation neurosurgery / S. Beriault, F. A. Subaie, K. Mok, A. F. Sadikot, G. B. Pike // *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* – 2011. – Vol. 19. – P. 2577. 7. Beriault S. Automatic Trajectory Planning of DBS Neurosurgery from Multi-modal MRI Datasets / S. Beriault, F. A. Subaie, K. Mok, A. F. Sadikot, G. B. Pike // *MICCAI* – 2011. – Part 1. – P. 259-266. 8. Essert C. Automatic Computation of Electrodes Trajectories for Deep Brain Stimulation / C. Essert, C. Haegelen, F. Lallys, A. Abadie, P. Jannin // *IJCARS* – 2007. – Vol. 1. – P. 483-490. 9. Damasio H. Human Brain Anatomy in Computerized Images. Second edition / H. Damasio. – New York, 2005. – 558 p. 10. Mai J. K. Atlas of the Human Brain. Third edition / J. K. Mai, G. Paxinos, T. Voss. – New York, 2008. – 271 p. 11. Morel A. Stereotactic Atlas of the Human Thalamus and Basal Ganglia / A. Morel. – New York, 2007. – 160 p.

Поступила в редколлегию 16.05.2013

УДК 615.47

Визначення ступеня інвазивності хірургічного доступу при комп'ютерному плануванні оперативних втручань / О.Г. Аврунін, М.Ю. Тимкович, Х.І. Фарук // *Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал*. – 2013. – № 2 (81). – С. 101-104.

У статті запропонована дев'ятирівнева шкала інвазивності анатомо-функціональних структур головного мозку людини. Запропоновано і описано алгоритм розрахунку найменш інвазивної траєкторії. Застосування розробленого алгоритму в нейрохірургічних системах планування втручань сприятиме зменшенню ризику хірургічного втручання і, як наслідок, зменшенню смертності.

Л. 3. Бібліогр.: 11 найм.

UDC 615.47

Determining the degree of invasiveness of surgical access for planning surgery / O.G. Avrunin, M.Y. Tymkovich, H.I. Farouk // *Bionics of Intelligense: Sci. Mag.* – 2013. – № 2 (81). – P. 101-104.

In the article proposed the invasivity levels of anatomical and functional structures of the human brain. Proposed and described algorithm for calculating the least invasive path. Application of the algorithm in neurosurgical systems of planning interventions will reduce the risk of surgery and consequently reduce mortality.

Fig. 3. Ref.: 11 items.

УДК 616.71



А. С. Нечипоренко

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, Украина, alinanechiporenko@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ НОСОВОГО ДЫХАНИЯ

Статья посвящена проблеме объективной оценки функции носового дыхания. Показано, что ограниченность частотного разрешения и точности оценки частоты отдельных гармонических компонентов классическими методами спектрального анализа делает целесообразным внедрение в диагностику параметрических методов частотного оценивания дыхательных сигналов. Среди них наиболее перспективным признан модифицированный ковариационный метод. Приведены результаты применения данного алгоритма к выборкам акустических сигналов.

НОСОВОЕ ДЫХАНИЕ, ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ КОВАРИАЦИОННЫЙ МЕТОД, СПЕКТРАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ

Введение

У пациентов с заболеваниями носа и околоносовых пазух в 85% случаев наблюдается затруднение дыхания. Причиной этого могут быть острые и хронические воспалительные заболевания полости носа и околоносовых пазух, вазомоторный, аллергический и полипозный ринит, а также посттравматические искривления носовой перегородки. В современной ринологии для диагностики носового дыхания используются методы томографии, риноманометрии и акустической ринометрии, визуально-аналоговая шкала, синусо-назальный тест. Однако по анализу литературных источников у 24% [1], 26% [2] и 20% [3] пациентов в результате проведенного консервативного лечения и оперативных вмешательств не удаётся полностью восстановить нормальное дыхание. Такие данные свидетельствуют о недостаточной эффективности дифференциальной диагностики нарушений носового дыхания, а также необходимости её совершенствования.

1. Анализ литературы и постановка задачи

К объективным методам диагностики нарушений функции носового дыхания на сегодняшний день относят компьютерную и магнитно-резонансную томографию, исследования носового воздушного потока, а именно риноманометрию и акустическую ринометрию [4].

Однако в последнее время для оценки носового дыхания начал активно использоваться и спектральный анализ [5]. Одиософт Рино (Odiosoft Rhino) – неинвазивный метод объективной оценки функции носового дыхания, основанный на спектральном анализе звуковых сигналов воздушных потоков, протекающих через носовую полость (рис. 1).

По сравнению с риноманометрией такое исследование относительно легко выполнить, оно недорогое и не требует значительных усилий по сотрудничеству пациента [6]. Звуковые сигналы

записываются с помощью миниатюрного микрофона, размещенного на расстоянии 1 см от преддверия носа для каждой половины носа в отдельности. Затем при помощи соответствующего программного обеспечения осуществляется спектральный анализ. В основу программного средства «Odiosoft Rhino» положен алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ), с помощью которого авторы вычисляют интенсивность и частоту сигналов носового дыхания. Длительность выборки согласно данному методу должна быть не менее 1 с. Выделяя в каждом из сигналов 3 диапазона: «Низкие частоты» (500...1000 Гц), «Средние частоты» (1...2 кГц), «Высокие частоты» (2...4 кГц и 4...6 кГц), проводят диагностику носового дыхания. К недостаткам данного метода можно отнести незначительную суммарную ширину вышеописанных диапазонов звукового сигнала 500 Гц ... 6 кГц. Такое ограничение частотного диапазона исследуемых звуковых сигналов существенно ограничивает диагностические возможности метода «Odiosoft Rhino». Следует отметить также ограниченность частотного разрешения и точности оценки частоты отдельных гармонических компонентов методом дискретного преобразования Фурье (ДПФ) [7]. В основном, вышеописанный метод используется для диагностики девиаций носовой перегородки и исследования функционирования носового клапана.

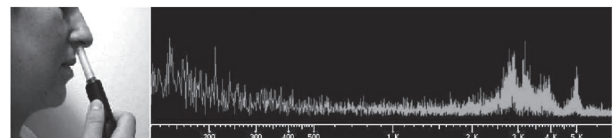


Рис. 1. Спектральная характеристика носового воздушного потока «Odiosoft Rhino»

Целью данной статьи является разработка способа объективной оценки носового дыхания на основе современных методов спектрального анализа для решения задач дифференциальной диагностики патологий носового дыхания.

2. Обоснование выбора метода спектрального анализа

Методы спектрального оценивания широко используются в задачах обработки и анализа биомедицинских сигналов. Выбор наиболее подходящего алгоритма производится в зависимости от специфических характеристик сигналов (например, наличия чётко выраженных пиков в амплитудном спектре и т.п.), а также необходимой скорости вычислений, робастности оценок, возможности обратного преобразования и др. В задачах биомедицинского характера преимущественно используются классические методы спектрального анализа. Это периодограммные и коррелограммные методы, которые основываются на непосредственном преобразовании Фурье и предварительном формировании корреляционных оценок соответственно [7]. Однако присущие указанным методам недостатки, такие как ограниченное частотное разрешение (т.е. невозможность различения двух спектральных составляющих с близкими частотами и ошибка в определении частоты обособленного гармонического компонента) при использовании выборок приемлемой длины, могут существенно уменьшить корректность дифференциального диагноза. Ещё одним свойством ДПФ является то, что выбор данного преобразования предполагает периодичность функции с периодом, равным длине исходной выборки ΔT ; только в этом случае ДПФ даёт спектр, свободный от «утечки» (явления Гиббса). Частотное разрешение ДПФ не может быть выше, чем расстояние $\Delta\omega$ между соседними гармониками ряда Фурье, зависящее от длины интервала ΔT (т.е. предполагаемого периода анализируемой функции) и не зависящее от конкретного вида последней:

$$\Delta\omega = 2\pi/\Delta T. \quad (1)$$

Поскольку измеряемые сигналы изначально являются непериодичными, а длина временной выборки не равна периоду анализируемой функции, экстраполяция известных значений функции с периодичностью ΔT в общем случае не соответствует реальному исходному сигналу. В результате нарушения непрерывности функции на границах временного интервала, возникает явление «утечки» [8], уменьшающее точность вычисления амплитуды отдельной гармонической составляющей сигнала. При этом точность оценки частоты снижается до величины порядка $\Delta\omega$ (1). Частотное разрешение в общем случае также ухудшается, поскольку слабые сигналы, расположенные рядом с сильными, могут быть «замаскированы» боковыми лепестками сильных. Применение временных и спектральных окон [7] уменьшает «растекание» спектра, однако частотное разрешение при этом не увеличивается.

Таким образом, главной причиной вышеописанных недостатков классических методов спектрального оценивания является неоптимальный характер экстраполяции заданных на интервале ΔT значений анализируемой функции за пределы этого интервала. Поэтому для анализа сигналов носового дыхания целесообразно использовать параметрические методы, когда на базе известных значений функции в интервале ΔT строится некая модель анализируемого процесса. Точность спектрального оценивания и разрешающая способность метода зависят от степени соответствия выбранной модели анализируемому процессу. Построенная модель используется для экстраполяции сигнала за пределы исходного интервала. В результате устраняются искажения, связанные с ограниченностью длины выборки и улучшается частотное разрешение по сравнению с фундаментальным для классических методов соотношением Габора:

$$\Delta T \Delta\omega \geq 1/2. \quad (2)$$

Среди известных параметрических моделей [7] наиболее приемлемой для спектрального оценивания сигналов носового дыхания следует считать авторегрессионную (АР). Важнейшим преимуществом авторегрессионного анализа является способность выделять в спектре сигнала отдельные гармонические составляющие на фоне шума. В общем случае авторегрессионный алгоритм сводится к определению коэффициентов рекурсивного фильтра заданного порядка, оценке мощности возбуждающего белого шума и последующему аналитическому расчету спектральной плотности мощности [9]. Для определения коэффициентов модели производится минимизация ошибки линейного предсказания сигнала. При этом важно изначально правильно выбрать порядок авторегрессионной модели, от которого во многом зависит точность дальнейшей оценки спектра анализируемого сигнала.

Среди двух возможных реализаций алгоритма – блочной и последовательной – предпочтение следует отдать первой, поскольку в нашем случае имеются уже сформированные выборки (блоки) фиксированного размера. Из блочных методов наиболее подходящим для обработки сигналов носового дыхания является модифицированный ковариационный метод [7]. Данный метод даёт хорошие результаты при обработке широкополосных сигналов, спектр которых имеет четко выраженные пики. Метод основан на алгоритме минимизации методом наименьших квадратов одновременно всех коэффициентов линейного предсказания и имеет высокую чувствительность к форме анализируемой функции. Модифицированный ковариационный метод отличается от ковариационного метода тем, что объединяет линейное предсказание

вперед и назад. После определения оценок АР-параметров вычисляется авторегрессионная спектральная оценка согласно формуле:

$$\hat{P}(f) = \frac{T\hat{p}_\omega}{\left|1 + \sum_{n=1}^p \hat{a}[n] \exp(-j2\pi fnT)\right|^2}, \quad (3)$$

где $\hat{a}[n]$ – коэффициенты линейного предсказания; \hat{p}_ω – оценка дисперсии возбуждающего шума.

Как указывалось, при использовании авторегрессионных методов необходимо обратить особое внимание на выбор порядка модели. В модифицированном ковариационном методе максимально допустимый порядок модели составляет 2/3 длины выборки. Однако такие значения излишни, поскольку отсутствие сглаживания приводит к излишней зашумленности спектра и появлению ложных пиков. Практика показывает, что для большинства применений в качестве предполагаемого порядка целесообразно выбирать значение от одной трети до половины длины анализируемой последовательности данных [10].

3. Описание способа объективной оценки носового дыхания

Для проведения спектрального оценивания сигналов носового дыхания необходимо осуществить запись данных. Подготовка пациента к процедуре записи осуществляется в соответствии со стандартами риноманометрических исследований. Перед исследованием пациенту должен быть обеспечен отдых с целью адаптации в течение 20–30 минут, исследование проводится в положении сидя. Пациенту не переносицу надевается специальная скоба, к которой прикреплен миниатюрный микрофон. При этом неисследуемая половина носа обтурируется и не участвует в акте дыхания. Следует также отметить, что исследования проводятся в звукоизолированной комнате (например комнате для аудиометрических исследований). Несколько дыхательных циклов (обычно это 3...4 вдоха-выдоха, рис. 2) записываются на запоминающее устройство, после чего из них для обработки выбирается один дыхательный цикл.

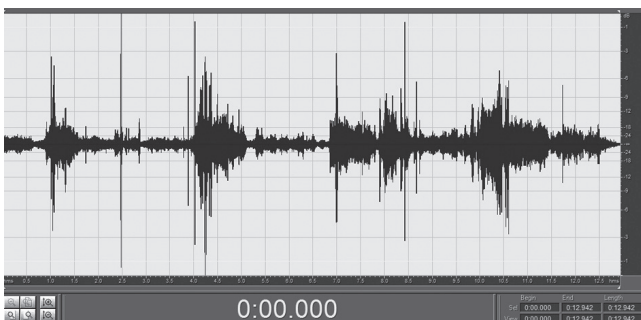


Рис. 2. Исходный сигнал носового дыхания для обработки

Затем с помощью специализированного программного обеспечения, реализующего вышеописанный модифицированный ковариационный метод с некоторыми усовершенствованиями [10], осуществляется спектральная оценка полученного звукового сигнала. Данная модификация алгоритма спектрального оценивания для комплексных и вещественных выборок устойчиво функционирует при отношении сигнал/шум до 120 дБ включительно, автоматически выбирая максимально возможный в данных условиях порядок модели [10]. Длительность выборки в среднем составляет 1 с. Указанная процедура проводится для обеих половин носа. Пример результатов обработки сигналов носового дыхания при отсутствии патологий приведен на рис. 3.

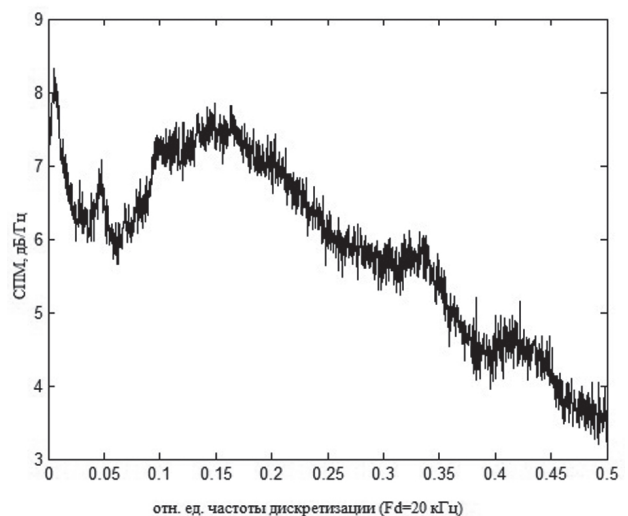


Рис. 3. Спектральная характеристика носового воздушного потока пациента с нормальным носовым дыханием

По оси x отложена частота гармоник (в единицах частоты дискретизации), по оси y – спектральная плотность мощности сигнала.

Для сравнения двух методов спектрального оценивания (классического и параметрического), один и тот же исходный сигнал обрабатывался с помощью БПФ и модифицированного ковариационного метода. Результаты обработки данных пациента с диагнозом аллергический ринит представлены на рис. 4, 5.

При анализе полученных характеристик исходного сигнала можно выделить одну и ту же частотную область с различным поведением спектра. Например в данном случае при частоте дискретизации 20 кГц при обработке с помощью модифицированного ковариационного метода (рис. 4) на частоте 4 кГц наблюдается спад СПМ сигнала, в то время как при обработке с помощью БПФ (рис. 5) СПМ сигнала остаётся практически неизменной. Эта информация играет важную роль для дифференциальной диагностики. Например в случаях,

когда сложно дифференцировать аллергический ринит от вазомоторного, целесообразно сделать спектральный анализ сигналов носового дыхания с помощью модифицированного ковариационного метода до и после применения деконгестантов. Это позволяет выявить структурные изменения слизистой оболочки носовой полости.

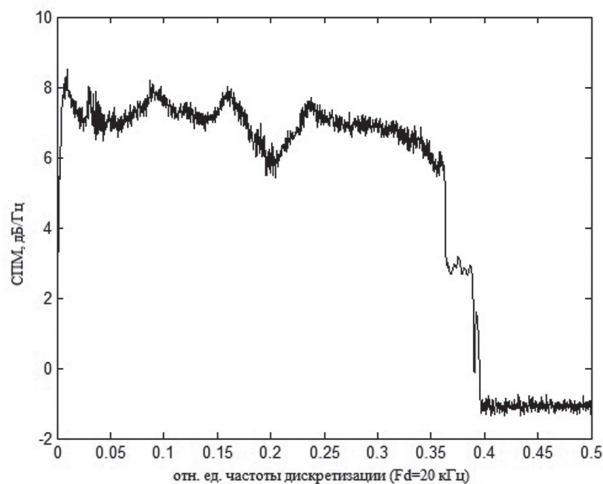


Рис. 4. Спектральная характеристика носового воздушного потока, полученная с помощью модифицированного ковариационного метода

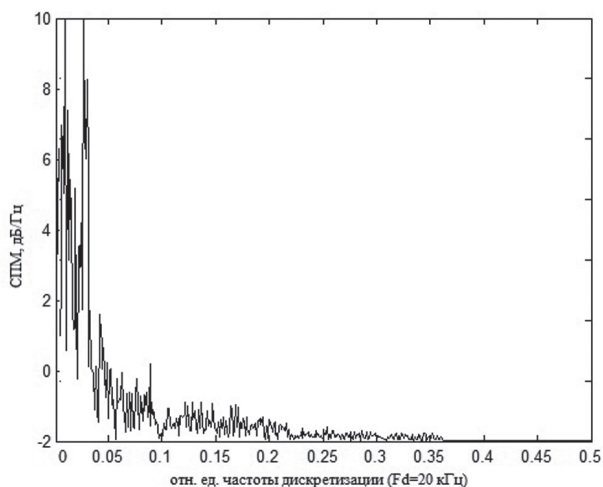


Рис. 5. Спектральная характеристика носового воздушного потока, полученная с помощью БПФ

Также имеет смысл сравнить спектральные характеристики акустических шумов правой и левой половин носа. На рис. 6 приведена спектральная характеристика левой, нормально дышащей, половины носа, на рис. 7 – правой, хуже дышащей с искривлением носовой перегородки по данным компьютерной томографии.

Из рисунков отчётливо видны различия в спектре, позволяющие подтвердить нарушение носового дыхания вследствие наличия соответствующей патологии (в данном случае – искривления носовой перегородки, затрудняющего нормальное дыхание).

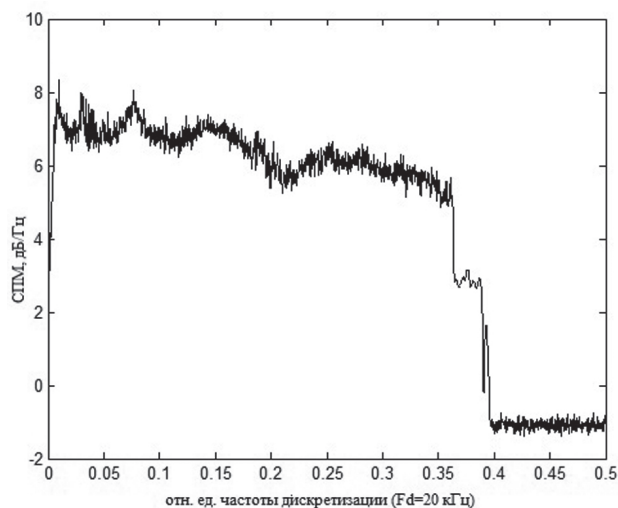


Рис. 6. Спектральная характеристика носового воздушного потока левой половины носа

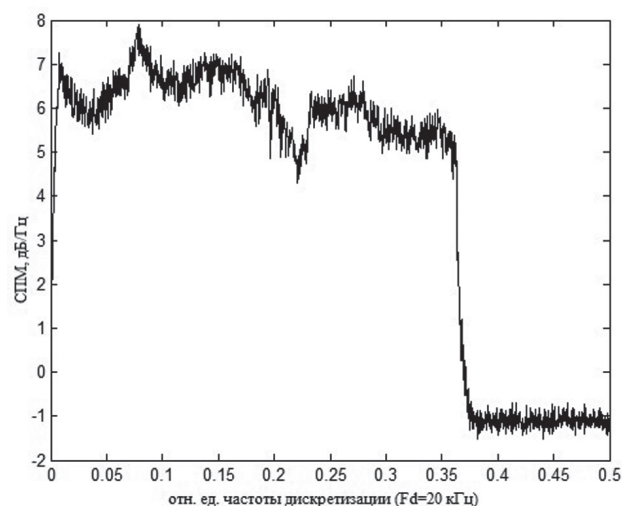


Рис. 7. Спектральная характеристика носового воздушного потока правой половины носа

Из приведенных примеров следует, что для постановки более точного диагноза рекомендуется внедрять во врачебную практику использование результатов спектрального оценивания временных выборок акустических сигналов дыхательной системы с помощью модифицированного ковариационного метода в комплексе с данными риноакустических исследований и акустической ринометрии, а также результатами КТ или МРТ.

