

Л. А. ДЕМИДОВА, В. В. КИРАКОВСКИЙ, А. Н. ПЫЛЬКИН

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

2-е изд., переработанное

Москва
Горячая линия – Телеком
2015

УДК 519.816:004.032.26

ББК 22.18:32.818

Д30

Рецензенты:

доктор техн. наук, профессор *Е. А. Саксонов*, кафедра «Вычислительные системы и сети» Московского государственного института электроники и математики (технический университет); доктор техн. наук, профессор *Е. Е. Ковшов*, зав. кафедрой «Управление и информатика в технических системах» Московского государственного университета «Станкин»

Демидова Л. А., Кираковский В. В., Пылькин А. Н.

Д30 Принятие решений в условиях неопределенности. – 2-е изд., перераб. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 283 с.: ил.
ISBN 978-5-9912-0513-9.

Рассмотрены методы и алгоритмы принятия решений в условиях неопределенности, основанные на комплексном использовании инструментария теории нечётких множеств и генетических алгоритмов, позволяющего устранить недостатки существующих аналогов, обеспечивая при этом высокую обоснованность и адекватность принимаемых решений. Приведены примеры, поясняющие предлагаемые методы и алгоритмы.

Для научных работников и специалистов в области разработки компьютерных систем, будет полезна преподавателям, студентам и аспирантам.

ББК 22.18:32.818

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Научное издание

Демидова Лилия Анатольевна
Кираковский Валерий Владимирович
Пылькин Александр Николаевич

Принятие решений в условиях неопределенности

Монография

Компьютерная верстка *И. А. Благодаровой*
Обложка художника *В. Г. Ситникова*

Подписано в печать 04.02.2015. Формат 60×88/16. Уч. изд. л. 17,68.
Тираж 500 экз. (1-й завод 100 экз.)

ISBN 978-5-9912-0513-9

© Л. А. Демидова, В. В. Кираковский,
А. Н. Пылькин, 2011, 2015

© Издательство «Горячая линия – Телеком», 2015

Введение

Проблема принятия решений в условиях неопределенности занимает важное место в общей проблеме принятия решений. Успешное решение данной проблемы в настоящее время невозможно без применения новых информационных технологий, составной частью которых являются интеллектуальные средства обработки информации. Понятие «неопределенность» трактуется довольно неоднозначно, его смысл зависит от характера решаемой прикладной задачи. Для описания неопределенности современная теория принятия решений широко применяет, в частности, аппарат теории нечетких множеств (ТНМ), основоположником которой является Л.А. Заде (1965 г.). Проблема неопределенности присуща всем сложным системам. К таким сложным системам относятся: экономические и социально-экономические системы – системы прогнозирования показателей занятости населения в экономике страны; системы анализа инвестиционных решений и результатов внешнеторговой деятельности регионов и др.; технические системы – системы контроля, диагностики, классификации, кластеризации состояний объектов различного происхождения и др.

Традиционный подход к проблеме принятия решений основан на использовании классических методов многокритериального анализа (А.А. Амосов, А. Вальд, Р. Кини, Р. Клемен (R. Clemen), О.И. Ларичев, В.Д. Ногин, А.И. Орлов, Т.Л. Саати, Дж. К. Смит (J.Q. Smith), А.Н. Тихонов, С. Ханссон (S. Hansson)) и предполагает разработку и создание сложных, зачастую многоуровневых, систем поддержки принятия решений, базирующихся на математических моделях, обеспечивающих учет большого количества параметров и критериев, и характеризуется значительными вычислительными затратами и высокой стоимостью разработки.

Задачи поддержки принятия решений в условиях неопределенности представляют собой слабоструктурированные или неструктурированные задачи. Слабоструктурированные задачи содержат неизвестные или неизмеряемые компоненты, то есть количественно неоцениваемые компоненты. Такие задачи характеризуются отсутствием методов решения на основе непосредственных преобразований данных, а постановки задач предполагают принятие решений в условиях неполной информации. Неструктурированные

задачи содержат неформализуемые процедуры, базирующиеся на неструктурированной информации, которая определяется высокой степенью неопределенности. Применение ТНМ и её приложений позволяет построить формальные схемы решения задач, характеризующихся той или иной степенью неопределенности, которая может быть обусловлена неполнотой, внутренней противоречивостью, неоднозначностью и размытостью исходных данных, представляющих собой приближенные количественные или качественные оценки параметров объектов. Эта неопределенность является систематической, так как обусловлена сложностью задач, дефицитом информации, лимитом времени на принятие решений, особенностями восприятия и т.п.

