

Информационные процессы и их оценка на основе измерительного подхода

П. В. Горемыкина

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University
pvg-best@mail.ru

Аннотация. Непрерывное развитие методических, информационной и технических баз измерительных систем сегодня привели к значительному расширению сферы их применения и использования. Это привело к тому, что на основе денных систем стали успешно решать задачи по оцениванию и контролю свойств сложных объектов, а также управления такими объектами. К числу таких объектов могут быть отнесены техногенные объекты, такие как производственные системы и комплексы.

Ключевые слова: мягкие вычисления; данные; модель; алгоритм; нечеткая логика; информация; процессы

Информационные процессы осуществляются на основе измерительного подхода, который предполагает соблюдать принцип единства измерений на каждом этапе, а также непрерывное сопровождение (метрологические) получаемых результатов. Такой подход применяется для структурной идентификации, для управления процессом производства, обработки изображений, для оценки качества производимой продукции.

На практике, такие задачи проходят в сложных информационных условиях, выражающихся в том, что нет точных сведений о свойствах контролируемого объекта, о влияющих на него факторах среды, а также невозможностью наблюдать эти факторы, неточностью и неполнотой информации об эксперименте. Все это говорит о познавательной функции методологии, как об основополагающей. Применять в подобных условиях классическую методологию измерений, на основе которой результат может быть представлен только в виде числа и получен на основании экспериментальной числовой информации, равно, как и применение методов обработки числовой информации без соблюдения принципов единства измерений делают решение таких задач непригодными из-за того, что уровень остаточной неопределенности не контролируем. В связи с этим имеет место вывод о том, что необходимо улучшать методическую базу систем измерения в направлении познавательной функции измерений, что продиктовано необходимостью получать результаты измерений в форме знаний-это и аналитические выражения для моделей, выводы и рекомендации с их полным обоснованием, на основе учета поступающей априорной и прочей информации в процессе экспериментов, в том числе нечисловой информации.

Надо сказать, что выполнение данных требований привлекало аппараты теорий оптимальных решений, искусственный интеллект, а также, нечеткие системы в

измерительную среду. Стремление измерить неколичественные свойства объектов привело к разработке и созданию теории измерений.

В настоящий момент активно проводятся работы по изучению и использованию различных типов измерительных шкал с целью повысить эффективность измерительных процессов. С другой стороны, теория меры и шкалирования нашли широкое использование в теории нечетких множеств. Понятие «Измерение» используется при определении функции принадлежности, степени нечеткости. Также определяются типы измерительных шкал, которые наиболее эффективны при реализации логического вывода в системах принятия решений. Список таких примеров может быть продолжен. В результате таких интеграций, в восьмидесятых годах была сформулирована концепция интеллектуальных измерений. Такие термины, как вычислительный интеллект и мягкие вычисления были введены Л. Заде в 1994 г. Тогда же был сформулирован и главный принцип мягких измерений, а именно, терпимость к неточности и частичной истинности, чтобы достичь интерпретируемости, гибкости и низкой стоимости решения. Что же касается жестких вычислений, то они имеют в основе точные модели, включающие в себя рассуждения, основанные на символической логике и классических методах вычисления и поиска информации. Мягкие же основаны, в приближенных моделях, включающих в себя методы приближенных рассуждений и вычислительные методы, основанные на функциональной аппроксимации, случайном поиске и оптимизации.

Методы приближенных рассуждений, относящиеся к мягким, имеют в своей основе два механизма вывода – это условный вывод и правило вывода модус поненс.

К первому механизму относятся:

1. Вероятностные модели-вероятностная логика Нильсона, нечеткая вероятностная логика Нгуена, вероятностные рассуждения Перл на байесовских сетях, а также, субъективные байесовские методы.

2. К методам, основанным на функциях доверия, относятся теория Демстера-Шейфера, функции доверия Сметца, верхние и нижние вероятности Фагина-Гальперна.

Второй механизм (модус поненс) включает в себя многозначные логики (алгебры), нечеткие логики и теорию возможностей.

Те вычислительные способы, которые основаны на функциональной аппроксимации, оптимизации и

случайном поиске, входящие в мягкие вычисления, в основном подразделяются на механизмы локального поиска (нейронные сети) и глобального поиска (эволюционные вычисления). Многие подходы, относящиеся к мягким вычислениям представляют собой универсальные подходы, они отлично дополняют друг друга и используются в различных комбинациях для создания гибридных систем. Именно поэтому, при создании работающих с неопределенностью систем, необходимо понимать, какая из составляющих мягких вычислений или какая комбинация наилучшим образом подходит для решения задачи.