Выводы

В статье описан способ объективной оценки функции носового дыхания, который предлагается использовать в оториноларингологической практике. Данный способ основывается на спектральной оценке с помощью модифицированного ковариационного метода. Применение указанного метода позволяет повысить точность оценки частоты и частотное разрешение для амплитудных спектров выборок акустических сигналов.

Использование результатов обработки сигналов носового дыхания в научно-практическом центре уха горла и носа г. Харькова (на основе обследования 84 пациентов) позволило на 14 % повысить точность постановки дифференциального диагноза при нарушениях воздушной проходимости верхних дыхательных путей. Таким образом, с помощью данного способа объективной оценки можно проводить дифференциальную диагностику заложенности носа при структурных изменениях слизистой оболочки путем проведения тестов до и после применения деконгестантов; производить оценку эффективности пластики носовой перегородки, вазотомии или турбинопластики.

Для повышения эффективности дифференциальной диагностики целесообразно использовать комплексный подход, объединяющий основные методы объективной оценки носового дыхания, в том числе результаты спектрального оценивания с помощью модифицированного ковариационного метода.

Список литературы: 1. *Thulesius, H. L.*, Rhinomanometry in clinical use. A tool in the septoplasty decision making process.: Doctoral dissertation, clinical sciences / H.L. Thulesius. – 2012. – 67 p. 2. *Broms, P.* Rhinomanometry. IV. A pre and postoperative evaluation in functional septoplasty / P. Broms, B. Jonson, L. Malm // *Acta Otolaryngol* – 1982. – № 94 (5-6). – P. 523-529. 3. *Bohlin, L.* Nasal airway resistance and complications following functional septoplasty: a ten-year follow-up study / L. Bohlin, A. Dahlqvist // *Rhinology* – 1994. – № 32(4). – P. 195-197. 4. *Clement, P. A.* Standardisation Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway. Consensus report on acoustic rhinometry and rhinomanometry / P.A. Clement, F. Gordts // *Rhinology* – 2005. – № 43. – P. 169–179.

5. *Seren, E.*, Frequency spectra of normal expiratory nasal sound *Am J Rhinol.* / E. Seren – 2005. – № 19. – P. 257–261. 6. *Tahamiler, R.*, Odiosoft-Rhino versus rhinomanometry in healthy subjects. / R. Tahamiler, D.T. Edizer, S. Canakcioglus, A. Dirican // *Acta Otolaryngol.* – 2008. – № 128. – P. 181–185. 7. *Марпл-мл. С.Л.* Цифровой спектральный анализ и его приложения / С.Л. Марпл-мл. – М.: Мир, 1990. – 584 с. 8. *Отнес Р.* Прикладной анализ временных рядов / Р. Отнес, Л. Эноксон – М.: Мир, 1982. – 428 с. 9. *Сергиенко, А.Б.*, Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко – СПб.: Питер, 2002. – 608 с. 10. *Грицунов, А.В.* Выбор методов спектрального оценивания временных функций при моделировании СВЧ-приборов / А.В. Грицунов // *Радиотехника.* – 2003. – № 9. – С. 25-30.

Поступила в редколлегию 12.06.2013

УДК 616.71

Особливості застосування спектрального аналізу для об'єктивної оцінки носового дихання / А.С. Нечипоренко // *Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал.* – 2013. – № 2 (81). – С. 105-109.

Розглянуто об'єктивні методи дослідження функції носового дихання. Запропоновано застосування модифікованого коваріаційного методу для спеактрального оцінювання сигналів носового дихання. Наведено результати застосування розробленого способу до вибірок акустичних сигналів.

Лл. 7. Бібліогр.: 7 найм.

UDC 616.71

Characteristics of spectral analysis usage for an objective assessment of nasal breathing / A.S. Nechyporenko // *Bionics of Intelligense: Sci. Mag.* – 2013. – № 2 (81). – P. 105-109.

The present work is devoted to problem of objective evaluation of nasal breathing function. The method of spectral estimation of acoustic breathing signals was proposed. The procedure processing is based on the modified covariance method.

Fig. 7. Ref.: 10 items.

УДК 004. 415

А. В. Палагин¹, Н. Г. Петренко², В. Н. Кулаковский³, М. П. Слабковская⁴¹ ИКНАНУ, м. Киев, Украина, palagin_a@ukr.net² ИКНАНУ, м. Киев, Украина, petrng@ukr.net³ ИСМНАНУ, м. Киев, Украина, kvn@ism.kiev.ua⁴ ИКНАНУ, м. Киев, Украина, mslabkovska@gmail.com

К ПРОЕКТИРОВАНИЮ АРХИТЕКТУРЫ КОМПОНЕНТОВ ЗОИС ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрены концептуальные положения методологии междисциплинарных научных исследований и предложены средства ее реализации в виде архитектуры знание-ориентированной информационной системы с акцентом на ее онтологическую подсистему. Последняя представлена компонентами метауровня, уровнями домена, предметной области и приложений. Кратко описаны режимы функционирования ЗОИС и механизм онтологического управления, ориентированные на парадигму развивающихся интеллектуальных систем.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЗНАНИЕ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА, ОНТОЛОГО-УПРАВЛЯЕМАЯ АРХИТЕКТУРА, КОМПЬЮТЕРНАЯ ОНТОЛОГИЯ

Введение

Современный этап развития науки и ее приложений носит явно междисциплинарный характер, что обусловило необходимость разработки методологии междисциплинарных научных исследований, включая новые перспективные архитектуры интеллектуальных компьютерных систем (или знание-ориентированных информационных систем с онтолого-управляемой архитектурой (ЗОИС)). Междисциплинарная парадигма предполагает построение единой междисциплинарной системы знаний, обеспечивающей формализованную постановку и решение конкретных задач при выполнении перспективных научных исследований. Многочисленные публикации последних лет в данной области посвящены в большинстве своем общефилософским проблемам трансдисциплинарных исследований, их феноменологической сущности, понятийным аспектам [1–5]. Среди них заслуживают особого интереса публикации, излагающие вопросы методологии трансдисциплинарных исследований и прикладные аспекты [2, 5]. Наука не в состоянии решить сложные междисциплинарные проблемы вследствие разобщенности научных дисциплин и их специализации, слабой координации научных коллективов и их тематики, отсутствия системного мониторинга и общего формализованного языка представления знаний. Трансдисциплинарность как понятие апеллирует к общей научной картине мира, отражающей реальный мир во всем его многообразии и многосвязности – пространственной, временной, информационной и когнитивной [3, 4]. Исходя из принципа неисчерпаемости материи, отобразить во всей «исчерпывающей» полноте (со стороны наблюдателя) такое многообразие невозможно даже теоретически. Но естествознанию при решении научных и практических проблем анализа и синтеза сложных

систем, так или иначе, приходится преодолевать указанные противоречия за счет потери информации путем упрощения постановки указанных проблем, использования вероятностных подходов, установления принципов междисциплинарного взаимодействия в виде согласования понятий, методов исследований и интерпретации их результатов. Информатика же владеет кроме четкого математического базиса также и технологиями постановки и решения сложных научно-технических проблем.

1. Методология междисциплинарных знаний

Междисциплинарные исследования, захватывая зоны пограничных (демаркационных) ареалов научных дисциплин, интегрируют существенные основы последних, образуя так называемые *кластеры конвергенции*, в которых происходит мощное синергетическое взаимодействие за счет взаимопроникновения парадигм и конкретных текущих результатов каждой из дисциплин, входящих в тот или иной кластер. Указанное взаимодействие отражает целостность реального мира, являясь стимулом и одновременно гарантией успешности междисциплинарных исследований и связанных с ними практических проектов, нетривиальности и значимости их результатов.

Одной из главных задач междисциплинарных исследований является обеспечение эффективного междисциплинарного взаимодействия на всех этапах жизненного цикла решения фундаментальных и прикладных научных проблем [6]. На первый план выходят задачи методологического сопровождения и обеспечения процессов интеграции и унифицированного формализованного представления междисциплинарных знаний и операций над ними при решении научных и практических проблем анализа и синтеза сложных систем,

установления принципов междисциплинарного взаимодействия в виде согласования понятий, методов исследований и интерпретации их результатов. Таким образом, путь к междисциплинарности лежит через создание *системологии междисциплинарного взаимодействия* как самостоятельной отрасли знаний либо отдельного раздела информатики, имея в виду ее системообразующую функцию.

Сущность междисциплинарного подхода к исследованию комплексных научно-технических проблем состоит в эффективном обеспечении двуединства концепций углубления конкретных знаний в предметной области (ПдО), с одной стороны, и расширения охвата проблемы, исходя из реальности единства мира, и стремления воссоздать целостную научную картину мира – с другой.

Его реализация состоит в выяснении новых закономерностей по результатам системной интеграции исходных научных теорий путем обмена понятиями и методами разных наук, формирования новых понятий, категорий, новых научных теорий, обобщающих исходные и расширяющих диапазон междисциплинарности в направлении построения *глобальной интегрированной онтолого-управляемой системы знаний*, которая не просто фиксирует научную картину мира, но и является активной средой, обеспечивающей решение конкретных научно-технических задач (путем погружения в нее формализованных заданий) и развитие самой системы знаний.

Следует отметить нетривиальность и высокую сложность самого перехода от прямых методов научных исследований к исследованиям на основе профессионального управления знаниями (knowledge management) и, конечно же, средств их методологической и информационно-технологической поддержки [6]. Такими средствами могут быть знание-ориентированные информационные системы с онтолого-управляемой архитектурой.

Конструирование механизма, лежащего в основе методологии научных исследований, непосредственно связано с созданием концептуально-понятийного каркаса соответствующих научных теорий, в качестве которого может служить совокупность формальных компьютерных онтологий конкретных предметных областей исследований.

2. Компьютерные онтологии

Компьютерные онтологии являются интенсивно развивающимся в настоящее время разделом информатики как теоретической, так и практической, возник даже раздел инженерии знаний, названный онтологическим инжинирингом. Актуальность данного направления представляется очевидной и обоснованной [7].

Общая задача онтологии – скомпенсировать отсутствие стандартов на представление знаний

при взаимодействии пользователя с информационными системами и последних между собой.

Формально онтологию можно представлять упорядоченной четверкой:

$$O = \langle X, R, F, A \rangle,$$

где X, R, F, A – конечные множества соответственно: X – концептов (понятий терминов) ПдО, R – отношений между ними, F – функций интерпретации X и R , A – конечного множества аксиом.

Онтологическое описание конкретной предметной области реализуется в виде онтологического графа (как правило, ациклически ориентированного), тезауруса базовых понятий (концептов) предметной области и отношений между ними, перечня базовых аксиоматических определений, представляющих основу машины вывода.

Онтология реальной ЗОИС содержит в общем случае три иерархически связанных компонента: метаонтологию, оперирующую с концептами общего характера (в расширенном варианте – это языково-онтологическая картина мира), предметную онтологию и онтологию приложений.

Развитие онтологического инжиниринга, а также ЗОИС, связано с совершенствованием методов компьютерной обработки предметно-ориентированных знаний. Нетрудно заметить, что хорошо проработанные методы и средства обработки информации для решения прикладных задач в узкоспециализированных предметных областях недостаточно проработаны для решения комплексных задач, связанных с поиском релевантной информации, ее лингвистическим анализом, формально-логическим представлением в рамках подходящей формальной теории, извлечением предметных знаний и их последующим использованием для решения прикладных задач в произвольных предметных областях. Отсюда следует актуальность и важность разработки новых научных методов и подходов к построению знание-ориентированных информационных систем, соответствующих технологий и, наконец, инструментальных средств автоматизированного построения баз знаний предметных областей. Решение данной проблемы является основополагающим на пути разработки общей теории понимания, формирования, представления и обработки предметно-ориентированных знаний, извлеченных из естественно-языковых текстов, методами искусственного интеллекта [7].

Основными онтолого-управляемыми функциями являются [8]:

- эффективное компактное представление системы знаний конкретной ПдО на базе современных информационных технологий (спецификация, концептуализация);
- поиск информации в системе знаний ПдО (справочные, обучающие системы);

- поиск необходимой информации в пространстве Интернет;
- постановка и решение прикладных задач в заданной ПдО (научных исследований и экспериментов, проектирования объектов новой техники и технологий и др.);
- развитие системы и получение новых знаний в соответствии с концептуальной моделью обработки знаний.

3. Архитектура ЗОИС

Развитие архитектуры ЗОИС целесообразно рассматривать с позиции двуединства внешней (ориентированной на пользователя) и внутренней (интеллектуализация и многоуровневое распределение функций) архитектур. Их гармоническая взаимосвязь обеспечивает суммарную эффективность системы.

Обобщенная схема функционирования интеллектуальной информационной компьютерной системы для научных исследований (как электронного эквивалента сознания), может быть выражена продукционной цепочкой: «входной сигнал → система знаний → реакция». Такая система имеет предварительно сформулированные цели (дальние и ближние) и установки (формируются на основе приоритетов и критериев, выработанных в режиме обратной связи в процессе взаимодействия с внешней информационной средой). Основой предметной деятельности ЗОИС является *система знаний*, которую можно представить в виде подсистемы общих знаний, взаимодействующей с множеством подсистем знаний в предметных областях.

Ниже будут рассмотрены в обобщенном виде архитектура и режимы функционирования ЗОИС и ее онтологическая подсистема, являющиеся

основными компонентами реализации методологии междисциплинарных научных исследований.

Архитектура ЗОИС (рис. 1) включает знание-ориентированную подсистему, подсистему манипулирования (экстра) лингвистической информацией, интерфейс пользователя, онтологическую подсистему и подсистему базового процессинга. Сюда следует отнести и внешние источники информации как важную компоненту извлечения и пополнения знаний в соответствии с целенаправленной деятельностью ЗОИС [8].

Такая композиция подсистем и блоков ЗОИС позволяет реализовать (в том числе) цепочку обобщенных процедур: “*обработка естественно-языковой информации → формальное логико-онтологическое представление естественно-языковой информации → компьютерная обработка знаний*”, которые соответствуют интегрированной информационной технологии работы со знаниями.

4. Функционирование ЗОИС

ЗОИС функционирует в двух режимах [8]:

1) отработка целевых заданий (внешних и внутренних), в частности, активизация процесса, актуализация информации, релевантной одной или нескольким ПдО, и размещение ее в памяти, решение поставленной проблемы (задачи), выработка, систематизация и выдача результирующих продукций (в случае знание-ориентированной деятельности – приращение знаний (по Бруксу));

2) развитие ЗОИС как системы согласно общей стратегии развития: инвентаризация и систематизация знаний (расширение метазнаний), формализация и когнитивизация представлений, интерпретационное расширение системы знаний, увеличение объема реакций и ассоциативных связей.

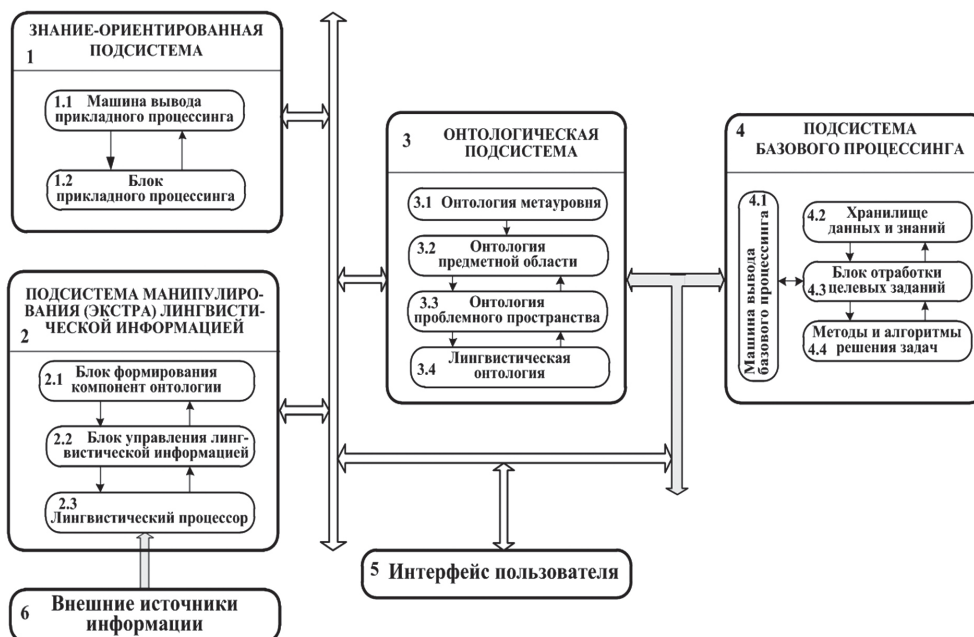


Рис. 1. Архитектура ЗОИС

5. Онтологическая подсистема ЗОИС

Онтологическая подсистема ЗОИС представлена на рис. 2, на котором приняты следующие обозначения:

- $ОД_k$ – онтология k -го домена предметных областей, где $k = \overline{1, K}$, $K = Card OD$ – мощность множества онтологий доменов, интегрированных в библиотеку;
- O_i – онтология, где $i = \overline{1, I}$, $I = Card PdO$ – мощность множества онтологий предметных областей, интегрированных в библиотеку;
- OZ_i^j – онтология j -го класса задач i -ой предметной области, где $j = \overline{1, J}$, $J = Card OZ$ – мощность множества класса задач i -ой предметной области;
- $ЛО_i$ – лингвистическая онтология i -ой предметной области (или общая);
- $ОВУ$ – онтология верхнего уровня;
- $ЯОКМ$ – языково-онтологическая картина мира;
- 1 – обработка грамматических неоднозначностей;
- 2 – построение поверхностных семантических структур;
- 3 – обработка семантических неоднозначностей;
- 4 – обработка концептуальных структур.

Онтологическая подсистема имеет ряд характерных особенностей [7]:

- композиция онтологий разного уровня и назначения как по вертикали, так и по горизонтали. По вертикали интегрируются онтология верхнего уровня, онтология домена предметных областей и онтология предметной области. По горизонтали интегрируются онтологии предметных знаний

и знаний проблемного пространства. В свою очередь, предметные знания взаимодействуют с языковыми знаниями через лингвистическую онтологию предметной области. Отметим, что роль онтологии верхнего уровня состоит в обеспечении междисциплинарного взаимодействия на уровне общего языка категорий. Роль онтологий предметных знаний, кроме традиционных функций концептуализации и спецификации научных теорий, заключается в реализации онтологического управления на уровне архитектуры знание-ориентированной информационной системы.