Неполнота и неточность информации могут заключаться: в принципиальной невозможности полного сбора и учета информации об анализируемом объекте или процессе; в некоторой недостоверности и недостаточности исходной информации об анализируемом объекте или процессе; в возможности проявления таких свойств анализируемого объекта или процесса, существование которых не предполагалось. Кроме того, неточность, неполнота и неопределенность исходных данных могут быть вызваны недостаточными знаниями экспертов специфики конкретной прикладной задачи. Следовательно, можно говорить и о наличии «субъективного» человеческого фактора в задачах поддержки принятия решений в условиях неопределенности. В этом случае исходные данные, представленные качественными оценками объектов, могут быть не только несовпадающими, но и противоречивыми, что значительно усложняет решение задачи поддержки принятия решений.

Таким образом, использование классических «жестких» алгоритмов моделирования сложных систем, предполагающих регламентированную постановку задачи и пошаговый процесс получения результатов, при решении различных задач поддержки принятия решений может оказаться малоэффективным, так как предполагает обработку точных, полных и непротиворечивых численных исходных данных, что может не соответствовать высокому уровню неопределенности задачи.

Отказ от традиционных требований точности измерений, которая была необходима при математическом анализе четко опреде-

ленных систем и процессов, и применение ТНМ совместно с методами алгебры логики обеспечивают решение проблемы принятия решений в условиях неопределенности. Принципиальной особенностью задач поддержки принятия решений в условиях неопределенности является необходимость учета того факта, что измерения входных и выходных данных выполняются на уровне «мягких измерений». Использование понятия «лингвистическая переменная» позволяет адекватно отразить приблизительное словесное описание некоторых параметров и состояний объекта или процесса в тех случаях, когда точное описание либо отсутствует, либо является слишком сложным, либо требует больших временных и финансовых затрат.

При разработке алгоритмов и методов ТНМ охватывается широкий круг математических и прикладных проблем, в решение которых значительный вклад внесли российские и зарубежные ученые: А.Н. Аверкин, А.В. Алексеев, Р.А. Алиев, А.Е. Алтунин, К. Асаи, И.З. Батыршин, Р. Беллман, Л.С. Бернштейн, А.Н. Борисов, В.В. Борисов, Л.А. Заде, С.Я. Коровин, А. Кофман, О.А. Крумберг, А.В. Леоненков, Н.Г. Малышев, А.Н. Мелехов, К. Негойце, С.А. Орловский, Д.А. Поспелов, Р. Ягер, Т.Л. Саати, М.В. Семухин, В.Б. Силов, А. Тверски, Т. Тэрано, С.Д. Штовба и др. Вопросы реализации алгоритмов нечеткого вывода рассматриваются в работах Х. Ларсена (H. Larsen), Е. Мамдани (E. Mamdani), М. Сугено (M. Sugeno), Т. Такаги (T. Takagi), Й. Цукамото (Y. Tsukamoto). В работах Дж.К. Беждека (J.C. Bezdek), Дж.К. Данна (J.C. Dunn), Р.Н. Дейва (R.N. Dave), Дж.М. Келлера (J.M. Keller), Р. Кришнапурама (R. Krishnapuram), Я. Охаши (Y. Ohashi) предложены алгоритмы нечеткой кластеризации (алгоритм нечетких c -средних и его модификации). Значительное количество работ (Я. Батистакис (Y. Batistakis), Г. Бени (G. Beni), Х. Галда (H. Galda), И. Гаф (I. Gath), А. Гева (A.V. Geva), Д. Густафсон (D. Gustafson), В. Кессел (W. Kessel), М. Сугено, М. Халкиди (M. Halkidi), С. Се (X. Xei), Ю. Фукуяма (Y. Fukuyama)) посвящено разработке и исследованию показателей качества кластеризации с использованием алгоритмов нечеткой кластеризации.

В настоящее время всё большее внимание уделяется разработке гибридных подходов к многокритериальному анализу слож-

ных систем, основанных на «мягких» вычислениях и реализующих совместное применение различных методов искусственного интеллекта, позволяющих сформировать новую информационную технологию, важную роль в которой играют знания предметной области конкретной прикладной задачи (В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.В. Кузьмин, Ю.Н. Минаев, М. Пилиньский, А.П. Ротштейн, Д. Рутковская, Л. Рутковский, А.А. Усков, О.Ю. Филимонова, А.С. Федулов, Н.Г. Ярушкина). При этом этапы решения задачи и результаты определяются текущим состоянием базы знаний, а не каким-либо «жестким» алгоритмом моделирования. К таким методам, в первую очередь, относятся методы, основанные на применении искусственных нейронных сетей, использовании инструментария ТНМ и теории генетических алгоритмов (ГА).