Такие гибридные системы условно можно разделить на следующие классы:

1. Гибридные системы с функциональным замещением. Используется модель, один из элементов которой замещается другой моделью, например:

а) перерасчет весов в процессе обратного распространения с помощью генетического алгоритма. уменьшение числа итераций для получения решений;

б) подбор функций принадлежности в нечетком контроллере с помощью генетического алгоритма. функции получаются лучше, чем при ручном подборе;

в) гибридные системы с взаимодействием, здесь используются независимые модули, которые обмениваются информацией и выполняют различные функции для получения общего решения;

г) полиморфные гибридные системы (какая-либо определенная модель применяется для имитации функционирования прочих моделей).

I. БАЙЕСОВСКИЙ ПОДХОД КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

В начале 90-х годов в области развития теории интеллектуальных измерений учеными была разработана методология байесовских интеллектуальных измерений, основанная на байесовском подходе. Байесовские методы разработаны вследствие многочисленных попыток ученых определить проблемы статистического анализа поведения различных процессов и найти их решение с помощью применения основы байесовской методологии – теоремы Байеса. Использование данной теоремы имеет ряд предпосылок, основная из которых – наличие определенных соотношений между вероятностями явлений, имеющих различный характер и спецификации любого явления на нужном уровне.

Байесовская методология отличается от других подходов тем, что еще до получения данных исследователь определяет уровень своего доверия к возможным моделям и впоследствии представляет ее в виде определенных вероятностей. После того, как исследователем получены данные, с использованием теоремы Байеса он находит еще одно множество вероятностей, которые являются пересмотренными степенями доверия к возможным моделям с учетом полученной исследователем новой информации.

Одним из ключевых преимуществ байесовского подхода является использование любой начальной (априорной) информации относительно параметров модели. Такая информация выражается в виде априорной вероятности или функции плотности вероятности. Затем начальные вероятности «пересматриваются», с помощью выборочных данных, которые находят свое отображение в виде апостериорного распределения оценок параметров или переменных модели.

Использование методологии Байеса в формировании статистических выводов дает возможность совсем по-иному воспринимать и исследовать оцениваемые модели. Он позволяет оперировать не только полученными оценками, а также соответствующими вероятностными распределениями, применять имеющиеся в разных формах априорные знания исследователя относительно оценок параметров модели. Это дает возможность получать большие объемы исходной информации и точнее описывать структуру и другие характеристики исследуемой модели.

II. МЯГКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ И НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА

В настоящее время человеческая способность к изучению, анализу, пониманию, созданию и развитию машин с высоким КМИ довольно заметно усилилась в результате появления мягких измерений. Мягкие измерения представляют собой совокупность некоторого количества вычислительных парадигм, совместно обеспечивающих основы для изучения, понимания, создания и развития интеллектуальных систем. В этой совокупности главными компонентами мягких вычислений являются нечеткая логика, а также вероятностные вычисления с более поздним включением различных разделов теории обучения и сетей доверия.

Каждый элемент методологии может быть использован в механизме мягких вычислений. Если мы возьмем неточную логику, то сможем ее использовать в методах при работе с неточностью, где есть зернистая структура, приближенные рассуждения, и что очень важно, при вычислениях со словами. Нейровычисления говорят о способности к адаптации, идентификации, обучению. Если же речь идет о генетических вычислениях, то мы можем говорить о способности систематизировать поиск, а также, достичь оптимального значения характеристик. Вероятностные вычисления помогают в обеспечении базы для управления неопределенностью и проведениях рассуждений, исходящих из свидетельств. Чтобы понять какое место занимает нечеткая логика в мягких вычислениях, необходимо разяснить для себя что такое нечеткая логика вообще. Дело в том, что сам термин употребляется в двух смыслах. Узкий смысл термина нечеткая логика-это логическая система, которая является своеобразным расширением многозначной логики. Но, даже для нечеткой логики в узком смысле, список основных операций сильно отличается, как по духу, так и по содержанию от списка основных операций для систем многозначных логик.

В преобладающем сегодня широком смысле слова, нечеткая логика приравнивается к теории нечетких множеств, представляющих из себя классы с неточными,

размытыми границами. Это говорит о том, что нечеткая логика в узком смысле является разделом нечеткой логики в широком смысле. Характерной особенностью нечеткой логики является то, что любая теория может быть фаззифицирована и обобщена путем замены понятий с четкого множества понятием нечеткого множества. При помощи такой замены, можно прийти к нечеткой топологии, нечеткой арифметике, нечеткому управлению, нечеткой теории вероятностей. Конечным результатом фаззификации является лучшее соответствие модели действительности и большая общность. Специфика нечетких чисел состоит в том, что с ними труднее оперировать, чем с четкими числами. Значения большинства таких понятий зависят от контекста и приложений. Другими словами, это тот компромисс, на который приходится идти.