– эффективное унифицированное и многократное использование онтологии предметной области для разных классов задач заданной предметной области. Будучи один раз построенной, онтология PdO пригодна для решения произвольного набора задач. При этом для нового класса задач (и отдельно взятой задачи) составляется ее расширенная спецификация на некотором языке, близком к естественному, которая затем анализируется лингвистическими средствами знание-ориентированной информационной системы. Результат анализа передается в блок решателя задач, где формируется метод и соответствующий алгоритм, а также активизируются фрагменты онтографов объектов и процессов решения задачи;

– результатом целевой композиции компонентов архитектуры ЗОИС на основе онтологического метода является синтез структуры инструментального комплекса автоматизированного построения онтологических баз знаний предметных областей [7];

– применение произвольной онтологии (простой, смешанной или формальной) имеет высокую степень эффективности

в обучении. ЗОИС, имеющая в своем составе формальную онтологию предметной дисциплины, позволяет реализовать все преимущества электронного образования, в том числе и дистанционного обучения. Наиболее полно указанные свойства проявляются при использовании и взаимодействии онтологий двух уровней – онтология домена предметных дисциплин (это может быть множество дисциплин, читаемых на кафедре или факультете) и онтологий курсов самих предметных дисциплин. При этом естественным образом находят решение проблемы открытости и закрытости систем обучения,

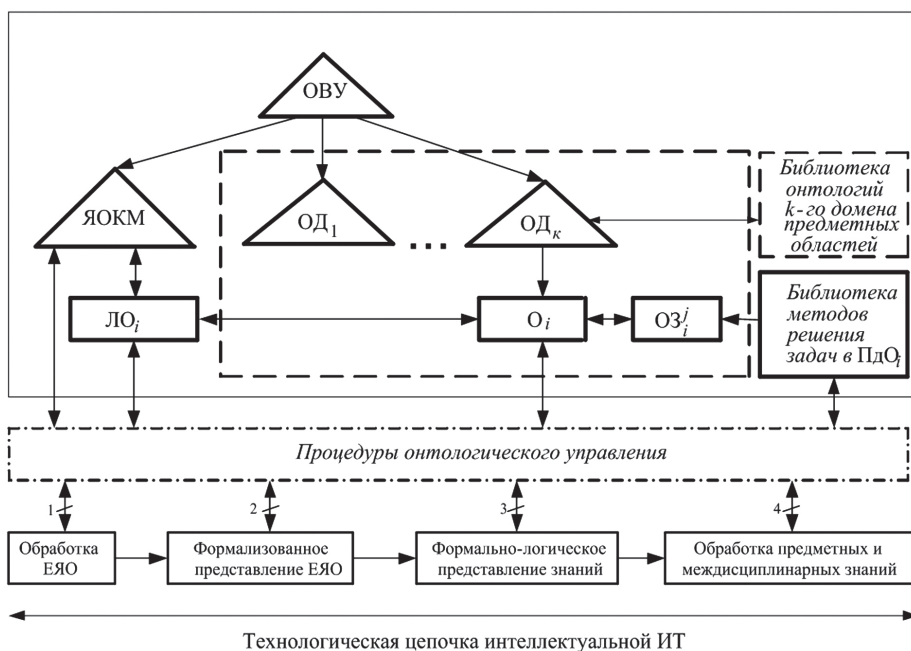


Рис. 2. Онтологическая подсистема ЗОИС

единообразия представления понятийных структур обучения, автоматизированного построения новых курсов обучения с учетом накопленных преподавателями кафедры знаний и др.

Выводы

Таким образом, механизм онтологического управления, ориентированный на парадигму развивающихся интеллектуальных систем основан на следующих признаках и процедурах ЗОИС.

Активность (во времени) онтологической подсистемы, реализующей полный набор связей с другими подсистемами и внешним миром/пользователями (булеан *онтолого-управляемых* коммуникаций).

Развитая система средств (процедур) отработки целевых заданий и хранилищ знаний и данных, а в общем, целенаправленной деятельности ЗОИС.

Развитый предметный уровень управления, формирующий требуемые взаимосвязи между различными составляющими онтолого-управления и двуединый процесс обработки онто-знаний, с одной стороны, являющихся инструментом переработки информации, а с другой – результатом базового (накопления и приращения знаний) и прикладного процессинга.

Сформулированные *дальние и ближние цели и установки*, учитывающие приоритеты и критерии, выработанные в режиме обратной связи в процессе взаимодействия с внешней средой. При этом одной из наиболее важных целей является совершенствование ЗОИС как информационной системы в соответствии с общей стратегией развития интеллектуальных систем.

Взаимосвязь когнитивных и креативных процессов расширения знаний, опирающихся на механизмы понимания (извлечения знаний из естественно-языковых текстов) и обобщения (поступательного движения вверх по уровням категориальной решетки).

Взаимосвязь “сознательной” и “языковой” картин мира на предметном уровне реализуется посредством лингвистической онтологии ПдО.

Простая настройка на заданную предметную область как для решения задач пользователя, так и для саморазвития системы (создание базы знаний, их накопление, обновление и т. п.).

Ориентация онтолого-управляемой архитектуры на технологию реконфигурируемого процессинга, обеспечивающего адаптивность ЗОИС благодаря наличию архитектурных и технологических возможностей настройки в условиях априорной и текущей неопределенностей на основе обучения и опыта.

Очевидно, возможности развития глобального знание-ориентированного Интернета будут идти по пути создания вначале прикладных распределенных систем в конкретных предметных областях

(телемедицина, экологический мониторинг, информационное сопровождение товаров и услуг, энергетические системы, коммунальные службы и пр.), повышения их интеллектуального уровня. Центральное место в них займут Grid-технологии и Cloud-computing, а также виртуальные организации, структуры и сервисы. Постановка и реализация междисциплинарных проектов высокой сложности с особой четкостью проявят при этом системообразующую функцию информатики.

Список литературы: 1. *Basarab Nicolescu*. Transdisciplinarity – Theory and Practice (Ed.), Hampton Press, Cresskill, NJ, USA. – 2008. 2. *Nicolescu B.* Transdisciplinarity – past, present and future. In Haverkott B. and Reijntjes C. (Eds), Moving Worldviews Conference Proceeding (pp. 142-165). Leusden, the Netherlands: ETC /Compas. 3. *Киященко Л.П.* Феномен трансдисциплинарности – опыт философского анализа / Л.П. Киященко // Santalka, Filosofia. – 2006. – Т. 14, № 1. – С. 17–37. 4. *Мокий В.С.* Методологии трансдисциплинарности – 4 / В.С. Мокий. – Нальчик. Институт трансдисциплинарных технологий, 2011. – 59 с. 5. *Прайд Валерия.* Феномен NBIC-конвергенции: Реальности и ожидание / Валерия Прайд, Д.А. Медведев // Философские науки. – 2008. – № 1. – С. 97–117. 6. *Палагин О.В.* Міждисциплінарні наукові дослідження: оптимізація системно-інформаційної підтримки / О.В. Палагін, О.П. Кургаєв // Вісник НАН України. – 2009. – № 3. – С. 14–25. 7. *Палагин А.В.* Онтологические методы и средства обработки предметных знаний / О.В. Палагін, С.Л. Крытый, Н.Г. Петренко. – [Монография]. – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 324 с. 8. *Палагин А.В.* Архитектура онтолого-управляемых компьютерных систем / О.В. Палагін // Кибернетика и системный анализ. – 2006. – № 2. – С. 111–124.

Поступила в редколлегию 29.06.2013

УДК 004.415

До проектування архітектури компонент ЗОІС для перспективних наукових досліджень / О.В. Палагін, М.Г. Петренко, В.М. Кулаковський, М.П. Слабковська // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 110-114.

В статті зроблено спробу обґрунтування необхідності розробки системології міждисциплінарних наукових досліджень. Розглянуто узагальнену архітектуру та режими функціонування ЗОІС, онтологічну підсистему, які є основними компонентами реалізації описаних методологічних засад.

Іл. 2. Бібліогр.: 8 найм.

UDK 004.415

Designing of the knowledge based data systems architecture for advanced scientific researches / A.V. Palagin, N.G. Petrenko, V.N. Kulakovskiy, M.P. Slabkovska // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 110-114.

The article is an attempt to justify the need to develop Systemology interdisciplinary research. We consider a generalized architecture and modes of operation KOIS, ontological subsystem, which are the main components of the implementation of the described methodological principles.

Fig. 2. Ref.: 8 items.

УДК 629.7

Е. А. Лавров¹, Н. Л. Барченко²¹ Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина,
prof_lavrov@mail.ru² Сумский национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина,
barchenkonatalia@gmail.com

АГЕНТ-МЕНЕДЖЕР В СИСТЕМЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Рассмотрена проблема эргономического качества электронных образовательных ресурсов. Предложена технология агента-менеджера, позволяющая на основе анализа особенностей обучаемого, среды и альтернативных сценариев алгоритма обучения генерировать, оценивать и предлагать пользователю варианты диалогового взаимодействия в образовательном пространстве университета. Подход позволяет обеспечить функциональный комфорт обучаемых в условиях жестких временных и ресурсных ограничений.

КАЧЕСТВО, ЭРГОНОМИКА, E-LEARNING, ОБУЧАЮЩАЯ СРЕДА, ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АГЕНТ, ДИАЛОГ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМФОРТ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СЕТЬ, НЕЙРОННАЯ СЕТЬ

Введение

Последние годы охарактеризованы бумом интереса к использованию систем дистанционного и электронного обучения. Сегодня практически каждый преподаватель вуза каким-нибудь образом задействован в этой сфере, наблюдается всплеск публикаций и конференций на эту тему. Однако практика свидетельствует о больших проблемах с качеством электронных материалов и невысокой оценкой такого обучения студентами, обучающиеся не демонстрируют «симметричного всплеска интереса» к «прогрессивным технологиям». Одной из причин такого состояния дел является частое игнорирование принципов и методов эргономики и, к сожалению, в отличие от традиционных АСУ для систем университетской автоматизации системный подход к управлению эргономическими резервами не выработан, количество электронных ресурсов и средств не переходит в качество.

Одним из наиболее перспективных и продуктивных научных направлений, ставящих задачу обеспечить повышение качества электронного обучения, является направление открытых образовательных модульных мультимедиа-систем [1], однако, вопросы эргономического качества на сегодняшний день остаются открытыми. В связи с наличием упомянутых проблем нами предложено ввести в структуру университетов отделы эргономического обеспечения электронного обучения, которые бы занимались следующими вопросами [2, 3]:

- разработкой эргономических и дизайн-требований к электронным учебным модулям;
- эргономической экспертизой электронных учебных модулей;
- эргономической модернизацией существующих электронных учебных модулей;
- разработкой рекомендаций по обеспечению индивидуальных траекторий обучения;

- разработкой и обеспечением функционирования средств контроля текущих параметров операторов в системе «Студент-обучающая среда»;
- эргономическим проектированием механизмов адаптации обучающей среды к предпочтениям, текущим параметрам и особенностям студента и среды;
- эргономическим обеспечением реализации технологии «агентов»;
- другими.

1. Постановка задачи

В условиях большого количества накопившихся альтернативных электронных модулей и возможных технологий работы с ними человек в системе «студент-обучающая среда» испытывает сложности в выборе базового модуля (платформы) и рациональных технологий работы с ним. Проблема особенно актуальна для открытых модульных систем с большим количеством разнообразных вариантов. Задача состоит в разработке подхода к созданию агента, обеспечивающего комфортные условия на рабочем месте и заданный результат обучения.

Агент должен на основе анализа предпочтений и мотивации обучаемого, характеристик электронных учебных модулей, параметров среды (временных, технических, экономических ограничений и т.п.) генерировать, оценивать и предъявлять рациональные стратегии поведения обучаемых.

2. Концепция агента-менеджера

2.1. Исходные предпосылки и допущения

Будем рассматривать обучающие системы, характеризующиеся следующими особенностями:

- теоретический курс с модульной системой оценки знаний;
- оценка обучения за модуль производится путем итогового тестового контроля;

- итоговый тестовый контроль проводится однократно;
- модуль может быть разбит на части (подмодули);
- подмодули могут разбиваться на части, соответствующие различным уровням сложности;
- результат усвоения подмодуля может быть проверен обучаемым (самоконтроль);
- количество самоконтролей в общем случае не ограничивается;
- возможно включение элементов диагностики (выявления проблемных (слабоусвоенных) вопросов) с повторным предъявлением отдельных порций учебного материала
- тестовые технологии самоконтроля являются подмножествами технологий зачетного контроля.
- оценивание знаний определяется долей правильных ответов методом использования соответствующих шкал.

2.2. Анализ задач агента-менеджера

Для выявления основных задач, которые необходимо возложить на агента-менеджера, нами проведено исследование степени удовлетворенности студентов обучением в системе дистанционного образования.

Главной претензией студентов к существующим средствам электронного обучения (эргономическими дефектами) являются:

- сложность гибкого манипулирования технологией обучения (34,3%);
- низкое соответствие модальности информации стилям пользователя (21,1%);
- низкая возможность варьирования сложностью (12,4%);
- сложность прогнозирования результатов обучения (11,1%);
- слабая приспособленность к работе с мобильными устройствами (10,9%);
- отсутствие технологии самоконтроля и объяснительной компоненты (7,1%);
- другие (3,1%).

В [4] отмечено, что диалоговая система эффективна только тогда, когда обеспечивает то, «что ожидает от нее пользователь». В связи с этим для систем электронного обучения целесообразно обратиться к понятию «функциональный комфорт» (ФК). Согласно [5] ФК – «функциональное состояние человека, занятого трудовым процессом, при котором достигнуто соответствие средств и условий труда функциональным возможностям человека и наблюдается его положительное отношение к работе, что обуславливает адекватную мобилизацию психофизиологических процессов, отдаляет развитие утомляемости, способствует длительной работоспособности без ущерба для здоровья. Психофизиологическим обоснованием ФК служит

продуктивная напряженность, когда при минимальных энергозатратах организма и при высокой результативности деятельности обеспечивается длительная работоспособность человека».

Исходя из этого, задачу можно сформулировать так: «Для заданных технических средств обучения, временных и ресурсных ограничений обеспечить максимум вероятности заданного результата обучения и максимум ФК».

Категория ФК, к сожалению, однозначно формально в литературе применительно к системам электронного обучения практически не определена.

В целях данного исследования выделим составляющие ФК, наиболее актуальные для человека-оператора в системе «студент-обучающая среда»:

- когнитивный ФК;
- темповый ФК;
- сложностный ФК.

Предполагаем следующие механизмы обеспечения ФК:

- для когнитивного ФК – выбор базового учебного модуля (платформы), обеспечивающего максимальную «близость» параметров модуля к параметрам, характеризующим предпочтения оператора (стиль представления информации, уровень интерактивности и т.п.) [6];

- для темпового ФК – механизм, состоящий в постоянном контроле резерва времени для реализации оставшейся части обучения и выборе вариантов продолжения обучения, обеспечивающих своевременное выполнение [7];

- для сложностного ФК – механизм, состоящий в интеллектуальном анализе данных модели обучаемого (история обучения, подготовленность, мотивация).

Таким образом, основную задачу агента можно сформулировать следующим образом:

$$f_k(X) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\beta(X) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$P\{T(X) < T_o\} > \alpha_o, \quad (3)$$

$$S(X) \in S_o, \quad (4)$$

$$X \in X_o, \quad (5)$$

где X_o – множество альтернативных вариантов сценариев обучения; $\beta(X)$ – вероятность безошибочного ответа на вопросы тестового контроля; $T(X)$ – случайная величина времени обучения; T_o – директивное время обучения; α_o – минимально допустимая вероятность своевременного завершения обучения; $f_k(X)$ – степень функционального когнитивного комфорта, X – вектор, характеризующий вариант сценария обучения: $X = \{X'; X''\}$, где X' – базовый модуль, X'' – сценарий обучения; $S(X)$ – уровень сложности обучения, S_o – множество допустимых уровней сложности обучения.

Множество X_0 определяется множеством M альтернативных обучающих платформ (модулей) и множеством возможных технологий обучения для каждого из $m_i \in M, i = \overline{1, n}$, n – количество альтернативных модулей. В данной постановке задача принадлежит к классу многокритериальных. Если учесть, что степень функционального когнитивного комфорта определяется в основном выбором типа модуля, можно ввести допущение о независимости f_k от X'' при выбранном модуле. Тогда (1) можно записать в виде $f_k(X') \rightarrow \max$. Такое допущение позволяет поэтапное решение задачи.

1-й этап. Выбор базовой обучающей платформы (модуля) $m_r = \arg \max f_k(X')$.

2-й этап. Выбор сценария обучения (2)-(4) при $x_{m_r}^* \in X_{m_r}''$, где X_{m_r}'' – множество возможных технологий для платформы (модуля m_r).

$X = \{m_r; x_{m_r}^*\}$ – искомое решение задачи.

2.3. Информационное обеспечение

Агент может функционировать в условиях наличия единого информационного пространства вуза [8], включающего:

- Т – развитую транспортную систему доставки учебных материалов и организации диалогового взаимодействия;
- Е – систему баз данных электронных учебных модулей;
- Ме – систему баз данных эргономических моделей электронных учебных модулей и моделей возможного диалогового взаимодействия с ними;
- Мм – систему баз данных и знаний о характеристиках и предпочтениях обучаемых;
- St – систему статистических баз данных о результатах взаимодействия обучаемых с электронными учебными модулями (характеристики случайных величин времени и показателей успешности обучения);
- Im – систему оперативной идентификации и определения характеристик текущего состояния обучаемого;
- Is – систему оперативной идентификации текущего состояния среды.

2.4. Принцип функционирования

Этап 1. Идентификация обучаемого, определение характеристик модели обучаемого и среды (Im, Is);

Этап 2. Выбор из множества альтернативных модулей, отвечающих цели текущего сеанса, множества модулей, соответствующих требованиям системы предпочтений (Me, Mm). Используется модель, основанная на аппарате нечеткой логики [6];

Этап 3. Выдача рекомендаций по организации эффективного диалога с выбранным модулем (в цикле по точкам возможного управления диалогом), в т.ч.:

3.1. Генерация альтернативных диалоговых технологий и формирование моделей диалога, включающих элементы обучающих процедур, самоконтроля, коррекции и т.п. (Me). Используется аппарат функциональных сетей (ФС) [9].

3.2. Формирование исходных данных (для оценивания показателей времени и успешности реализации процедур обучения) для отдельных элементов диалоговых процедур (при заданных характеристиках обучаемого, модуля, среды). Для решения задачи аппроксимации при работе с базой St используется аппарат нейронных сетей. При отсутствии (недостаточной полноте) St – экспертное оценивание и нечеткий логический вывод.

3.3. Оценка показателей альтернативных вариантов организации диалога. Используется аппарат ФС [9].

3.4. Рекомендации по выбору варианта организации диалога в текущей точке.

3.5. Переход на 3.1. (Цикл по точкам управления диалогом).

Основные функциональные блоки и принцип работы агента продемонстрированы на рис. 1.

2.5 Особенности алгоритма функционирования агента

2.5.1. Генерация сценариев обучения (функциональных структур диалога)

Исходными для генерации вариантов являются базы данных Me и Mm. Принцип генерации – на основе записи системы предикатных уравнений (аргументы – система функциональных возможностей и структур электронных модулей и системы предпочтений пользователя) реализуется процедура логического вывода. Результат – функциональные структуры диалога, описанные на языке функционально-структурной теории эрготехнических систем проф. Губинского А.И. [9]. Схема, демонстрирующая принцип генерации, приведена на рис. 2, а содержательное описание типовых функциональных структур обучения – в табл. 1. Обозначение схем – согласно языку ФС [9].

2.5.2. Процедура поиска оптимального сценария обучения

Задача (2)-(3), (5) решена в [9]. Основным принятым допущением является допущение о неизменности исходных данных (времени и безошибочности реализации элементов алгоритма функционирования).

Для систем электронного обучения такое допущение не может быть принято, поскольку характеристики времени и безошибочности процессов обучения зависят от показателей утомляемости и функционального состояния человека, которые могут изменяться в процессе сеанса работы.

В связи с этим задача корректирования исходных данных и задача выбора оптимального сценария продолжения диалога решается после завершения работы с каждым подмодулем.

2.5.3. Прогноз качества обучения

Осуществляется путем применения известных моделей для типовых функциональных структур [9] и редукции алгоритма обучения. Таким образом, агент рассчитывает:

- вероятность безошибочного ответа на вопросы тестового контроля (путем применения шкал оценивания переводится в оценку);
- математическое ожидание и дисперсию времени обучения (для определения вероятности своевременного завершения агент использует допущение о нормальном законе распределения времени).

2.5.4. Формирование исходных данных для расчетов

Является одной из основных проблем эргономического моделирования. В данном исследовании не может быть принято допущение о «среднем операторе» [9] – в таком случае вся идея агента потеряла бы смысл. Предлагаемый агент реализует технологию интеллектуального анализа [10-11] данных, накапливаемых в базе данных St.

В случае достаточного количества данных решается задача нейросетевой аппроксимации (на вход подаются параметры обучаемого, модуля,

технических и программных средств, временных ограничений), иначе – реализуется технология нечеткого логического вывода [12-14].

2.5.5. Оценка функционального состояния человека – оператора

Может осуществляться программно или аппаратно, некоторые способы такого контроля описаны в [3, 15]

3. Апробация

Элементы технологии агента проходят апробацию при изучении курсов «Системы искусственного интеллекта» и «Эргономика» в Сумском государственном университете и «СППР» – в Сумском национальном аграрном университете.

