

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ КОНЦЕПЦИИ МЯГКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ЛЕОНИД СЕРГЕЕВИЧ ЗВЯГИН (ORCID 0000-0003-4983-6012)

ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

Аннотация. Поступательное и непрерывное развитие технических и информационно-технологических баз различных измерительных систем значительно расширили сферы их применения. Использование этих средств привело к возможности успешного решения задач оценивания и контроля свойств сложных объектов, эффективного управления ими. В таких системах информационные системы реализуются, основываясь на измерительном подходе. Этот подход предполагает соблюдение принципа единства измерений на каждом этапе производимых измерений. Применение измерительного подхода охватывает большой спектр задач по его использованию для параметрической и структурной идентификации, для классификации и обработки изображений, для оценки управления производственными системами, оценки качества продукции, проведения мониторинга экосистем.

Ключевые слова: нечеткие системы, объектно-ориентированный подход, управление и измерение.

В настоящее время нечеткая логика является плодотворным и интенсивно развивающимся направлением, вносящим важнейший вклад в развитие интеллектуальных технологий. Нечеткая логика находит все более широкое применение в экспертных системах, а также в системах поддержки и принятия решений, кластерном анализе, семиотике, анализе изображений. Масштабное распространение получили нечеткие регуляторы и интеллектуальные системы управления.

Современные тенденции развития интеллектуальных систем связаны напрямую с мягкими вычислениями, то есть с комплексным развитием и использованием нечеткой математики в тесной интегративной связи с нейронными сетями и генетическими алгоритмами. Появление направления мягких измерений способствовало активному привлечению аппара-

Abstract. Progressive and continuous development of technical and information technology bases of various measuring systems has significantly expanded their applications. The use of these tools has led to the possibility of successful solution of the problems of evaluation and control of the properties of complex objects, effective management. In such systems, information systems are implemented based on the measurement approach. This approach involves the principle of uniformity of measurements at each stage of the measurements. The application of the measurement approach covers a wide range of tasks for its use for parametric and structural identification, for classification and image processing, for evaluation of production systems management, product quality assessment, monitoring of ecosystems.

Keywords: fuzzy systems, object-based approach, management and measurement.

тов теорий оптимальных решений, искусственного интеллекта, нечетких систем в современную измерительную среду. Активно проводятся работы по изучению различных измерительных шкал. В настоящее время само понятие «измерение» используется для определения функции принадлежности и степени нечеткости различных явлений и процессов.

В свою очередь, мягкие измерения, несомненно, полезны в реализации измерительных процессов и значительно повышают их качество. Для систем мягких измерений значительно расширяется сфера их приложения, повышается вычислительная мощность, поскольку используются методы числовой обработки информации, возникают новые возможности целенаправленного регулирования, постоянного оценивания качества получаемых аналитических решений.

Поступательное и непрерывное развитие технических и информационно-технологических баз различных измерительных систем значительно расширили сферы их применения. Использование этих средств привело к возможности успешного решения задач оценивания и контроля свойств сложных объектов (СО), эффективного управления ими.

К сложным объектам относят технологические процессы, производственные системы и комплексы, сети передач информации, материальных ресурсов (техногенные объекты), экосистемы, процессы и природные явления. В таких системах информационные процессы реализуются, основываясь на измерительном подходе. Этот подход предполагает соблюдение принципа единства измерений на каждом проводимом этапе. Кроме этого, согласно данному принципу, производится непрерывное метрологическое сопровождение результатов работы сложных объектов промежуточного и окончательного характера, то есть фактические замеры тех или иных процессов, протекающих в них.

Современная концепция мягких измерений охватывает достаточно большой спектр задач для параметрической и структурной идентификации объектов, для классификации и обработки изображений, для оценки управления производственными системами, непрерывной оценки качества продукции, проведения периодического мониторинга экосистем, для осуществления рационального природопользования. Решение таких задач происходит на фоне сложнейшей информационной ситуации – априорной неопределенности знаний о свойствах объекта, которую необходимо контролировать, неопределенностью знаний о влияющих на объект факторах среды, отсутствия возможности непосредственного наблюдения за ними, наличия неточности и неполноты получаемой экспериментальной информации. Тем самым основополагающей становится методология решения подобных задач.