При работе с нечеткими понятиями нельзя не затронуть такую тему, как гранулирование информации, что является очень важной особенностью. Гранулирование есть в человеческих рассуждениях, сформированных концепций и различного рода взаимодействиях. Попытаемся раскрыть роль гранулирования информации, почему же оно так важно при оперировании нечеткими понятиями и, в частности, при вычислениях со словами, а не с числами. Все человеческие понятия являются нечеткими, это происходит из-за того, что она получаются в результате группировки точек, объектов, которые объединяют по сходству. Отсюда можно сделать вывод, что нечеткость подобных групп есть следствие нечеткости сходства. Существуют простейшие примеры, наподобие «деловая часть города», «немного облачно», «средний возраст» и др. такая группа называется гранулой.

В естественном языке, роль гранул выполняют слова. Таким образом, они служат для сжатия данных, что является ключевым аспектом человеческих рассуждений и формирования понятий. Что же касается нечеткой логики, то здесь гранулирование информации находится в основе понятий лингвистической переменной и правил «если...то». Данные понятия были введены формально в 1973 г. в статье «Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений». Сегодня данные понятия используются всеми приложениями нечеткой логики. Стоит отметить, что введение данных понятий в свое время было встречено со враждебностью и скептицизмом.

Стоит отметить, что важность нечетких правил связана с близостью этих правил человеческой интуиции. Нечеткие правила играют в нечеткой логике центральную роль в языке нечетких зависимостей и команд. Надо сказать, что это именно тот язык, который используется в большинстве приложений нечеткой логики. Важным моментом при сравнении нечеткой логики с другими методологиями является то, что исходной посылкой в решений, получаемом с помощью нечеткой логики, является человеческое решение. Ярчайшим примером служит задача по парковке автомобиля, в которой цель-это припарковать автомобиль рядом с обочиной и почти параллельно обочине. Нечетко-логическим решением был бы набор нечетких «если-то», описывающих, как человек паркует автомобиль. Проблема парковки тяжело решается

в контексте классического управления, так как здесь точкой старта выступает не человеческое решение, а описание начального состояния, конечного состояния, уравнений движения и ограничений.

III. МЕТОДЫ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ УСЛОВИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Применение подхода, основанного на теории нечетких множеств, дает возможность проведения анализа чувствительности расчетных результатов в зависимости от степени неопределенности исходных статистических данных. В конечном итоге данного анализа устанавливаются в большей степени значительно влияющие входы (иными словами, сенсоры), наиболее сильно реагирующие выходы, а также соответствующая так называемая риск-функция, указывающая на уровень, степень возможности достижения каким-либо показателем эффективности конкретного значения. Существует также объемный метод, в котором применяется аналогичный подход, а именно в этом подходе все или определенные параметры заданы нечетко. При учете того факта, что для балансового метода также присутствует возможность многоуровневого описания, то в конечном итоге получается довольно сложная иерархическая совокупность решений и понятий со значительным количеством уровней. Данные понятия и решения определенно должны быть связаны и согласованы между собой в зависимости от уровней их описания. В условиях неопределенности имеет место алгоритм принятия решений, который основывается на согласовании избыточных данных. Такая избыточная информация возникает при наличии двухуровневой системы моделей, и последующей корректировки понятий и решений по уровням их описания. Согласование нечетких решений производится по рассмотренной выше процедуре, свойственной для многослойных (многоуровневых) систем. С применением указанной методики находятся решения ряда определенных задач. Разработанный алгоритм, основанный на балансировке крупноблочных моделей, дает возможность решать указанные ниже задачи: настройка трёхмерных технологических моделей; восстановление по отдельным фазам материального баланса.

Для процессов также можно провести параметрическую декомпозицию и разбить их на n подпроцессов для подсистем на самом нижнем уровне иерархической системы моделей и на m подпроцессов на втором уровне. Состояние подсистем достаточно точно оценивается путем замера и прогноза, а вот оценка состояния процесса может быть проведена в основном лишь по косвенной информации. Координация моделей ведется через два параметра – подсистему j и между подсистемами. Нечеткость определения обусловлена погрешностью измерения величин и целым рядом других факторов. Поэтому любой из этих параметров может быть адекватно задан в самом общем виде с помощью функции принадлежности. Алгоритм идентификации включает модели трех уровней описания: исходное описание системой нелинейных алгебраических уравнений, линеаризованное описание относительно, уровень описания в виде модели «черного ящика» с использованием функций чувствительности. Согласование

решений происходит путем пересчета на каждом шаге итерации и проверки критерия окончания счета. Согласование решений происходит так же путем пересчета на каждом шаге итерации и проверки критерия окончания счета. Для наиболее сложных и больших структур перед решением задачи линейного программирования может вводиться четвертый уровень описания в виде модели «черного ящика» с использованием функций чувствительности. Алгоритм выбора эффективных режимов с учетом реальных нечетких целей и ограничений включает еще один уровень описания, характеризующий линеаризацию общей функции принадлежности на выпуклом множестве, на котором она совпадает с функцией принадлежности.