4. Выводы и перспективы исследований

Интеллектуальный агент-менеджер, реализующий концепцию нейронно-функциональных сетей [10], позволяет обеспечить при жестких ресурсных и временных ограничениях функциональный комфорт человека и заданный уровень качества обучения, удобен для использования в системах со сформированными базами структурированных электронных модулей, может функционировать в условиях единого информационного пространства

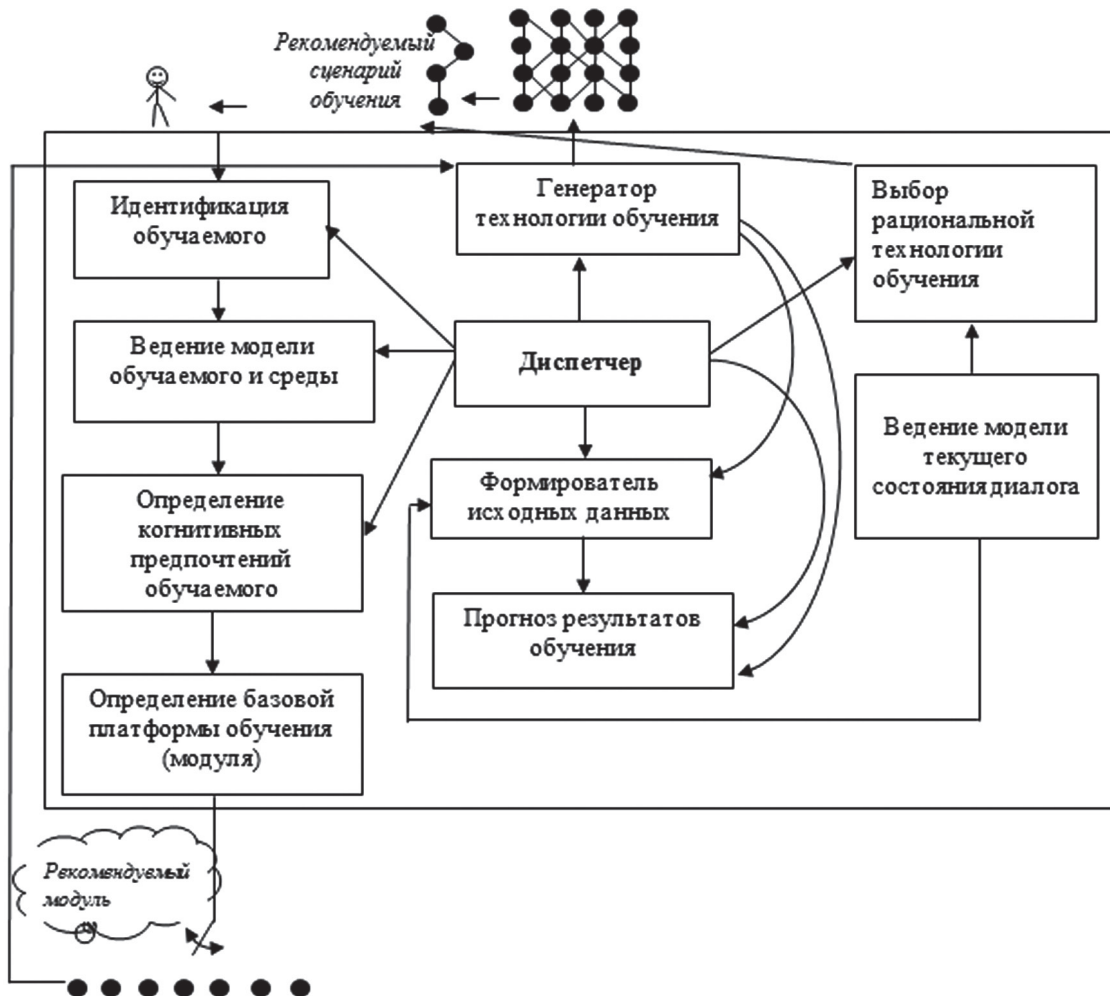


Рис. 1. Основные функциональные блоки и принцип функционирования агента

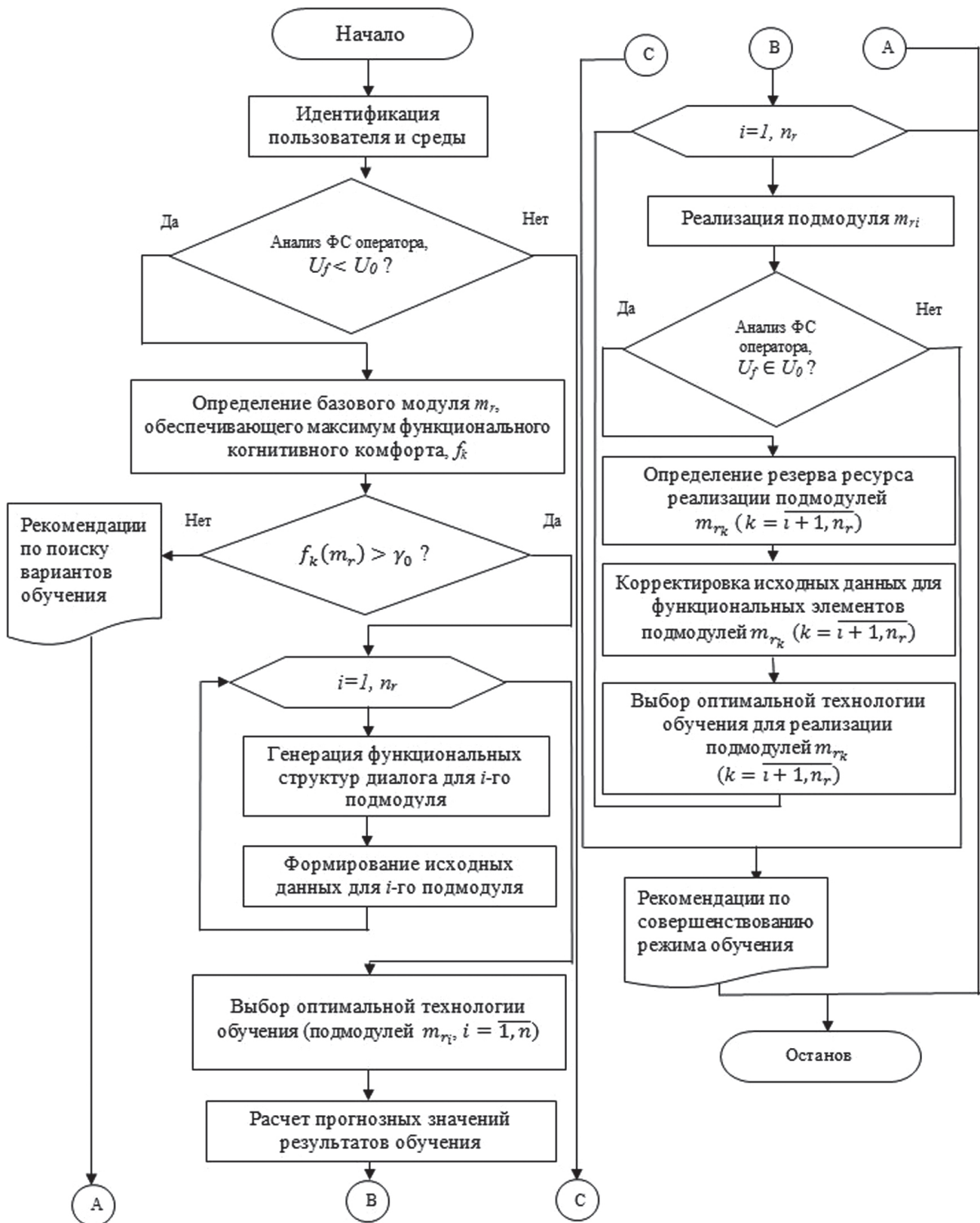


Рис. 2. Схема возможных вариантов (фрагмент) технологий для подмодулей (для структур, помеченных *, имеются аналоги – СК₁₂^{опр}, СК₁₃^{опр}, СК₁₅^{опр}, СК₁₆^{опр} с ограничением на число циклов, см. табл. 1.)

вуза. В плане дальнейших работ – экспериментальные исследования эффективности технологии, разработка рекомендаций по совершенствованию и методики внедрения в единое информационное образовательное пространство.

Список литературы: 1. Осин А.В. Открытые образовательные модульные мультимедиа системы / А.В. Осин – М.: Агентство “Издательский сервис”, 2010. – 328 с. 2. Lavrov E., Organizational Approach to the Ergonomic Examination of E-Learning Modules / E.Lavrov, O. Kupenko, T. Lavryk, N. Barchenko // Informatics in Education. – 2013. – Vol. 12,

Таблица 1

Характеристика типовых структур технологий электронного обучения для подмодулей

Типовая структура	Вариант	Характеристика
Обучение	O _{i1}	работа с блоком <i>i</i> -го учебного подмодуля «начальный уровень»
	O _{i2}	Работа с блоками <i>i</i> -го учебного подмодуля: -«начальный уровень»; -«средний уровень».
	O _{i3}	Работа с блоками <i>i</i> -го учебного подмодуля: -«начальный уровень»; -«средний уровень»; -«высокий уровень».
Самоконтроль	СК _{i1}	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем без самоконтроля
	СК _{i2}	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем и повторением обучения в цикле
	СК _{i3}	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем, диагностикой, доработкой и повторением самоконтроля
	СК _{i4}	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем, диагностикой и доработкой
	СК _{i5}	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем, диагностикой, доработкой и повторением обучения и самоконтроля в цикле
	СК _{i6}	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем и повторением в цикле (в зависимости от количества ошибок) • доработки • или обучения и самоконтроля
	СК _{i2} ^{огр} СК _{i3} ^{огр} СК _{i5} ^{огр} СК _{i6} ^{огр}	Аналогично СК _{i2} , СК _{i3} , СК _{i5} , СК _{i6} с ограничением на число циклов

№ 1. – Р. 107-124. **3. Лавров Е.А.** Измерение параметров оператора для систем эргономического обеспечения обучающих сред / Е.А. Лавров, Н.Л. Барченко // Вісник Сумського національного аграрного університету, Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів», №2 (23) – Суми, 2011. – С. 114-118. **4. Денинг В.** Диалоговые системы “Человек-ЭВМ”. Адаптация к требованиям пользователя / В. Денинг, Г. Эссинг, С. Маас – М.: Мир, 1984. – 112 с. **5. Душков Б.А.** Психология труда, профессиональной, информационной и организационной деятельности / Б.А. Душков, А.В. Королев, Б.А. Смирнов Словарь. – М.: Мир, 2005. – 848 с. **6. Лавров, Е.А.** Подход к выбору типа диалога для адаптивных обучающих систем «человек-компьютер» на основе анализа предпочтений оператора / Е.А. Лавров, Н.Л. Барченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Системы

управления. – Харьков, 2009 – 3/4 (39) – С. 45-49. **7 Чабаненко П. П.** Исследование безопасности и эффективности функционирования систем человек-техника эргосетями / П.П. Чабаненко – Акад. воен.-мор. сил им. П. С. Нахимова. – Севастополь: Изд-во Акад. воен.-мор. сил им. П. С. Нахимова, 2012. – 160 с. **8. Лавров Е.А.** Компьютеризация управления вузом / Е.А.Лавров, А.В.Клименко – Сумы: “Довкілля”, 2005. – 307 с. **9.** Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашерев, И.Л. Бердников, Е.А.Лавров и др.; Под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с. **10. Лавров Е.А.** Концепция нейронно-функциональных сетей для моделирования человеко-машинного взаимодействия / Е.А. Лавров, Н.Б. Пасько, Н.Л. Барченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Математика и кибернетика – фундаментальные и прикладные аспекты. – Харків, 2007 – 3/6 (27) – 2007. – С. 58-62. **11. Lavrov E.** Intelligence Data Analysis for the Ergonomic Planning of the Human-Machine Systems/ E. Lavrov, N. Pasko, N. Barchenko// Materials International Scientific Conference “UNITECH ‘06” is organized by the Technical University of Gabrovo under the motto, 24-25 November 2006, Gabrovo, Bulgaria. – Gabrovo: University Publishing House “V.APRILOV”, 2006. – Т. 1. – Р.р. 437-442. **12. Штовба С.Д.** Моделювання кількісних показників надійності операторської діяльності нечіткими базами знань / С.Д. Штовба // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2008. – №2. – С. 46-58. **13. Rotshtein A.** Modeling of the Human Operator Reliability with the Aid of the Sugeno Fuzzy Knowledge Base / A. Rotshtein, S. Shtovba // Automation and Remote Control. – 2009. – Vol. 70, №1. – Р. 163–169. **14. Reliability Modeling and Optimization Using Fuzzy Logic and Chaos Theory / A. Rotshtein, D. Katielnikov, L. Pustynnik.** // International Journal of Quality, Statistics, and Reliability. – 2012. – Vol. 2012 <http://downloads.hindawi.com/journals/ijqsr/2012/847416.pdf>. **15. Протасенко О.Ф.** Функциональное состояние человека-оператора в экстремальных ситуациях. Методы исследования: Учеб. пособие / О.Ф. Протасенко, Г.В. Мигаль. – Х.: Нац. Аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2004. – 32 с.

Поступила в редколлегию 03.07.2013

УДК 629.7

Агент-менеджер в системі ергономічного забезпечення електронного навчання / Е.А. Лавров, Н.Л. Барченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 115-120.

У статті розглядається інтелектуальний агент-менеджер, який дозволяє забезпечити при часових та ресурсних обмеженнях функціональний комфорт людини та заданий рівень якості навчання.

Л. 2. Бібліогр.: 15 найм.

UDC 629.7

Agent-manager in the ergonomic support system of the e-learning / E.A. Lavrov, N.L. Barchenko // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 115-120.

In this article an intelligent agent manager that allows for tight resource and time constraints functional comfort of man and given the quality of learning is considered.

Fig. 2. Ref.: 15 items.

УДК 681.3, 004.85, 004.89



К. А. Ручкин

ДонНТУ, г. Донецк, Украина, c_ruchkin@mail.ru

ГИБРИДНАЯ СТРАТЕГИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ В МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

В работе рассмотрена задача поведения коллектива агентов в мультиагентной системе прогнозирования нелинейной динамической системы в режиме реального времени. Подробно изучено поведение основных агентов системы (интерфейсного агента, информационного агента, агента-распознавателя), их роль и взаимодействие друг с другом. Проанализированы существующие стратегии взаимодействия интеллектуальных агентов. Применительно к рассматриваемой мультиагентной системе разработана гибридная стратегия взаимодействия агентов. Для оценки результата работы агентов вводятся критерии эффективности и адекватности поведения агентов.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ, РАСПРЕДЕЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ, ЗАДАЧА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, НЕЛИНЕЙНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Введение

Задача прогнозирования поведения нелинейной динамической системы в режиме реального времени является одной из сложных и трудно формализуемых исследовательских задач, для решения которой в последнее время успешно используются методы распределенного искусственного интеллекта [1–3]. Практическая реализация этих методов представляет собой мультиагентную систему с множеством интеллектуальных агентов с индивидуальным поведением. При этом важным аспектом функционирования мультиагентной системы остаётся задача организации коллективного взаимодействия агентов между собой. В данной работе три основных вида взаимодействия агентов – кооперативное, конкурирующие и гибридное – рассмотрены в рамках организации взаимодействия агентов в мультиагентной системе прогнозирования поведения нелинейных динамических систем в режиме реального времени.

1. Анализ литературы

В настоящее время исследователи уделяют достаточно много внимания задачам организации коллективного взаимодействия в мультиагентных системах различного предназначения. Наиболее актуальными среди них, являются системы субоптимального поиска информации, принятия нетривиальных решений, распределенного решения задач распознавания и обработки изображений. Так, например, можно отметить работы [4–16]. Однако проблема взаимодействия между агентами остаётся по-прежнему актуальной задачей, поскольку напрямую зависит от предметной области. Наиболее используемыми являются стратегии кооперативного, конкурирующего и гибридного взаимодействия. Вопросы кооперативного взаимодействия агентов рассмотрены в работах [5, 6, 7, 10], конкурирующего взаимодействия в работах [6, 9], а гибридное взаимодействие в [6, 8, 9]. Рассмотрим некоторые из этих работ более подробно.

В работе [4] проанализированы особенности применения технологий распределённого искусственного интеллекта к согласованию интересов исполнителей работ. Построены модель, архитектура и алгоритмы функционирования мультиагентной системы поддержки принятия решений, основанной на распределенном взаимодействии интеллектуальных агентов.

В работе [5] рассмотрены огромные многоагентные системы с кооперативным эмерджентным глобальным поведением, которые представляют собой новую парадигму в проектировании и разработке программных систем для решения сложных задач. С одной стороны, свойства эмерджентности, нелинейности глобального поведения лежат в основе глобальной устойчивости, гибкости и самоорганизации многоагентных систем. С другой стороны, эти свойства делают традиционный подход к проектированию достаточно сложным и трудоёмким. В работе идет речь о разработке кооперативного поведения в реактивных многоагентных системах с использованием эволюционных вычислений. В работе показано, как свойство эмерджентности может быть использовано для разработки глобального поведения.

Статья [6] посвящена вопросам кооперации и конкуренции агентов в мультиагентной среде. Часто в природе несколько агентов в командах сотрудничают и конкурируют друг с другом одновременно, например, в сообществе хищник-жертва. В данной работе рассмотрено одновременное кооперативное и соревновательное сосуществование в системе хищник-жертва; впервые предлагается использовать расширенные ESP архитектуры, состоящие из нескольких взаимодействующих растущих нейронных сетей для управления поведением хищника и жертвы. Эти архитектуры успешно реализуют иерархическое сотрудничество и конкуренцию в командах жертв и хищников и приводят их к устойчивому сосуществованию.

В статье [7] обсуждается методология проектирования кооперативного планирования пути динамических многоагентных систем с пространственными и временными ограничениями. Кооперативное поведение многоагентных систем изложено в терминах теории оптимизации. Способы решения задачи кооперации построены на основе дифференциального подхода. В рамках задачи планирования сотрудничества предлагается рассмотреть три сценария поведения агентов, учитывающих динамику агента, пространственные и временные ограничения.

Автоматизированные интеллектуальные агенты, населяющие общую среду, должны сотрудничать и координировать свою деятельность друг с другом [8]. Совместное сотрудничество (а не только координация) может улучшить производительность отдельных агентов и общее поведение системы. Исследования в области распределенного искусственного интеллекта решают проблему создания автоматизированных интеллектуальных систем, которые могут эффективно взаимодействовать друг с другом. В работе показано, что для того чтобы спроектировать поведение скоординированных интеллектуальных агентов, необходимо объединить методы искусственного интеллекта с методами теории игр, исследования операций, физики и философии, так называемая multi-entity методология. В работе продемонстрированы преимущества в применении multi-entity методологии и адаптация, модификация и расширения, необходимые для решения проблемы распределенного искусственного интеллекта.

В статье [9] описывается процедура проведения автоматизированных переговоров, основанная на подходе агрегации – дисагрегации. Агрегация или агрегирование – процесс объединения элементов в одну систему, укрупнение системы. Переговоры проводятся на основе ориентированного графа, называемого графом переговоров. На этом графе узлы представляют некоторые предложения (состояние переговоров), а дуги представляют некоторые действия привлеченных агентов. Агенты оснащены многокритериальной моделью принятия решений. На основании графа переговоров агент может сделать предложение, используя свои строго индивидуальные модели проведения переговоров (агрегации нескольких критериев), в то время как тот же агент может получить встречное предложение коллеги. В этой статье такая модель принимает форму функции добавки с множеством атрибутов. На этом основании и с помощью множественной линейной регрессионной модели агенты способны произвести первые оценки для параметров модели, которую предпочитает их коллега (шаг дисагрегации – шаг разукрупнения). Используя такие оценки, агенты создают усовершенствованную модель предпочтения, включая в нее модель предпочтения их коллегами. Затем они

вычисляют новое предложение на основе усовершенствованной модели. Процедура повторяется, пока не будет достигнут консенсус, то есть для всех переговорных агентов нужно сделать то же самое предложение.

Научные исследования и практика мультиагентных систем фокусируется на построении вычислительных структур, принципов и моделей того, чтобы и малые и большие интеллектуальные общества полуавтономных агентов смогли эффективно взаимодействовать для достижения своих целей [10]. В данной статье представлен личный взгляд автора на ключевые области приложения для таких кооперативных мультиагентных систем, на основные интеллектуальные проблемы в создании таких систем, на основные принципы, регулирующие их дизайн, и на основные направления и задачи будущих разработок в этой области.

Таким образом, проведенный анализ показывает актуальность и эффективность применения кооперативных, конкурирующих и гибридных стратегий взаимодействия агентов в мультиагентной среде.

2. Постановка задачи

В работе рассматривается задача поведения коллектива агентов в мультиагентной системе прогнозирования нелинейной динамической системы в режиме реального времени (МАС ПНДСРВ) [1]. Мультиагентную систему прогнозирования можно рассматривать как систему поддержки принятия решений при выборе стратегии для оптимизации поиска, детектирования и распознавания точных решений рассматриваемой динамической системы на специальных графических изображениях. В дополнение к работе [2] будет подробно изучено поведение каждого из семнадцати агентов системы прогнозирования, их роль и взаимодействие друг с другом. Проанализированы существующие стратегии взаимодействия интеллектуальных агентов. Проектирование общего поведения коллектива агентов будет основано на трех основных стратегиях взаимодействия в мультиагентной системе – кооперативной, конкурентной и гибридной.