Применение классических моделей и

подходов измерений в форме числового значения и экспериментальной составляющей или применение метода обработки измерительной информации без соблюдения принципа единства измерений делают решение вышеуказанных задач практически невозможным.

Поэтому необходимо актуальное и своевременное изучение вопроса о совершенствовании методологической базы измерительных систем в направлении усиления роли познавательной функции измерений, получение результатов в форме знаний – аналитических выражений, ключевых выводов, практических рекомендаций на основе всей априорной и непрерывно поступающей в процессе измерительных процедур информации. Обеспечение этого требования привлекло в измерительную среду аппараты теории оптимальных решений, искусственного интеллекта и нечетких систем. На основе стремления к измерению не количественно выраженных свойств различных объектов и была создана общая теория измерений. В настоящее время семантика различных типов измерительных шкал используется для повышения эффективности измерительных ресурсов.

Интеграция и взаимопроникновение различных методологий привели к возникновению концепции интеллектуальных измерений. В 1994 году Л. Заде ввел в научный обиход термины «вычислительный интеллект» и «мягкие вычисления». Им же был сформулирован главный принцип мягких вычислений, заключающийся в допустимости неточности и неполноты истинности для достижения конечной интерпретируемости, гибкости и низкой стоимости того или иного решения. Основу мягких вычислений составляют приближенные модели, которые включают в себя методы нечетких вычислений, базирующиеся на функциональной аппроксимации, оптимизации и случайном поиске решений.

При создании систем, которые работают с неопределенностью, важно понимание, какая из составляющих мягких измерений или их комбинация подходит для решения

той или иной задачи, в таком случае целесообразно использование гибридных интеллектуальных систем.

Гибридные интеллектуальные системы условно подразделяются на несколько классов:

а) гибридные системы с фиксированным замещением, где используется одна модель, в которой один из элементов замещен другой моделью;

б) гибридные системы с взаимодействием – независимые модули, обменивающиеся информацией и выполняющие разнообразные функции для получения общего решения;

в) полиморфные гибридные системы – одна модель берется для имитации функционирования других, рассуждения через цепочку правил моделируются, например, с помощью нейронной сети.

Методология байесовских интеллектуальных измерений (БИИ), основанная на регуляризирующем байесовском подходе (РБП), была разработана, отвечая заданному современной наукой и вызовом времени направлению развития концепции интеллектуальных измерений. РБП – это модификация байесовского подхода для получения оптимальных решений указанных задач в условиях значительной априорной неопределенности при обязательном соблюдении принципов единства измерений в процессе формирования решения.

Концепция БИИ – это методология синтеза нового типа для реализации обобщенных измерений с целью качественного решения прикладной задачи, основывающаяся на всестороннем познании свойств сложного объекта и среды, в которой он функционирует. Процесс решения прикладной задачи, опирающейся на методологию БИИ, представляет собой процесс целенаправленного преобразования иерархической структуры шкал с динамическими ограничениями (ШДО), которые обладают способностью к адаптивному изменению своей структуры при накоплении информации о сложном объекте (СО) и среде его функционирования, которая в свою очередь

обладает способностью адекватного отражения свойств эволюционирующего сложного объекта. Результатами применения ШДО могут быть полученные числовые значения различных параметров, определенный аналитический вид функциональной зависимости или целые системы аналитических зависимостей, которые определяют состояния сложного объекта, лингвистические значения и выражения относительно свойств и состояний для СО, рекомендации, обеспечивающие устойчивое функционирование СО.

Основными принципами БИИ являются:

- интеграция информации, разнообразной по форме и содержанию, для повышения или достижения требуемого качественного результата измерений;

- метрологическое обоснование полученных решений, которые могут быть представлены в виде количественных показателей меры апостериорной (остаточной) неопределенности;

- реализация принципа саморазвития моделей объектов измерения и среды их функционирования на основе адаптации структур ШДО к свойствам СО, которые изучаются и познаются в процессе БИИ.