Разработанный комплексный алгоритм расчета и оптимизации системы принимает во внимание указанный ниже ряд практически значимых особенностей: наличие возможности расчета отдельных конкретных подсистем как частей иерархической и многоуровневой системы управления с учетом нечетких параметров процесса, а также технологического оборудования; учет зависимости на входах и выходах; проведение оптимизирующих расчетов при наличии некоторого количества выходов (более одного); наличие возможности проведения как параметрического, так и структурного определения фактического состояния; наличие возможности анализа преобладающих и более значимых ограничений в системе, а также оценки эффективности различных переключений в системе и изменения режима ее функционирования, в том числе и со стороны обеспечения устойчивости работы системы в условиях нечеткости и неопределенности.

IV. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Как считает один из видных ученых в области искусственного интеллекта, Д.А. Поспелов, направление развития современных интеллектуальных систем ведется по пяти направлениям, к которым можно добавить еще интеллектуальные измерения и мягкие измерения.

1. Необходимость отказаться от жестких систем умозаключений. Имеющих в своей основе дедукцию. И вместо замкнутых систем, которые формируют области знания, о которых все известно, внимание исследователя будет приковано к изучению таких систем, в которых часть утверждений (аксиом) будет сменными. Это означает возможность проведения неоднообразных рассуждений, что делает возможным использование правдоподобной аргументации и выводов.
2. Широкое использование прикладной семиотики для постройки баз знаний. Информационные единицы здесь являются знаками, позволяющими отображать три стороны любой сущности (концепт, название, представление) в образе единого целого, что делает возможным устранить разрыв между левосторонними устоями, имеющими в своей основе символы и паттерны-гештальты. Таким образом, механизмы прикладной семиотики позволяют приблизить когнитивные

структуры к структурам, которые использует мышление людей.

3. Развитие когнитивных графических средств к постановке и решению задач. Если принять во внимание отсутствие здесь хоть каких-то моделей, то можно сделать предположение о том, что теория когнитивных вычислений может стать центром развития работ в области процессов креатива.
4. Развитие робототехники задает вопросы о логике действий. Полученные за годы знания показывают, что логика действий пересекает границы систем в область семиотического моделирования и многоагентных систем. Развитие этой логики должно повлечь за собой развитие теории динамических открытых систем.
5. Развитие мягких вычислений, предполагающее комплексное развитие и использование методов вычисления, имеющие в своей основе нечеткую логику, нейтровочисления, вероятностные и генетические вычисления, которые реализуются в различных комбинациях в гибридных интеллектуальных системах.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящий момент нечеткие и мягкие измерения лежат в основе вычислительной техники нового поколения и новейших информационных технологий. Мягкие измерения позволяют применять все преимущества мягких вычислений, а именно скорость и легкость обработки данных, гибкость логики вывода, значительное многообразие форм интерпретации получаемых результатов и совокупностей их метрологических характеристик, которые включают в себя показатели неясности и неопределенности, которые находят свое широкое применение в области мягких вычислений. Данные достоинства мягких вычислений при их использовании в реализации различных измерительных процессов значительно повышают качество полученных при различных исследованиях измерительных результатов. С другой стороны, для совокупностей нечетких и мягких вычислений довольно сильно расширяется область их применения, а также за счет довольно эффективного применения на практике методов числовой обработки данных растет их вычислительная мощность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Заде Л.А. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании, развитии информационных интеллектуальных систем //Новости искусственного интеллекта, 2001. № 2-3. с. 7-11.
 - [2] Зайцева Т.В., Нестерова Е.В., Игрунова С.В., Путицева Н.П., Смородина Н.Н. Байесовская стратегия оценки достоверности выводов / Системный анализ и управление. № 13 (132), вып. 23/1, 2012.
 - [3] Звягин Л.С. Применение системно-аналитических методов в области экспертного прогнозирования// Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 3. № 9. С. 47-50.
 - [4] Звягин Л.С. Итерационные и неитеративные методы монте-карло как актуальные вычислительные методы байесовского анализа// Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2017. Т. 1. С. 39-44.
- Мацеевский С. В. Нечеткие множества: Учебное пособие. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. 176 с.