Таким образом, целью работы является построение общей стратегии поведения коллектива агентов в мультиагентной системе.

Объектом исследования является мультиагентная система прогнозирования.

Предметом исследования являются стратегии поведения коллектива агентов.

В работе планируется рассмотреть следующие задачи:

- исследовать поведение агентов мультиагентной системы прогнозирования;
- изучить существующие стратегии взаимодействия агентов в мультиагентных системах;
- разработать стратегию поведения агентов в системе прогнозирования.

3. Коллективное поведение агентов

К основным видам взаимодействия между агентами относятся: *кооперация* (сотрудничество); *конкуренция* (конфронтация, конфликт); *компромисс* (учет интересов других агентов); *конформизм* (отказ от своих интересов в пользу других); *уклонение от взаимодействия*. Возможны гибридные формы взаимодействия агентов.

Рассмотрим основные виды и типы коллективного взаимодействия агентов более подробно. Самыми общими видами взаимодействия агентов являются – содействие, противодействие или бездействие. Так, содействие агентов друг другу означает их взаимопомощь, при этом действия одних агентов направлены на оказание помощи другим агентам. В этом случае обязательно происходит согласование индивидуальных действий в интересах усиления конечного эффекта. Содействие перерастает в кооперацию при наличии общей цели, взаимной адаптации и использовании возможностей друг друга. Наоборот, в случае противодействия агенты мешают друг другу, препятствуют достижению индивидуальных целей каждого агента. Также возможны и другие промежуточные ситуации. Наиболее очевидной является ситуация взаимного уклонения от взаимодействия, например, ввиду антипатии агентов. Кроме того, содействие может быть не только двунаправленным, но и однонаправленным (вырожденный случай). При этом один агент способствует достижению целей другого, а второй уклоняется от взаимодействия. Иногда встречается и обратная ситуация однонаправленного противодействия, когда один агент препятствует действиям другого, а тот, в свою очередь, уклоняется от встречи с первым. Наконец, при контрастном взаимодействии получаем противоречие: один агент старается содействовать другому, а тот активно ему противодействует.

Наиболее типичными являются такие виды взаимодействия как кооперация и конкуренция. Выделяются две разновидности кооперативных отношений: союзничество (аддитивный эффект объединения агентов) и партнерство (мультипликативный эффект объединения агентов). Важным показателем степени кооперации служит количество включенных в нее агентов. Конкуренция характеризуется отрицательным эффектом объединения агентов. Интеллектуальные агенты сотрудничают с другими агентами, преследуя при этом определенные цели. Кооперацию в сообществе реактивных агентов можно назвать непреднамеренной, если она базируется на естественных реакциях отдельных агентов, направленных на выживание вида. Показатели выживания отражают способность агента сохранять свою целостность при воздействиях факторов, которые могут ее разрушить. Кооперация между агентами может

возникать на принудительных началах (директивная кооперация) или на основе добровольных отношений (ситуативная кооперация). Эти два вида сотрудничества часто представлены так называемой контрактной формой кооперации, когда взаимодействие агентов регламентируется набором формальных или неформальных соглашений между ними.

Также основными характеристиками отношений между агентами являются направленность, избирательность, интенсивность и динамичность. Направленность взаимодействия указывает на положительное или отрицательное взаимодействие агентов. Примером направленности взаимодействия агентов является кооперация или конкуренция; сотрудничество или конфронтация; координация или субординация и т. п. Избирательность проявляется между агентами, которые каким-либо образом соответствуют друг другу. При этом агенты могут быть связаны в одном отношении и независимы – в другом отношении. Интенсивность отношений между агентами характеризуется определенной силой. Динамичность отношений проявляется, если наличие, сила и направленность взаимодействий изменяются с течением времени

Взаимодействие агентов также обусловлено целым рядом факторов, среди которых выделим: совместимость целей, взаимные обязательства, отношение к ресурсам, привлечение опыта.

Первый фактор обычно порождает взаимодействие по типу кооперации или сотрудничества. При этом следует выяснить, не ведет ли взаимодействие к снижению жизнеспособности отдельных агентов. Несовместимость целей или убеждений обычно порождает конфликты, позитивная роль которых заключается в стимулировании процессов развития.

Обязательства являются одним из факторов, которые позволяют упорядочить хаотические взаимодействия агентов. С их помощью можно предвидеть поведение других агентов, прогнозировать будущее и планировать собственные действия. Можно выделить следующие группы обязательств: обязательства перед другими агентами; обязательства агента перед группой; обязательства группы перед агентом; обязательства агента перед самим собой.

Задачи распределения долей рынка, затрат и прибылей совместных предприятий можно рассматривать как примеры взаимодействия, обусловленного общими ресурсами. Ограниченность ресурсов, которые используются многими агентами, обычно порождает конфликты. Одним из самых простых и эффективных способов разрешения подобных конфликтов является право сильного – сильный агент отбирает ресурсы у слабых. Более тонкие способы разрешения конфликтов обеспечивают переговоры, направленные на достижение

компромиссов, в которых учитываются интересы всех агентов.

Каждый агент обладает ограниченным набором знаний, необходимых ему для реализации собственных и общих целей. В связи с этим ему приходится взаимодействовать с другими агентами. При этом возможны различные ситуации: агент способен выполнить задачу самостоятельно; агент может обойтись без посторонней помощи, но кооперация позволит решить задачу более эффективным способом; агент не способен решить задачу в одиночку. В зависимости от ситуации агенты выбирают тип взаимодействия и могут проявлять разную степень заинтересованности в сотрудничестве.

Перечисленные факторы могут приводить к разным формам взаимодействия между агентами. Например, простое сотрудничество, которое предполагает интеграцию опыта отдельных агентов (распределение задач, обмен знаниями и т.п.) без специальных мер по координации их действий; координируемое сотрудничество, когда агенты вынуждены согласовывать свои действия (иногда привлекая специального агента-координатора) для того, чтобы эффективно использовать ресурсы и собственный опыт; непродуктивное сотрудничество, когда агенты совместно используют ресурсы или решают общую проблему, не обмениваясь опытом и мешая друг другу.

Таким образом, при построении взаимодействия между агентами необходимо решить следующие задачи: провести идентификацию ситуации взаимодействия агентов; выделить основные роли и их распределение между агентами; определить число и типы взаимодействующих агентов; построить формальную модель взаимодействия; определить набор возможных стратегий поведения агентов; сформировать множество коммуникативных действий.

4. Интерфейсный агент

Для проектирования разрабатываемой мультиагентной системы выбран язык UML, который благодаря включению в последние версии некоторых специфических понятий подходит не только для объектно-ориентированного, а и для агентно-ориентированного подхода к проектированию.

Формальное представление целей, обязательств, желаний и намерений, а также всех остальных характеристик составляет основу ментальной модели интеллектуального агента, которая обеспечивает его мотивированное поведение в автономном режиме.

Первым звеном в цепи функционирования проектируемой МАС есть взаимодействие с системой моделирования Modeler [3], которое осуществляется с помощью интерфейсного агента.

Схема работы интерфейсного агента приведена на рис. 1. Она показывает, что данный агент

функционирует в цикле обработки запросов от других агентов — заказчиков. По сути, интерфейсный агент является сервисом, который предоставляет клиентам ресурсы Modeler.

Все запросы по отношению к Modeler можно разделить на два типа: запросы на данные и управляющие запросы. Управляющие запросы предусматривают передачу Modeler некоторой простой команды (например, команды для начала просчета новой траектории) и не требуют обратной связи. Запросы на данные предусматривают получение текущих графических отображений исследуемой модели от Modeler.

Предполагается, что Modeler передает свои данные в «сыром», неструктурированном виде для упрощения и ускорения коммуникации между Modeler и многоагентной системой. Таким образом, интерфейсному агенту также необходимо верифицировать полученные данные (проверить на соответствие указанного формата передачи) и структурировать данные (представить совокупность точек полученного изображения в виде двумерной матрицы) для удобства дальнейшей обработки другими агентами.

При возникновении ошибки коммуникации вдоль взаимодействия с Modeler (а также ошибки в формате передачи данных) интерфейсный агент извещает о ней блок управления (для прекращения работы системы), идентифицирует ошибку и сообщает о ней пользователю через графический интерфейс.

При прекращении своей работы интерфейсный агент должен завершить сессию работы с Modeler и корректно закрыть канал связи с ним.

5. Информационный агент

Следующим звеном в цепи обработки данных является информационный агент, который предоставляет высокоуровневый интерфейс доступа к данным Modeler и выполняет их предобработку.

Схема работы информационного агента приведена на рис. 2. Как и интерфейсный агент, информационный агент работает в цикле обработки запросов других агентов. При этом интерфейсный агент используется ими в качестве ресурсной базы.

Основная задача информационного агента — выполнение запросов на доступ к графическим отображениям исследуемой модели. При этом главными клиентами информационного агента являются агенты, которые непосредственно выполняют распознавание траекторий.

Визуальные отображения модели содержат не только изображение текущей траектории, но и точки предыдущих траекторий, сетку и другие графические элементы. Для упрощения работы агентов, которые занимаются распознаванием траекторий, информационный агент проводит обработку

изображений, убирая из них лишние элементы. Для этого каждое изображения сравнивается с другим изображением этого же графического отображения (внешняя или внутренняя секция, сфера или поверхность), полученным к началу просчета текущей траектории. Другими словами, из текущего изображения «отнимается» начальное, и в результате на изображении остаются лишь точки траектории, расчет которой длится в данный момент.

Таким же образом можно получить, например, только те точки текущей траектории, которые появились с момента получения предыдущего «снимка» графического отображения.

Для анализа трехмерных моделей (сферы и поверхности) необходимо получить несколько изображений (проекции), сделанных из разных точек

наблюдения. В этих случаях информационный агент должен выполнить несколько запросов к интерфейсному агенту для сбора всех необходимых данных. Количество таких изображений может быть изменено в зависимости от необходимой эффективности распознавания и имеющегося лимита времени: с повышением количества «снимков» достоверность успешного распознавания может расти, но неизбежно увеличатся и затраты на его проведение.

Кроме того, информационный агент может также осуществлять конвертирование запрашиваемых изображений в формат, требуемый клиентом (в случае, если разные агенты могут требовать изображения в разных форматах), и выполнять другую вспомогательную работу, указанную клиентом.

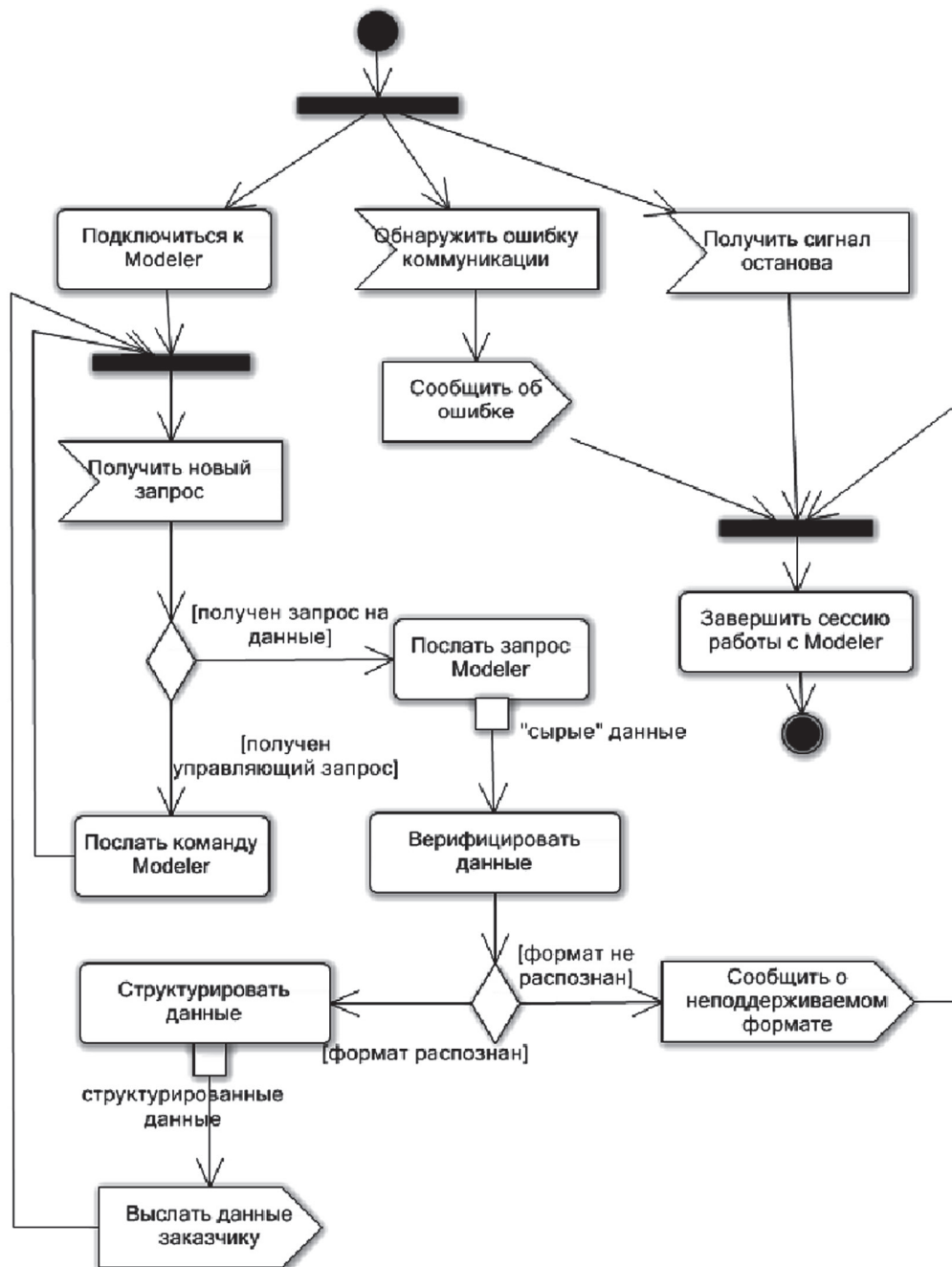


Рис. 1. Диаграмма деятельности интерфейсного агента

Перед началом просчета новой траектории необходимо обновить начальные изображения, которые используются в процессе обработки (т.е. включить в них точки последней просчитанной траектории). Эту работу информационный агент должен выполнять при получении соответствующего сигнала из блока управления.

Так как разные агенты могут потребовать одни и те же самые графические данные на протяжении сравнительно малого промежутка времени, имеет смысл кэшировать данные, обработанные информационным агентом. Т.е. результаты каждого запроса могут некоторое время сохраняться в агенте для сокращения числа возможных обращений к интерфейсному агенту и, соответственно, к Modeler.

Для оптимального кэширования информационный агент может учитывать скорость прироста новых точек на каждом изображении отдельно и в

зависимости от этого регулировать срок хранения соответствующих данных. Если любые изображения мало изменяются со временем в рамках просчета текущей траектории, можно снизить частоту их обновления, и наоборот.

6. Агент-распознаватель

Распознавание траекторий выполняется в блоке распознавания, который состоит из четырех групп агентов – по одной на каждое графическое отображение исследуемой модели. Каждая группа включает в себя три агента-распознавателя – по одному на каждый тип траекторий (регулярная, с малой хаотичностью, хаотичная).

Схема работы агента-распознавателя приведена на рис. 3. В общем случае она представляет собой проведение периодических попыток распознавания заданного типа траектории на подконтрольных изображениях исследуемой модели.

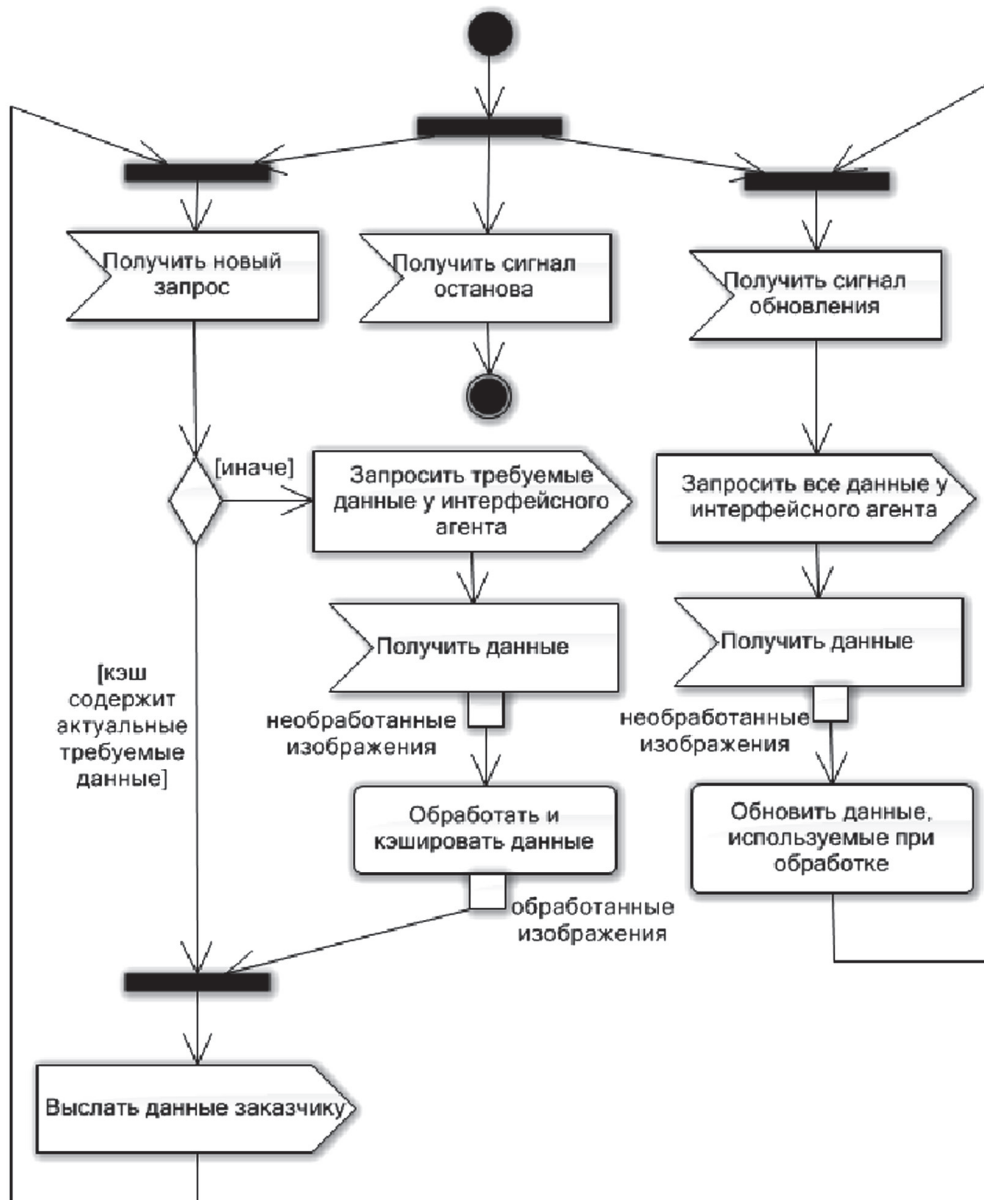


Рис. 2. Диаграмма деятельности информационного агента

Количество конкретных типов агентов-распознавателей зависит от используемых методов распознавания для разных типов траекторий на разных графических отображениях модели. В частности, для распознавания траекторий на двумерных отображениях необходимо обработать только одно изображение, тогда как для трехмерных отображений нужно последовательно обработать несколько «снимков» (проекций) объемной фигуры, сделанных из разных точек наблюдения.

Предполагается, что в результате работы агента-распознавателя вычисляется значение вероятности того, что текущая траектория принадлежит к типу, который распознается данными агентом.

Сначала агент-распознаватель находится в режиме ожидания, который прерывается сигналом блока управления и информирует агента о начале расчета новой траектории. Тогда агент-распознаватель переходит в активный режим, периодически обновляя изображение подконтрольного отображения модели с помощью информационного агента и

стараясь распознать на них заданный тип траектории. Как только блок управления сообщает о том, что расчет текущей траектории завершен, агент-распознаватель снова переходит в режим ожидания.