Возможность быстрого изменения метода обработки нечетких знаний дает применение современной нечеткой логики. В такой логике достоверность представлена как нечеткое истинное значение – то есть произвольное субъективное значение, которое не имеет никакого статистического смысла. Нечеткая логика – это логика, которая использует в качестве обобщенных операторов конъюнкции и дизъюнкции t-норму и t-конорму, удовлетворяющую системе определенных аксиом.

В свою очередь, в современном анализе большие данные вместе с присутствующей в них неопределенностью порождают проблему дефицита информационных ресурсов, которая возникает при их обработке. Алгебраические байесовские сети (АБС) предоставляют возможность для решения этой проблемы. Они декомпозируют базу данных на небольшие связанные между

собой наборы – своеобразные фрагменты знаний. Декомпозиция дает возможность абстрагироваться от строения фрагментов знаний в ситуации работы над глобальными структурными вопросами и формирует задачу другого рода и направления – поддержание целостности и консистентности АБС. В настоящее время происходит отказ от жестких схем рассуждений, которые опираются на дедуктивную процедуру. Интерес от замкнутых формальных систем, моделирующих предметные области, будет перенаправлен на изучение квазиаксиоматических систем, где часть аксиом будет иметь переменный характер.

Благодаря развитию концепции мягких измерений развиваются и средства когнитивной графики – нового подхода к решению задач и к их постановке. Теория когнитивных вычислений становится центральным моментом развития работ в области когнитивных процессов. В свою очередь, логика действий в связи с продолжающимся развитием робототехники будет выходить за рамки формальных систем в новую область семиотического моделирования и многоагентных систем, что приведет к более глубокому развитию математической теории динамических открытых систем. Будут продолжать развиваться мягкие вычисления, то есть продолжится комплексное развитие и использование ме-

тодов измерений, которые основаны на нечеткой логике, нейронных и генетических вычислениях, реализуемых в различных комбинациях в гибридных интеллектуальных системах.

Создаются и развиваются направления интеллектуальных измерений, основанные на получении и использовании метрологически обоснованных знаний в процессе получения результата, нейронных и эволюционных изменений, которые реализуются в различных комбинациях в интеллектуальных измерительных системах на основе концепции мягких измерений. Происходящее в современной науке развитие направления мягких измерений позволяет использовать все положительные качества и достоинства данного подхода: простоту, скорость обработки, гибкость логики выводов, разнообразие форм представления получаемых результатов, разнообразие комплексов метрологических характеристик.

Для систем мягких измерений значительно расширяется сфера их приложения, значительно повышается их качество и вычислительная мощность, поскольку используются современные методы числовой обработки информации, возникают возможности целенаправленного регулирования, постоянного оценивания качества получаемых аналитических решений для их практического использования.

Список источников

1. Аверкин А.Н., Прокопчина С.В. Мягкие вычисления и измерения – [Электронный ресурс]. URL: [http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v2\(1-4\)/averkin.pdf](http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v2(1-4)/averkin.pdf)
2. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. Общесистемные принципы в терминах системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект» // Труды ИСА РАН. 2016 №1. Том 66 С.10-17.
3. Мошкин В.С., Ярушкина Н.Г. Логический вывод на основе нечетких онтологий // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VIII-й Международной научно-практической конференции (Коломна, 18-20 мая 2015 г.). В 2-х томах. Т1. – М.:Физматлит, 2015. – С. 259–267.
4. Прокопчина С.В. Принципы и технологии мягкого управления полисистемными средами в условиях значительной неопределенности // Управленческие науки. 2016. Т. 6. № 1. С. 17-25.
5. Соловьев И.В. Общие принципы проектирования сложных организационно-технических систем // Перспективы науки и образования, 2014. – №2(8). – с. 21-27.