Скорость появления новых точек траектории на изображении может изменяться в зависимости от характеристик исследуемой модели и параметров расчета. Поэтому частоту проведения попыток распознавания имеет смысл регулировать – это позволяет снизить потребление процессорного времени для медленно протекающего расчета и повысить отклик системы (и, соответственно, ее быстродействие) для быстро протекающего расчета.

Частота работы агента-распознавателя регулируется индивидуально для каждого отдельного графического отображения модели. Получив соответствующий сигнал, агент изменяет интервал срабатывания внутреннего таймера на указанный в сигнале.

В случае, если результат очередной попытки распознавания существенно отличается от

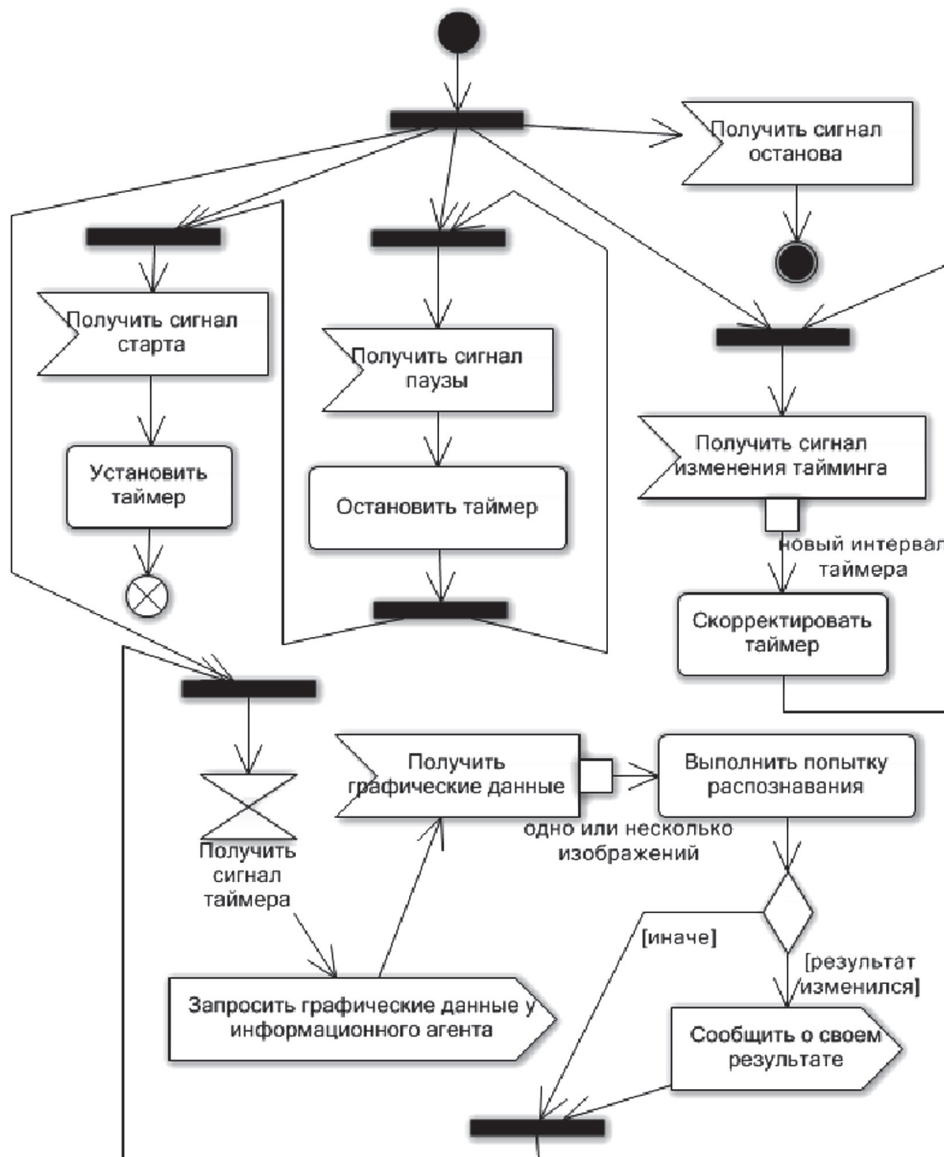


Рис. 3. Диаграмма деятельности агента-распознавателя

полученного прежде результата (что определяется агентом индивидуально), агент-распознаватель генерирует соответствующий сигнал, предназначенный блоку управления. Сначала принимается, что у агента нет определенной мысли по поводу того, принадлежит ли текущая траектория заданному в агенте типу. Поэтому начальное значение результата (вероятности соответствия) режима устанавливается равным 0,5.

Таким образом, на протяжении расчета очередной траектории активная группа агентов-распознавателей периодически обновляет свои намерения по поводу данной траектории и информирует об этом блок управления. На основании полученных результатов блок управления регулирует время просчета траектории и принимает решение относительно ее классификации. В этом блоке также регулируется и количество активных в данный момент групп агентов-распознавателей: сокращение их числа уменьшает потребление процессорного времени, а увеличение разрешает добиться большей эффективности распознавания в сложных случаях.

7. Критерии гибридного взаимодействия агентов

Обычно многоагентная система (МАС) состоит из множества агентов A , способных функционировать в некоторых средах E , находящихся в определенных отношениях R и взаимодействующих друг с другом, формируя некоторую организацию ORG , обладающую набором индивидуальных и совместных действий ACT (стратегий поведения и поступков), включая возможные коммуникативные действия SOM , и характеризуется возможностями эволюции EV .

Общая стратегия коллективного взаимодействия агентов в мультиагентной системе может быть сформулирована так. Группа интеллектуальных агентов первого типа решает задачу о принятии решения, взаимодействуя со средой и базой знаний. Если за приемлемое время агент не вырабатывает решение, то он посредством агента координатора обращается к другой группе агентов и передает данные и знания об уже проведенной работе. Другая (наименее загруженная) группа агентов формирует намерения в оказании помощи для решения поставленной задачи и сообщает об этом агенту-координатору. Также группа агентов сообщает о своей текущей эффективности. Исходя из этих значений, агент — координатор выбирает подходящую группу и передает ей задание на выполнение. Как только значение эффективности становится меньше заданного значения, группа перестает выполнять текущую задачу.

В данной системе агенты, реализующие свои собственные стратегии, обладают и коммуникативными свойствами. Т.е. в одной ситуации агенты

могут конкурировать друг с другом, а в другой — могут вступать в кооперацию. Поэтому целесообразно рассмотреть гибридную стратегию поведения агентов, учитывающую их конкурентные и кооперативные свойства.

Для оценки гибридных свойств агентов в мультиагентной системе введем два критерия (по аналогии с функцией полезности): эффективность работы агента и адекватность поведения (принимаемого им решения). Данные критерии позволят организовать общую стратегию взаимодействия агентов — распознавателей в мультиагентной системе прогнозирования. Как было уже отмечено выше, для распознавания характера траектории используются различные типы агентов-распознавателей.

Эффективностью работы агента считается его способность или возможность принять решение самостоятельно за приемлемое время. В начале расчетов, эффективность полагается равной единице, и с течением времени (с увеличением количества шагов) эффективность агента уменьшается и стремится к нулю. Если эффективность агента становится меньше определенного заданного значения, то работа такого агента считается неэффективной и останавливается. Эффективность группы агентов вычисляется как среднее значение эффективности каждого агента в группе. При выборе запуска агента — запускается тот агент, чья эффективность выше (больше).

Адекватностью работы агента называется правильность принятых самостоятельно решений. Вначале адекватность полагается равной единице, и изменяется от единицы до нуля вместе с изменением количества правильно принятых самостоятельно решений. Если адекватность равна нулю, это означает, что агент не смог принять правильно ни одного решения, а если адекватность равна единице, то все его решения правильные. Если агент не может самостоятельно принять решение, то он обращается за помощью к остальным агентам. При этом необходимо учитывать адекватность работы других агентов.

Эффективность работы агента позволяет оценить его конкурентные качества, а адекватность работы — его коллективные качества.

Выводы

В работе рассмотрена задача поведения коллектива агентов мультиагентной системы прогнозирования поведения нелинейной динамической системы в режиме реального времени. Изучено поведение основных агентов системы (интерфейсного агента, информационного агента, агента-распознавателя), их роль и взаимодействие с другими агентами. Применительно к рассматриваемой системе исследованы существующие стратегии

взаимодействия специальных интеллектуальных агентов-распознавателей в мультиагентной системе – кооперативная, конкурентная и гибридная. Разработана гибридная стратегия взаимодействия агентов. Для оценки результата работы агентов введены критерии эффективности и адекватности поведения агентов.

Использование гибридной стратегии взаимодействия агентов является преимуществом в данной мультиагентной системе, поскольку в таком случае их поведение будет более гибким и адаптируемым под различные ситуации, т.к. весомую роль в задаче играет время проводимых исследований (время функционирования агента), которое определяется для каждого конкретного случая отдельно.

Дальнейшие исследования будут направлены на анализ функционирования вспомогательных агентов: тактового агента, управляющего агента, координирующего агента и на оценку их влияния на общую стратегию поведения системы, на описание общей стратегии с помощью математического аппарата.

Список литературы: 1. Ручкин К.А. Анализ и проектирование многоагентной системы прогнозирования поведения нелинейной динамической системы в режиме реального времени / К.А. Ручкин // Бионика интеллекта. – 2013. – №1(80). – С. 117–127. 2. Ручкин К.А. Разработка мультиагентной системы для прогнозирования поведения динамической системы в режиме реального времени / К.А. Ручкин, А.В. Данилов // Искусственный интеллект. – 2011. – №4. – С. 192–199. 3. Ручкин К.А. Разработка компьютерной системы для построения и анализа сечений Пуанкаре / К.А. Ручкин // Искусственный интеллект. – 2009. – №1. – С. 300–304. 4. Мультиагентная система поддержки принятия решений «Координатор» [Текст] / П. А. Паршиков, В. Ю. Гулаков, А. К. Буйвал // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2011. – N 1. – С. 71-78. – Библиогр.: с. 78 (8 назв.). 5. Marko Privosnik. Construction of Cooperative Behavior in Multi-Agent Systems / Marko Privosnik, Matija Marolt, Alenka Kavcic, Sasa Divjak // Proceedings of the WSEAS International Conferences, Skiathos, GREECE, September 25-28, 2002. 6. Rawal A. Constructing competitive and cooperative agent behavior using coevolution / Rawal A., Rajagopalan P.; Miikkulainen R. // IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games (CIG), Date 18-21, Aug. 2010, – pp. 107-114. 7. Feng-Li Lian. Cooperative Path Planning of Dynamical Multi-Agent Systems Using Differential Flatness Approach // Feng-Li Lian / International Journal of Control, Automation, and Systems, June 2008, vol. 6, no. 3, – pp. 401-412. 8. Sarit Kraus. Negotiation and cooperation in multi-agent environments / Sarit Kraus // Artificial Intelligence, – № 94, – 1997, – pp. 79-97. 9. Amal El Fallah Seghrouchni / An Aggregation-Disaggregation Approach for Automated Negotiation in Multi-Agent Systems / Amal El Fallah Seghrouchni, Pavlos Moraïtis, Alexis Tsoukiàs // International ICSC Symposium on Multi-Agents and Mobile Agents in Virtual Organizations and E-Commerce (MAMA'2).

10. Cooperative Multiagent Systems: A Personal View of the State of the Art / Victor R. Lesser // To appear in IEEE Trans. Knowledge and Data Engineering, Jan.-Feb. Special Issue.

11. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям / В.Б. Тарасов. Серия «Науки об искусственном». – 2002. 352 с. 12. Приходько М.А. Взаимодействие конкурирующих интеллектуальных агентов в распределенных мультиагентных системах / М.А. Приходько. – Программные продукты и системы. – 2011. – № 3. – С. 25-32. 13. Поспелов Д.А. От моделей коллективного поведения к многоагентным системам / Д.А. Поспелов. – Программные продукты и системы. – 2003. – № 2. – С. 39-44. 14. Multi-agent cooperative transaction method and system. Qiming Chen, Umeshwar Dayal, Patent N.: US 6983395 B2, Jan. 3, 2006. 15. Коллективные решения в мультиагентных системах корпоративного типа. В.В. Баранов, Н.А. Махутов. Материалы конференции «Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах» (УТЭОСС-2012). С. 878-881. 16. John Korah, Eunice E. Santos, Eugene Santos, Jr., Multi-agent framework for real-time processing of large and dynamic search spaces, Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing, March 26-30, 2012, Trento, Italy.

Поступила в редколлегию 31.07.2013

УДК 681.3, 004.85, 004.89

Гибридна стратегія взаємодії агентів в мультиагентній системі прогнозування / К.А. Ручкін // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 121-129.

У роботі розроблена гібридна стратегія поведінки колективу агентів мультиагентної системи прогнозування поведінки нелінійної динамічної системи в режимі реального часу. На додаток до роботи детально описано поведінку основних агентів системи: інтерфейсного агента, інформаційного агента, агента – розпізнавача, їх роль та взаємодію з іншими агентами. Запропонована гібридна стратегія взаємодії включає елементи корпоративної і конкурентної взаємодії агентів, які регулюються за допомогою критеріїв ефективності та адекватності. Використання гібридної стратегії взаємодії агентів є перевагою в даній мультиагентній системі, оскільки в такому випадку поведінка агентів буде більш гнучкою та адаптованою під різні ситуації.

Л. 3. Бібліогр.: 16 найм.

UDC 681.3, 004.85, 004.89

Ruchkin KA. A hybrid strategy of agents' interaction in multi-agent system prediction / K.A. Ruchkin // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 121-129.

In this paper we developed a hybrid strategy collective behaviors of agents in multi-agent system predict the behavior of a nonlinear dynamical system in real time. In addition to the work of we described in detail the behavior of the main agents of the system: the interface agent, information agent, agent – resolver, their role and interaction with other agents. The proposed hybrid strategy includes elements of corporate interaction and competitive interactions of agents are regulated by the criteria of effectiveness and adequacy of behavior. Using hybrid strategy of agent interaction is an advantage in this multi-agent system, because in this case the behavior of the agents will be more flexible and adaptable to different situations.

Fig. 3. Ref.: 16 items.

УДК 51.7



Е. В. Высоцкая

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, diagnost@kture.kharkov.ua;

ПРИМЕНЕНИЕ РОБАСТНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАЦИЕНТОВ С ДЕРМАТОПАТОЛОГИЕЙ

В работе проведен анализ данных лабораторных исследований пациентов с дерматопатологией с использованием робастных статистических процедур и разработанной математической модели дифференциальной диагностики заболеваний кожи. Предложенный подход способствует получению более точного результата, что позволяет улучшить качество диагноза пациента и повысить эффективность проводимых лечебно-диагностических мероприятий.

РОБАСТНЫЕ ОЦЕНКИ, ДЕРМАТОПАТОЛОГИЯ, МЕТОД ХЬЮБЕРА, ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Введение

Проблема дифференциальной диагностики заболеваний кожи, характеризующихся многообразием клинических проявлений, никогда не теряла своей актуальности [1–3]. Правильный диагноз — это основа врачебной тактики. При дифференциальной диагностике дерматопатологии необходимо сравнить симптомокомплекс пациента с несколькими более или менее вероятными заболеваниями и после исключения ряда менее вероятных предположений остановиться на наиболее вероятном диагнозе.

Основоположники отечественной клинической медицины всегда подчеркивали необходимость постановки «диагноза болезни» и «диагноза больного» [4]. Под термином «диагноз болезни» будем понимать описание болезни согласно принятой классификации болезней, а термин «диагноз больного» — это «диагноз болезни» у конкретного пациента с учетом всех его индивидуальных особенностей.

С постановкой «диагноза болезни» завершается первая стадия диагностического процесса и начинается «создание» диагноза у конкретного больного. Если «диагноз болезни» является общим для всех больных с данным заболеванием, то индивидуальный диагноз или «диагноз больного» присущ только конкретным пациентам. Качество «диагноза больного» напрямую зависит от правильности «диагноза болезни». Следовательно, уменьшение количества ошибок при постановке «диагноза болезни» является актуальной медицинской задачей.

1. Анализ методов помехоустойчивого оценивания параметров распределения

Клиническая картина при заболеваниях кожи многообразна в начальном и эволюционном аспекте. Объясняют это как тем, что трудно обозреть множество вредных для кожи факторов, так и неограниченными возможностями в отношении форм ответа со стороны кожи.

Известно, что неотъемлемой частью диагностического процесса в дерматологии являются клинические лабораторные исследования. При этом изучению подлежит не произвольный набор признаков, а комплекс органично-связанных и взаимно-дополняющих друг друга показателей, которые позволяют полно и всесторонне оценивать состояние пациента. Признаки при оптимальном наборе не повторяют отдельных качественных характеристик, они рациональны по числу и четко структурированы по уровням представления диагнозов (состояния пациента) [5–7].

Ошибки на любой стадии анализа снижают достоверность лабораторных данных, что затрудняет постановку правильного диагноза и своевременность назначения адекватных лечебных мероприятий.

Присутствие единственного аномального наблюдения может приводить к оценкам, которые совершенно не согласуются с выборочными данными. В ряд наблюдений пациентов с одним дерматозом может случайно попасть наблюдение пациента с другим дерматозом. Источники диагностических ошибок весьма разнообразны: неизвестность или большая редкость заболевания, исключительная его сложность, отсутствие или бедность болезненных симптомов, большое сходство данного заболевания с другим и т.п. Использование информационных диагностических систем предъявляет дополнительные требования к применяемым методам обработки данных в плане их устойчивости к таким ошибкам, как запись результатов наблюдений с конечным числом значащих цифр и др.

Взаимосвязь и взаимообусловленность медико-биологических процессов можно анализировать с помощью статистических моделей, атрибутами которых являются статистические показатели. Качество этих показателей имеет большое значение, поскольку врач — дерматолог на основании результатов, полученных в процессе обработки и анализа статистической информации, принимает

решение, от которого могут зависеть жизнь и здоровье пациентов. Необходимость применения аппарата математической статистики при обработке результатов измерений, где случайной составляющей нельзя пренебречь, очевидна, и соответствующие методы успешно развиваются и внедряются в медицинскую практику.

Для обеспечения устойчивости статистических выводов при отклонениях от принятой модели распределения используются робастные методы. На сегодняшний день разработано много вариантов робастных методов анализа статистических данных [8–12]. Их преимущество по сравнению с непараметрическими методами, которые предназначены для анализа данных, распределенных согласно произвольной непрерывной функции распределения, состоит в том, что они позволяют использовать информацию о том, что реальные наблюдения лежат «около» тех или иных параметрических семейств, например, нормальных.

Робастность имеет дело с последствиями возможных отклонений от принятой вероятностной модели и предлагает методы, защищающие статистические процедуры от подобных отклонений.

В настоящее время существует два основных метода синтеза робастных оценок, а именно: минимаксный метод количественной робастности Хьюбера и метод качественной робастности Хампеля на основе функций влияния.

В первом случае определяется наименее благоприятная плотность распределения, минимизирующая информацию Фишера на заданном классе распределений с последующим построением оценки максимального правдоподобия для этой плотности. Это гарантирует, что асимптотическая дисперсия оценки не превысит заданной границы (супремум асимптотической дисперсии есть оценка количественной робастности), которая напрямую зависит от характеристик выбранного класса распределений.

Во втором случае строится оценка с заданной функцией влияния, тип поведения которой определяет качественные робастные свойства процедуры оценки, такие как их чувствительность к большим выбросам в данных, их округлению и т.д. Однако введенное Хампелем понятие L-робастности не приводит к решениям, которые обладают указанным свойством.

Существуют и другие подходы к оцениванию параметров распределений. Например, Л. Д. Мешалкина, А. М. Шурыгина [13, 14].

Первый [15, 16] предложил семейство оценок всех параметров многомерного нормального распределения, обладающих устойчивостью к асимметричному засорению, но это решение не привлекло заметного внимания. Возможно, это было связано с недостаточным объяснением природы

предложенных оценок. А. М. Шурыгин [13] развивал идеи Мешалкина, в том числе обобщил его результаты в рамках локально-устойчивого подхода к оцениванию параметров распределений. Однако подход, предложенный Шурыгиным, несмотря на очевидную полезность, до настоящего времени не получил должного теоретического обоснования. Исследованиями по проблеме устойчивости занимались также Дж. Тьюки [17], Дж. Пфанзагль [18], Л. Жакель [19], Э. Леман [20], Д. Эндрюс [14], С. А. Смоляк, Б.П. Титаренко [21], А. И. Орлов [9, 10], Ф. П. Тарасенко и многие другие учёные.

Так как в нашем случае не нарушена симметрия загрязнения, целесообразно использовать оценку Хьюбера.

Целью работы является обеспечение устойчивости статистических выводов при диагностике заболеваний кожи с учетом отклонений от принятой модели распределения за счет построения функций, базирующихся на концепции Хьюбера об исключении точек риска.

2. Использование робастных статистических процедур для анализа данных лабораторных исследований пациентов с дерматопатологией

С целью формирования качественных выборок, отражающих свойство генеральных совокупностей, предлагается проводить обработку результатов лабораторных исследований, необходимых для постановки правильного дерматологического диагноза, с учетом диапазонов нормы рассматриваемых признаков.

Диагноз пациента с заболеванием кожи может быть определен согласно разработанной математической модели:

$$D_p = f(X, y_p) = \arg \text{extrp}(A_i, B_p, W_i, T_i),$$

целевая функция которой определяется как:

$$\rho_i(A_i, B_p, W_i, T_i) = t_i \sum_{j=1}^m w_{ij} \sqrt{(a_{ij} - b_j)^2} \rightarrow \min_p,$$

где $i = 1, 2, \dots, 5$ – порядковый номер заболевания: $i = 1$ – атопический дерматит, $i = 2$ – герпетиформный дерматит Дюринга, $i = 3$ – лекарственная болезнь, $i = 4$ – псориаз, $i = 5$ экзема, $i = 6$ – склеродермия, $i = 7$ – красная волчанка, $i = 8$ – микоз; $j = 1, 2, \dots, 14$ – порядковый номер признака: $j = 1$ – содержание в сыворотке крови Т-лимфоцитов (СД3),

$j = 2$ – Т-лимфоцитов хелперов (СД4), $j = 3$ – Т-цитотоксичных клеток (СД 8), $j = 4$ – В-лимфоцитов (СД 19), $j = 5$ – интерлейкина 2 (ИЛ 2), $j = 6$ – интерлейкина 6 (ИЛ 6), $j = 7$ – полипептида эндотелина-1, $j = 8$ – процентное соотношение сегментоядерных нейтрофилов в лейкоцитарной формуле крови, $j = 9$ – содержание в сыворотке крови иммуноглобулина А (Ig A), $j = 10$

– иммуноглобулина М (Ig M), $j = 11$ – иммуноглобулина G (Ig G), $j = 12$ – общего иммуноглобулина E (Ig E);

$$a_{ij} = \sum_{p=1}^{P_i} \alpha_{ijk} s_{pij};$$

$A = \{\alpha_{ij}\}$ – множество коэффициентов вероятности k -ой выраженности j -го симптома при i -ом заболевании;

$k = 1, 2, \dots, 5$ – порядковый номер возможной выраженности симптома: $k = 1$ – проявления симптома отсутствуют, $k = 2$ – проявления симптома слабые, $k = 3$ – проявления симптома умеренные, $k = 4$ – проявления симптома сильные, $k = 5$ – проявления симптома очень сильные;

s_{pij} – значения j -го параметра у p -го пациента с i -м диагнозом;

P_i – количество пациентов с i -м диагнозом в исследуемой выборке;

p – порядковый номер пациента с i -м диагнозом, $p = 1, 2, \dots, P_i$;

$$b_j = \sum_{k=1}^g \beta_{jk} s_{jk};$$

$B = \{\beta_{jk}\}$ – матрица наличия (отсутствия) k -й выраженности j -го симптома у пациента;

$T_i = \{t_i\}$ – множество коэффициентов конфронтации признаков при i -м заболевании;

$W_i = \{w_{ij}\}$ – множество интегральных коэффициентов веса j -го признака при диагностике i -го заболевания;

$$w_{ij} = \psi_{ij} \cdot \delta_{ij} \cdot \xi_j,$$

где $\xi_j = \gamma_k$ при $\beta_{jk} = 1$, и $\xi_j = 0$ при $\beta_{jk} = 0$;

$H = \{\gamma_k\}$ – вектор-массив коэффициентов выраженности симптома (по сравнению с нормой);

$\Delta = \{\delta_{ij}\}$ – множество коэффициентов веса j -го симптома при диагностике i -го заболевания;

$\Psi = \{\psi_{ij}\}$ – множество коэффициентов вариативности j -го симптома при i -м заболевании:

$$\psi_{ij} = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^{P_i} \left(\frac{s_{pij}}{s_{ij}} \right) \log \left(\frac{s_{pij}}{s_{ij}} \right),$$

где $\bar{s}_{ij} = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^{P_i} s_{pij}$ – среднее значение j -го параметра при i -м диагнозе; минимальное значение целевой функции соответствует заболеванию пациента.

Все значения s_{pij} получаются в результате лабораторных исследований пациентов с заболеваниями кожи.

Тщательный статистический анализ полученных экспериментальных данных показывает, что на самом деле известна не выборка $s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{im}$, а величины:

$$s_{ij}^* = s_{ij} + \epsilon_{ij},$$

где ϵ_{ij} – некоторые погрешности исследований.

Нормальные величины лабораторных показателей определены статистически в ходе обследования

популяции здоровых лиц. Если не выявляются отклонения лабораторных показателей от нормы, то их изменения в пределах диапазона нормы не свидетельствуют об изменении состояния пациента и ценность определения ошибок в данном диапазоне невелика. В то же время, значительные отклонения от нормального диапазона требуют тщательного рассмотрения и анализа с учетом того, что в пограничных участках не проявляются основные особенности описываемых процессов.

Предлагается для улучшения качества диагностики определить средние значения \bar{s}_j и относительные отклонения $r_{ijp} = \left| \frac{s_{ijp} - \bar{s}_{ij}}{\sigma_{ij}} \right|$, провести статистическую процедуру выявления и исключения грубых ошибок при наличии одного резко выделяющегося наблюдения методом Граббса:

$$T_{ijp} = \frac{s_{ijp} - \bar{s}_{ij}}{\sigma_{ij}},$$

где σ_{ij} – выборочное среднеквадратическое отклонение j -го параметра.

А в случае нескольких резко выделяющихся наблюдений (l) – согласно методу Титъена-Мура:

$$E_{ijl} = \frac{\sum_{p=1}^{m-l} (z_{ijp} - \bar{z}_{ij})^2}{\sum_{p=1}^m (z_{ijp} - \bar{z}_{ij})^2},$$

где z_{ijp} – значения признаков s_{ijp} , ранжированные по возрастанию относительных отклонений r_{ijp} .

Эти статистики обладают хорошими оптимальными свойствами.

Полученные значения T_{ijp} сравниваются с табличными значениями процентных точек критерия Смирнова Граббса. Если $|T_{ijp}| > T_{kp}$, то проверяемое значение является грубой ошибкой и относится к классу выбросов. Критерий E_{ijk} имеет табулированные табличные критические значения для заданного уровня значимости α при известном объеме выборки и предполагаемом числе ошибок k . Если наблюдаемые значения критериев оказываются меньше пороговых, то ошибки в данных, признаются грубыми. Иначе данные типичны для данной совокупности.

Затем необходимо разделить исходную совокупность значений лабораторных показателей S на несколько однородных по признаку сравнения с нормой. Целесообразно выделять две либо три однородные совокупности $S_{ij\bar{s}}$, содержащие значения показателя s_j в первом случае: S_{ij1} – «выше нормы», S_{ij2} – «норма», S_{ij3} – «ниже нормы», или во втором – S_{ij1} – «норма», S_{ij2} – «не норма», т.е. выделить из всех объектов исходной совокупности такое подмножество, которое характерно значениям, соответствующим норме.

На следующем этапе проводится робастное оценивание параметров каждой из полученных в

результате группирования выборочных совокупностей $S_{ij\xi}$ с использованием метода М-оценок Хьюбера.

Оценки Хьюбера обеспечивают устойчивые характеристики на множестве распределений, определяемых моделью:

$$p(\varepsilon_{ij}) = (1 - \theta_{ij}) \cdot \varphi(\varepsilon_{ij}) + \theta_j \cdot h(\varepsilon_{ij}), \quad (1)$$

где $\varphi(\varepsilon_{ij})$ – плотность нормального распределения с нулевым средним и дисперсией σ^2 , $h(\varepsilon_{ij})$ и θ_j – плотность вероятности распределения грубых ошибок (промахов) и их интенсивность соответственно. Предполагается, что функция $h(\varepsilon_{ij})$ симметрична относительно нуля и имеет длинные хвосты.

Можно сказать, что ошибки наблюдений имеют засоренное нормальное распределение, т.е. большая часть наблюдений имеет нормальное распределение, а ряд наблюдений (выбросы) имеют другое (засоряющее) распределение. А именно: погрешности ε_{ij} измеряемых показателей s_{ij} являются независимыми случайными величинами с плотностью распределения, определяемой моделью (1).

Оценку средней величины определяли по формуле:

$$\hat{\Theta}_{ij}^l = \frac{1}{P_i} \left(\sum_{|s_{ijp} - \hat{\Theta}_{ij}^l| < k} s_{ijp} + (P_{i1} + P_{i2})k \right),$$

где $\hat{\Theta}_{ij}$ – устойчивая оценка, определяется при помощи итеративных процедур; k – величина, которая допускается в качестве отклонения от центра совокупности, принимает постоянные значения с учетом удельного веса грубых ошибок в совокупности данных $S_{ij\xi}$; P_{i1} – численность пациентов с i -ым заболеванием, отличающихся наименьшими значениями: $s_{ijp} < \hat{\Theta}_{ij} - k$, или значениями в интервале $(-\infty; \hat{\Theta}_{ij} - k)$; P_{i2} – численность пациентов с i -ым заболеванием, отличающихся наибольшими значениями: $s_{ijp} > \hat{\Theta}_{ij} + k$, или значениями в интервале $(\hat{\Theta}_{ij} + k; \infty)$.

При расчетах в качестве начальной оценки Θ может применяться обычное среднее арифметическое, оцененное по выборке $\hat{\Theta}_{ij}^0 = \frac{1}{P_i} \sum_{p=1}^{P_i} s_{ijp}$.

Затем на каждой итерации производится разделение выборочной совокупности на три части. В одну часть попадают «истинные» признаковые значения, которые остаются без изменения ($|s_{ijp} - \hat{\Theta}_{ij}| < k$). В две другие части совокупности (для $s_{ijp} > \hat{\Theta}_{ij} + k$ и $s_{ijp} < \hat{\Theta}_{ij} - k$) попадают «ошибки», они не исключаются из рассмотрения, а заменяются соответственно на величины $s_{ijp} - k$ и $s_{ijp} + k$:

$$\hat{\Theta}_{ij} = \frac{1}{P_i} \left(\sum_{|s_{ijp} - \hat{\Theta}_{ij}| < k} (s_{ijp} - \hat{\Theta}_{ij}) + \sum_{s_{ijp} < \hat{\Theta}_{ij} - k} (\hat{\Theta}_{ij} + k) + \sum_{s_{ijp} > \hat{\Theta}_{ij} + k} (\hat{\Theta}_{ij} - k) \right).$$

По «истинным» и модифицированным данным каждый раз определяется новая оценка средней Θ_{ij} и итерация возобновляется. Итерации повторяются до тех пор, пока все наблюдения не оказываются в интервале «истинных» значений: $|s_{ijp} - \hat{\Theta}_{ij}| < k$.

Нами был проведен анализ лабораторно-инструментальных обследований 590 пациентов с наиболее распространенными заболеваниями кожи различного генеза, которые согласно диагнозам были распределены на 8 групп. Первую группу составили 70 пациентов с atopическим дерматитом, вторую – 50 с герпетиформным дерматитом Дюринга, третью – 80 с лекарственной болезнью, четвертую – 150 с псориазом, пятую – 100 с экземой, шестую – 50 со склеродермией, седьмую – 40 с красной волчанкой и восьмую – 50 с микозом кожи. Состояние каждого из пациентов описывалось 94 лабораторными показателями (показатели общеклинических, иммунологических, аллергологических и биохимических исследований).

В результате математического моделирования процесса дифференциальной диагностики у 590 пациентов с различными кожными заболеваниями с использованием предложенного подхода ошибка дифференциации распространенных дерматозов была уменьшена до 2,54% (табл. 1).

Выводы

Проведенное сравнение результатов дифференциальной диагностики пациентов с распространенными дерматозами с использованием помехоустойчивого оценивания и группирования данных лабораторного обследования и без них показало, что предложенный подход к оценке результатов лабораторных исследований у пациентов с дерматопатологией способствует получению более качественного результата для улучшения качества диагноза пациента и повышения эффективности проводимых лечебно-диагностических мероприятий.

Список литературы: 1. Волкославская, В.Н. Состояние заболеваемости патологией кожи и инфекциями, передающимися половым путем, населения Украины за последнее десятилетие / В.Н. Волкославская, А.Л. Гутнев // Клиническая иммунология. Аллергология. Инфектология. – 2012. – № 1. – С. 19–22. **2.** Котрехова, Л.П. Диагностика и рациональная терапия дерматозов сочетанной этиологии / Л.П. Котрехова // Дерматология. – 2010. – №4. – С. 6–11. **3.** Мяделец, О.Д. Морфофункциональная дерматология / О.Д. Мяделец, В.П. Адаскевич. – М.: Медлит, 2006. – 752 с. **4.** Солошенко, Э.Н. Побочное действие лекарственных средств. Дифференциальная диагностика аллергических, токсикоаллергических и псевдоаллергических реакций / Э.Н. Солошенко // Клінічна імунологія. Аллергологія. Інфектологія. – 2007. – № 1 (06). – С. 8–14. **5.** Попов, Н.Н. Клиническая иммунология и аллергология / Н.Н. Попов, В.Ф. Лавров, Э.Н. Солошенко: учебное пособие. – Москва: 000 фирма «РЕИНФОР», 2004. – 624 с.

Результаты дифференциальной диагностики различных заболеваний кожи с использованием робастных статистических процедур

№ группы	Диагноз	Результаты дифференциальной диагностики					
		Без робастного оценивания			С робастным оцениванием		
		Количество пациентов	Количество корректных диагнозов	Ошибка, %	Количество пациентов	Количество корректных диагнозов	Ошибка, %
1	Атопический дерматит	70	67	4,28	70	68	2,86
2	Дерматит Дюринга	50	49	2,00	50	49	2,00
3	Лекарственная болезнь	80	77	3,75	80	78	2,50
4	Псориаз	150	145	3,33	150	146	2,67
5	Экзема	100	97	3,00	100	98	2,00
6	Склеродермия	50	48	4,00	50	49	2,00
7	Красная волчанка	40	39	2,50	40	39	2,50
8	Микоз кожи	50	47	6,00	50	48	4,00
9	Всего больных	590	569	3,33	590	575	2,54

6. Псориаз. Дифференциальная диагностика «псориазоподобных» редких дерматозов. Терапия // Медицинский атлас. – СПб., ДЕАН, 2007. – 512 с. 7. Солошенко, Е.М. Захворюваність на поширені дерматози в Україні та Харківській області / Е.М. Солошенко, В.М. Волков, О.Л. Гутнев, Н.С. Волкова, Л.Б. Амер // Клінічна імунологія. Алергологія. Інфектологія. – 2008. – № 3/1 спецвипуск. – С. 130–130. 8. Боровков, А.А. Математическая статистика / А.А. Боровков. – М.: Наука, 1984. – 472 с. 9. Орлов, А.И. Современная прикладная статистика / А.И. Орлов // Заводская лаборатория. – 1998. – Т. 64, № 3. – С. 52–60. 10. Орлов, А.И. Часто ли распределение результатов наблюдений является нормальным? / А.И. Орлов // Заводская лаборатория. – 1991. – Т. 57, № 7. – С. 64–66. 11. Редько, М.Ю. Квазиравноподобные Lp-оценки для линейной регрессии / М.Ю. Редько. – Новосибирск, электротехнический институт. Новосибирск, 1988. – 31 с. Деп. в ВИНТИ 20.06.1988, № 4821-688. 12. Сархан, А.Е. Введение в теорию порядковых статистик / А.Е. Сархан, Б.Г. Гринберг. М.: Статистика, 1970. – 414 с. 13. Шурыгин, А.М. Прикладная стохастика: робастность, оценивание, прогноз / А.М. Шурыгин. М.: Финансы и статистика, 2000. – 224 с. 14. Andrews, D.F. A robust estimation for location: survey and advances / D.F. Andrews, P.J. Bickel, F.R. Hampel, P.J. Huber, W.H. Rodger, J.W. Tukey. N.Y. Princeton: Princeton Univ. Press. 15. Pfanzagle J. On measurability and consistency of minimum contrast estimates. // *Metrica*. V. 14, p. 248-278. 16. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: исследование зависимостей / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1985. 17. Tukey, J. W. A survey of sampling from contaminated distribution. *Contribution to Probability and Statistics*. Ed. I. Olkin. Stanford: Stanford Univ. Press. P. 446-486. 18. Pfanzagle J. On measurability and consistency of minimum contrast estimates. // *Metrica*. V. 14/ – P. 248-278. 19. Jaeckel, L. A. Robust estimators of location: symmetry and asymmetric contamination

// *Ann. Math. Statist.* V. 42, No. 3. P. 1020-1034. 20. Lehman, E.L. *Theory of point estimation*. N.Y.: John Wiley and sons / Перевод Леман Э. Теория точечного оценивания. – М.: Наука, 1991, 444 с. 21. Смоляк, С.А. Устойчивые методы оценивания: Статистическая обработка неоднородных совокупностей / С.А. Смоляк, Б.П. Титаренко. – М.: Статистика, 1980.

Поступила в редколлегию 06.08.20013

УДК 51.7

Застосування робастних статистичних процедур для аналізу даних лабораторних досліджень пацієнтів з дерматопатологією / О.В. Высоцкая // *Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал*. – 2013. – № 2 (81). – С. 130-134.

Проведено аналіз даних лабораторних досліджень пацієнтів з дерматопатологією з використанням робастних статистичних процедур та розробленої математичної моделі диференційної діагностики захворювань шкіри. Запропонований підхід сприяє отриманню точнішого результату, що дозволяє поліпшити якість діагнозу пацієнта і підвищити ефективність лікувально-діагностичних заходів, що проводяться.

Бібліогр.: 21 найм.

UDK 51.7

Application of robust statistical procedures for the analysis of laboratory researches indexes of patients with dermatopathology / E.V. Vysotskaya // *Bionics of Intelligense: Sci. Mag.* – 2013. – № 2 (81). – P. 130-134.

The analysis of patients laboratory researches indexes with dermatopathology with the using of robust statistical procedures and worked out mathematica

A model of differential diagnostics of skins diseases is conducted in the article. Offered approach assists the receipt of more exact result, what allows to improve quality of diagnosis of patient and promote efficiency of the conducted curatively-diagnostic measures.

Ref.: 21 items.

ОБ АВТОРАХ

Аврунин Олег Григорьевич	101	д-р техн. наук, профессор кафедры биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники
Барченко Наталья Леонидовна	115	ассистент кафедры кибернетики и информатики Сумского национального аграрного университета
Бисикало Олег Владимирович	27	д-р техн. наук, профессор кафедры автоматки и информационно-измерительной техники Винницкого национального технического университета
Богач Илона Витальевна	27	канд. техн. наук, доцент кафедры автоматки и информационно-измерительной техники Винницкого национального технического университета
Борисова Наталья Владимировна	22	ассистент кафедры интеллектуальных компьютерных систем Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»
Вечирская Ирина Дмитриевна	15	канд. техн. наук, старший научный сотрудник кафедры программной инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники
Власенко Александр Николаевич	47	аспирант кафедры искусственного интеллекта Харьковского национального университета радиоэлектроники
Высоцкая Елена Владимировна	130	канд. техн. наук, доцент кафедры биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники
Гвоздинский Анатолий Николаевич	66, 71	канд. техн. наук, профессор кафедры искусственного интеллекта Харьковского национального университета радиоэлектроники
Гребенник Игорь Валерьевич	57	д-р техн. наук, профессор кафедры системотехники Харьковского национального университета радиоэлектроники
Дроздов Артур Олегович	66	студент кафедры искусственного интеллекта Харьковского национального университета радиоэлектроники
Дубровин Валерий Иванович	87	канд. техн. наук, профессор кафедры программных средств Запорожского национального технического университета
Зайко Татьяна Анатольевна	61	аспирантка кафедры программных средств Запорожского национального технического университета
Козлова Алина Евгеньевна	66	студентка кафедры искусственного интеллекта Харьковского национального университета радиоэлектроники
Козуля Мария Михайловна	37	магистр кафедры компьютерного мониторинга и логистики Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»
Кулаковский Владимир Николаевич	110	канд. техн. наук, зав. отделом Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины
Кучеренко Евгений Иванович	47	д-р техн. наук, профессор кафедры искусственного интеллекта Харьковского национального университета радиоэлектроники

Лавров Евгений Анатольевич	115	д-р техн. наук, профессор кафедры компьютерных наук Сумского государственного университета
Лахно Валерий Анатольевич	81	канд. техн. наук, доцент кафедры экономической кибернетики Луганского национального аграрного университета
Литвин Василий Владимирович	93	д-р техн. наук, профессор кафедры информационных систем и сетей Национального университета «Львовская политехника»
Лукьянова Елена Александровна	31	канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры алгебры и функционального анализа Таврического национального университета им. В.И.Вернадского, г.Симферополь
Мантула Елена Вадимовна	53	аспирантка кафедры информатики Харьковского национального университета радиоэлектроники
Машталир Сергей Владимирович	53	канд. техн. наук, доцент кафедры информатики Харьковского национального университета радиоэлектроники
Мельник Антоний Сергеевич	93	ассистент кафедры информационных систем и сетей Национального университета «Львовская политехника»
Михаль Олег Филиппович	75	д-р техн. наук, профессор кафедры электронно-вычислительных машин Харьковского национального университета радиоэлектроники
Мохамад Али	75	аспирант кафедры электронно-вычислительных машин Харьковского национального университета радиоэлектроники
Нечипоренко Алина Сергеевна	105	канд. техн. наук, доцент кафедры биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники
Олейник Андрей Александрович	61	канд. техн. наук, доцент кафедры программных средств Запорожского национального технического университета
Палагин Александр Васильевич	110	д-р техн. наук, академик НАН Украины, заместитель директора Института кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины
Петренко Николай Григорьевич	110	канд. техн. наук, старший научный сотрудник Института кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины
Поддубный Александр Викторович	71	студент кафедры искусственного интеллекта Харьковского национального университета радиоэлектроники
Рашавченко Анастасия Валентиновна	87	студентка кафедры программных средств Запорожского национального технического университета
Ребезюк Елена Леонидовна	57	аспирантка кафедры системотехники Харьковского национального университета радиоэлектроники
Ребезюк Леонид Николаевич	57	канд. техн. наук, доцент кафедры системотехники Харьковского национального университета радиоэлектроники
Ручкин Константин Анатольевич	121	канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры программного обеспечения интеллектуальных систем Государственного высшего учебного заведения «Донецкий национальный технический университет»

Слабковская Мария Петровна	110	ведущий инженер-программист Института кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины
Субботин Сергей Александрович	61	канд. техн. наук, доцент кафедры программных средств Запорожского национального технического университета
Твердохлеб Юлия Владимировна	87	ассистент кафедры программных средств Запорожского национального технического университета
Тымкович Максим Юрьевич	101	аспирант кафедры биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники
Фарук Хушам Исмаил	101	аспирант кафедры биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники
Федорова Татьяна Николаевна	43	канд. техн. наук, младший научный сотрудник кафедры программной инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники
Хайрова Нина Феликсовна	22	канд. техн. наук, доцент кафедры интеллектуальных компьютерных систем Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»
Четвериков Григорий Григорьевич	3	д-р техн. наук, профессор кафедры программной инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники
Шаронова Наталья Валерьевна	22, 37	д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедры интеллектуальных компьютерных систем Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»

ПРАВИЛА оформлення рукописів для авторів науково-технічного журналу «БІОНІКА ІНТЕЛЕКТУ»

Науково-технічний журнал «Біоніка інтелекту» приймає до друку написані спеціально для нього оригінальні рукописи, які раніше ніде не друкувались. Структура рукопису повинна бути такою: індекс УДК, заголовок, відомості про авторів, анотація, ключові слова, вступ, основний текст статті, висновки, список використаної літератури.

Відповідно до Постанови ВАК України від 15.01.2003 №7-05/1 (Бюлетень ВАК, №1, 2003, с. 2) стаття повинна мати такі необхідні елементи: постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій і виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми в даній області; формулювання цілей та завдань дослідження; виклад основного матеріалу досліджень з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження та перспективи подальших досліджень у даному напрямку.

Статті мають бути виконані в редакторі Microsoft Word. Формат сторінки – А4 (210x297 мм), поля: верхнє – 25 мм, нижнє – 20 мм, ліве, праве – 17 мм. Кількість колонок – 2, з інтервалом між ними 5 мм, основний шрифт Times New Roman, кегль основного тексту – 10 пунктів, міжрядковий інтервал – множник (1,1), абзацний відступ – 6 мм. Обсяг рукопису – від 4 до 12 сторінок (мови: російська, українська, англійська).

УДК друкується з першого рядка, без відступів, вирівнювання по лівому краю.

Назва статті друкується прописними літерами; шрифт прямий, напівжирний, кегль 12. *Назви розділів* нумерують арабськими цифрами, виділяють жирним шрифтом. Відступи для назви статті, ініціалів та прізвищ авторів, відомостей про авторів, назв розділів, вступу та висновків, списку літератури: зверху – 6 пт, знизу – 3 пт.

Анотацію (мовою статті, абзац 4-10 рядків, кегль 9) розміщують на початку статті, в ній має бути розміщена інформація про результати описаних досліджень.

Ключові слова (4-10 слів з тексту статті, які з точки зору інформаційного пошуку несуть змістовне навантаження) наводять мовою рукопису, через кому в називному відмінку, кегль 9.

Рисунки та таблиці (чорно-білі, контрастні) розміщуються у тексті після першого посилання у вигляді окремих об'єктів і нумерують арабськими цифрами наскрізно нумерацією за наявності більше ніж одного об'єкта. Невеликі схеми, що складаються з 3-4 елементів виконують, використовуючи вставку об'єкта Рисунок Microsoft Word. Більш складні виконують у графічних редакторах у вигляді чорно-білих графічних файлів форматів .tiff, .jpg, .wmf, .cdr із розділенням 300 dpi. Рисунки мають міститися у текстовому файлі й обов'язково

подаватися окремим файлом з відповідною назвою (наприклад, Рис.1.cdr).

Усі елементи рисунка, включаючи написи, повинні бути згруповані. Усі написи в рисунках і таблицях мають бути виконані шрифтом Times New Roman, кегль у рисунках – 10, у таблицях – 9.

Рисунок повинен мати центрований підпис (поза малюнком), шрифт 9, відступи зверху і знизу по 6 пт. Ширина рисунка має відповідати ширині колонки (або ширині сторінки).

Формули, символи, змінні, повинні бути набрані в редакторі формул MathType або Microsoft Equation. Формули розміщують посередині рядка й нумерують за наявності посилань на них у рукописі. Шрифт – Times New Roman. Висота змінної – 10 пунктів, великих і малих індексів – 8 пт, основний математичний символ – 12 (10) пт. Змінні, позначені латинськими літерами, набирають курсивом, грецькі літери, скорочення російських слів і цифри – прямим написанням. Змінні, які є в тексті, також набирають у редакторі формул.

Список літератури вміщує опубліковані джерела, на які є посилання в тексті, укладені у квадратні дужки, друкують без абзацного відступу, кегль 9 пт, відступ зверху – 6 пт.

Після списку літератури з відступом зверху 6 пт зазначають дату подання статті до редколегії. Число та місяць задають двозначними числами через крапку. Розмір шрифта – 9 пт, курсив, вирівнювання по правому краю.

Реферати (Times New Roman, кегль – 9 пунктів, 3-4 речення) подають російською та англійською мовами. Реферат не повинен дублювати текст анотації.

Разом із рукописом (на аркушах білого паперу формату А4 щільністю 80-90 г/м², надрукованим на лазерному принтері, у 2-х примірниках) необхідно подати такі документи:

1. Заяву, яку повинні підписати всі автори.
2. Акт експертизи про можливість опублікування матеріалів у відкритому друці.
3. Рецензію, підписану доктором наук.
4. Відомості про авторів.
5. Електронний варіант рукопису, реферату та відомостей про авторів.
6. Оплату за публікацію.

Необхідно також зазначити один з наступних тематичних розділів, якому відповідає рукопис:

1. Теоретичні основи інформатики та кібернетики. Теорія інтелекту
2. Математичне моделювання. Системний аналіз. Прийняття рішень
3. Інтелектуальна обробка інформації. Розпізнавання образів
4. Інформаційні технології та програмно-технічні комплекси
5. Структурна, прикладна та математична лінгвістика
6. Дискусійні повідомлення

INSTRUCTIONS for authors of manuscripts of the scientific journal «BIONICS OF INTELLIGENCE»

The scientific journal “Bionics of intelligence” accepts for publication original manuscripts which have not been published earlier. The manuscript structure should be as follows: Universal Decimal Classification (UDC) title, authors’ initials and surname (in alphabetical order), abstract, key words, introduction, main text, conclusions, references.

According to the Editorial board resolution, based on the Presidium Convention of Ukraine’s Supreme Attestation Committee of 15.01.2003 №7-05/1 (Bulletin of Supreme Attestation Committee, №1, 2003, p. 2) manuscripts must have the following required elements: introduction (general statement of a problem and its relation to important scientific and practical tasks; analysis of recent research, publications and highlighting of unsolved parts of the general problem in the given field); formulating aims and tasks of research; presentations of the main research material with full substantiation of scientific results obtained; conclusions and perspectives of further research in the given field.

Manuscripts should be submitted in Microsoft Word. Page format - A4 (210x297mm), margins: top – 25mm, bottom – 20mm; left, right – 17mm. Double column format with 5mm spacing, font – Times New Roman, font size – 10 points, line spacing – multiplier (1,1), indentation – 6mm. The manuscript should be from 4 to 12 pages (languages: Russian, Ukrainian, English).

The UDC is published from the first line, without indentation, the alignment is by a left edge. The title is in capital letters; the type is medium bold-faced Roman; type size 12. The names of sections are of extra bold type and numbered in Arabic figures. There are indentions for the names of manuscripts, initials and surnames of authors, information about authors, the names of sections, introduction and conclusions, references: top – 6 pt; bottom – 3 pt.

An abstract (in the language of a manuscript, an indentation is made up of 4-10 lines; type 9) is in the beginning of an article and contains information about the results of described studies.

Key words (4-10 words from the text of an article, which from the point of view of information search bear sense in the language of a manuscript, by way of a comma in nominative case, type 9).

Figures and tables (black-and-white, sharp and of good quality) should be in a text after a first reference in the form of embedded item and numbered separately by Arabic numerals in case of more than one item. All legends of figures and tables, including inscriptions, must be grouped. All inscriptions in figures and tables must be in Times New Roman, font size in figures – 10, in tables – 9. A table title is to the right above the table

(font size – 9). The figure should contain a centered figure legend (outside a figure), font size 9, in the centre, top and bottom indentions – 6pt. The figure width must agree with the column width (or page width).

Equations, symbols, variables should be submitted in Math Type (Equation). Equations are centered and numbered in case of references in the text. The font – Times New Roman. The size of variable – 10 points, superscript and subscript characters – 8 pt, a main math. symbol – 12 (10) pt. Variables, designated by Latin letters, should be italicized; Greek letters, abbreviations of Russian words and figures should be set in Roman type. Variables which are in the text are also submitted in Math Type (Equation).

References, submitted to the state standards, include published sources that are referred to in the main text in square brackets, without an indentions, 9pt., top indentation – 6 pt.

The date of receiving an article by the Editorial board is designated after the references with top indentions – 6 pt. Date and month should be given in numbers by way of a full stop. The font size – 9 pt, italic type, alignment should be done on the right edge.

Abstracts should be submitted in two languages: Ukrainian and Russian (Times New Roman, 9 pt, 3-4 sentences). The text of a resume must not duplicate an abstract.

The following documents must be submitted together with a manuscript:

1. An application of the following form signed by all the authors:

”You are kindly requested to accept the paper (authors’ full names and the name of an paper should be indicated) in pages (the number of pages should be indicated) for publication in the scientific journal “Bionics of intelligence”. We guarantee the payment.

Information about the authors (surname, first name and patronimic of each authors, place of work, degree, academic status, contact telephone, mailing and electronic addresses should be indicated).

Signatures of authors”.

2. The text of a manuscript on A4 format white color sheets of 80-90gr/m2 density typed on a laser printer.

3. A certificate of expertise about a possibility of having the materials published in the press.

4. A review signed by a doctor of sciences.

5. Information about the authors.

6. An electronic variant of a manuscript, an abstract and information about the authors (on a 3.5” diskette or by electronic mail).

7. A receipt of payment for publication.

АЛГЕБРО-ЛОГІЧНІ ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНОЇ МОВИ

Проведено аналіз алгебро-логічної структури природної мови. Розглянуто концептуально-методолгічний підхід до мови людини, що дозволяє сприймати її як деяку алгебру, а її тексти – як формули цієї алгебри.

МОВА ПРИРОДНА, АЛГЕБРА ПРЕДИКАТИВ, ВІДНОШЕННЯ, АЛГЕБРА ПРЕДИКАТНИХ ОПЕРАЦІЙ

Вступ

Формальним моделям семантико-синтаксичних структур мови відводиться вирішальна роль у сучасній проблематиці комп'ютерної лінгвістики та системах штучного інтелекту (ШтІ). Це пов'язано з необхідністю створення програмно-апаратного комплексу генерації та аналізу речень природної мови (ПМ).

1. Дослідження алгебро-логічної структури природної мови

У роботі використовується апарат алгебри предикатів [1]. Множина U може бути як скінченною, так нескінченною. У першому випадку простір U^m називатимемо скінченним, а в іншому – нескінченним.

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } (x_1, x_2, \dots, x_n) \notin T \\ 1, & \text{якщо } (x_1, x_2, \dots, x_n) \in T. \end{cases} \quad (1)$$

Згідно з (1) можливий перехід від будь-якого відношення T до відповідного йому предикату P . Предикат P , що знаходимо по (1), називатимемо характеристичною функцією відношення T .

2. Шляхи автоматизації обробки мовної інформації

У даний час в системах штучного інтелекту машинний словник та комплекс програм (тезауруси) використовуються, як правило, для виконання будь-якої однієї функції.

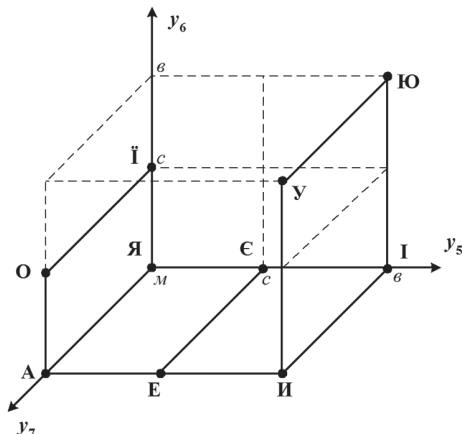


Рис. 1. Тривимірний простір ознак для голосних фонем

Висновки

У статті запропонована узагальнену структуру інтелектуальної системи, яка відповідає новій інформаційній технології рішення задач на ЕОМ, що орієнтовані на досягнення високорівневої технології обробки мовної інформації (отримання нової якості). Істотно новим в роботі є розширення алгебри скінченних предикатів (АСП). Тепер вона охоплює не тільки скінченні предикати, а також – нескінченні. Тепер область її рекомендованого застосування розширена та охоплює довільні відношення, які далі будемо описувати за допомогою ДКАП.

Список літератури:

Надійшла до редколегії 15.02.2012

УДК 519.62

Алгебро-логические средства моделирования естественного языка / Г.Г. Четвериков, И.Д. Вечирская // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2007. – № 1 (66). – С. 00-00.

В статье рассматриваются перспективные направления развития современных цифровых устройств, сетей и систем. Утверждается, что развитие средств вычислительной техники является основой автоматизации умственной деятельности человека.

Ил. 5. Библиогр.: 7 назв.

UDK 519.7

Algebra-logical tools of modeling natural language / G.G. Chetverikov, I.D. Vechirskaya // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2007. – № 1 (66). – С. 00-00.

In article the perspective directions of modern digital devices, networks and systems development are considered. The carried out analysis shows means of computer facilities development is a baseline of automation of the man intellectual activity.

Fig. 5. Ref.: 7 items.

Видавництво здійснює остаточне форматування тексту відповідно до вимог друку.

Адреса редакції:

Україна, 61166, м. Харків, пр. Леніна 14, ХНУРЕ к.127, тел. 702-14-77, факс 702-10-13, e-mail: ira_se@list.ru, bionics@kture.kharkov.ua



Бондаренко Михайло Федорович — ректор ХНУРЕ, член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України.

Народився на Харківщині у с. Крутоярівка Кегичівського району 30 листопада 1944 року. В 1967 р. закінчив з відзнакою факультет автоматики і телемеханіки Харківського інституту радіоелектроніки і в 1970 р. захистив кандидатську дисертацію, а у 1984 р. — докторську дисертацію за спеціальністю «Технічна кібернетика і теорія інформації».

З 1968 р. працював в Харківському інституті радіоелектроніки на посадах асистента, доцента, професора, декана факультету обчислювальної техніки. Працював викладачем-радником в університеті Оріенте (Куба, 1974-1976 рр.). У ХНУРЕ обіймав посади завідувача кафедри, декана факультету. З 1994 р. М.Ф. Бондаренко — ректор університету. Під його керівництвом у 2001 році університету надано статус національного, що привело до докорінної зміни університету — підвищився науковий потенціал, з'явилися нові сучасні спеціальності. Щорічно в університеті захищається близько 40 докторських і кандидатських дисертацій з 18 наукових спеціальностей.

Я спав, і мені снилось, що життя — це радість.

Я прокинувся і зрозумів, що життя — це обов'язок.

Я почав працювати і зрозумів, що обов'язок — це радість.

Рабіндрамат Тагор

Визнанням авторитету М.Ф. Бондаренко як діяча освіти, науки і техніки є те, що він був дійсним членом ряду академій наук, членом експертної ради ДАК України, членом комітету з Державних премій України, президентом Української Асоціації дистанційної освіти, а також членом ряду академічних рад та редакційних колегій. У 2004 р. нагороджений орденами «За заслуги» III ст. та «За трудові досягнення», Почесною Грамотою Верховної Ради України. Заслуги М.Ф. Бондаренка здобули громадське визнання. Він — лауреат регіонального рейтингу «Харків'янин сторіччя», володар звання «Ділова людина України», Міжнародним бібліографічним центром Кембриджу (Англія) за розвиток перспективних наукових шкіл в Університеті і впровадження системи освіти європейського рівня двічі визнаний «Людиною року», лауреат Міжнародного академічного рейтингу «Золота Фортуна» в номінації «Якість освіти III тисячоріччя», Почесний громадянин міста Харкова.

М.Ф. Бондаренко — відомий учений у галузі інформатики та штучного інтелекту. В його науковому здобутку понад 300 наукових праць, у тому числі понад 20 монографій, підручників та навчальних посібників. М.Ф. Бондаренко — лауреат Державної премії України у галузі науки і техніки (2008).

В рамках наукових шкіл, історія яких становить понад 40 років, М.Ф. Бондаренко підготував 12 докторів і 45 кандидатів наук.

М.Ф. Бондаренко стояв у витоків створення науково-технічного журналу «Біоніка інтелекту» та був його головним редактором.

Михайло Федорович залишив по собі добру пам'ять та світло в тих, поруч з ким він жив та працював.

Уходя, оставьте свет

В тех, с кем выпало расстаться!

Жаль, что неизбежна смерть,

Но возможна сатисфакция:

Уходя, оставит свет —

Это больше, чем остаться!

(Петр Вегин)

*Редакційна колегія
науково-технічного журналу
«Біоніка інтелекту»*

Наукове видання

БІОНІКА ІНТЕЛЕКТУ
інформація, мова, інтелект

Науково-технічний журнал

№ 2 (81)

2013

Головний редактор — **М. Ф. БОНДАРЕНКО**

Науковий редактор — *Г. Г. Четвериков*

Відповідальний редактор — *Ю. П. Шабанов-Кушнарєнко*

Відповідальний секретар — *І. Д. Вечірська*

Коректор — *Л. М. Денісова*

Комп'ютерна верстка — *О. Б. Ісаєва*

Рекомендовано Вченою Радою
Харківського національного університету радіоелектроніки
(протокол № 24 від 27.09.2013 р.)

Адреса редакції:

Україна, 61166, Харків-166, просп. Леніна, 14,
Харківський національний університет радіоелектроніки, к. 127
тел. 702-14-77, факс 702-10-13,
e-mail: bionics@kture.kharkov.ua

Підписано до друку 27.09.2013. Формат 60 x 84 ¹/₈. Друк ризографічний.
Папір офсетний. Гарнітура Newton. Умов. друк. арк. 16,5. Обл.-вид. арк. 16.
Тираж 100 прим. Зам. № .

Надруковано в навчально-науковому видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ
61166, Харків-166, просп. Леніна, 14