Одним из современных бионических принципов решения широкого класса прикладных задач, которые трудноразрешимы классическими методами, особенно в области NP -полных задач оптимизации, является применение ГА – адаптивных методов поиска, реализующих эволюционные вычисления, основанные на генетических процессах биологических организмов. Общие принципы ГА были сформулированы Д.Х. Холландом (1975 г.) и описаны в работах: Д.И. Батищева, Л.А. Гладкова, Д.И. Голдберга, В.В. Емельянова, Е.Е. Ковшова, В.В. Курейчика, В.М. Курейчика и др.

В последние годы наряду с обычными нечеткими множествами (нечеткими множествами первого типа – НМТ1) большее применение в решении различных прикладных задач находят интервальные нечеткие множества второго типа (ИНМТ2), использование которых, однако, сопровождается увеличением вычислительной сложности алгоритмов.

Существенный рост количества прикладных задач, решаемых с использованием ИНМТ2, связан с публикацией в 2001 году основополагающей статьи Н. Карника (N. Karnik) и Дж. М. Менделя (J.M. Mendel), в которой предложен итерационный алгоритм вычисления центроида ИНМТ2, реализующий операции «понижения» типа и дефаззификации и значительно снижающий сложность вычисления центроида ИНМТ2. Тем не менее, использование ИНМТ2 целесообразно, если ожидается существенное улучшение

результатов (например, повышение точности прогнозирования, улучшение качества кластеризации).

Вопросы разработки систем нечеткого вывода на основе ИНМТ2 отражены в работах О. Кастилло (O. Castillo), С. Коупланда (S. Coupland), П. Мелина (P. Melin), Дж.М. Менделя (J.M. Mendel), основные принципы алгоритмов кластеризации на основе ИНМТ2 изложены в работе Ф.Ч.-Х. Рхи (F.C.-H. Rhee) и Ч. Хванга (C. Hwang) (2007 г.).

Анализ известных методов и алгоритмов поддержки принятия решений в условиях неопределенности, основанных на использовании инструментария ТНМ, показывает, что довольно часто они не обеспечивают получение адекватных решений ввиду недостаточно обоснованного выбора параметров моделирования, а поиск эффективных решений сопровождается значительными временными затратами из-за необходимости выполнения многократных реализаций используемых методов и алгоритмов с целью выбора оптимальных параметров.

Таким образом, можно говорить о необходимости разработки эффективных методов и алгоритмов поддержки принятия решений в условиях неопределенности, обеспечивающих высокую обоснованность и адекватность принимаемых решений при низких временных затратах. Использование различных модификаций ГА позволяет решить проблему выбора оптимальных параметров методов и алгоритмов поддержки принятия решений в условиях неопределенности при приемлемых временных затратах. Комплексное использование инструментария ТНМ и генетических алгоритмов позволяет создать качественно новые программные средства, существенно расширяющие перечень рассматриваемых задач поддержки принятия решений в условиях неопределенности и обеспечивающие повышение адекватности и объективности (а следовательно, и эффективности) принятия решений.

В первой главе приведен обзор и анализ методов и алгоритмов принятия решений, показавший, что проблема поддержки принятия решений в условиях неопределенности относится к классу слабо структурированных задач и их решение зависит от типа объекта, характера неопределенностей и возможностей моделирования объекта. Сформулированы актуальные задачи поддержки принятия

решений в условиях неопределенности, свидетельствующие о том, что подходы к принятию решений в условиях неопределенности на основе бионических принципов являются универсальными, однако требуют тщательной проработки и адаптации к конкретной прикладной задаче.

Во второй главе рассматривается метод оценивания объектов с вычислением центроидов интервальных нечетких множеств второго типа на основе экспертных оценок, согласованных с использованием нечеткого метода Дельфы, позволяющий дифференцировать объекты, имеющие одинаковые центроиды нечетких множеств первого типа на основе этих же экспертных оценок.

В третьей главе рассматриваются методы кластеризации объектов с использованием модификаций алгоритма нечетких c -средних на основе нечетких множеств первого типа и генетических алгоритмов, позволяющие учесть свойства кластерной типичности и кластерной относительности и обеспечивающие получение адекватных результатов кластеризации множества объектов, содержащего кластеры подобной плотности и подобного объема, с минимальными временными затратами.

В четвертой главе рассматриваются методы кластеризации объектов с использованием модификаций алгоритма нечетких c -средних на основе интервальных нечетких множеств второго типа и генетических алгоритмов, позволяющие учесть свойства кластерной типичности и кластерной относительности и обеспечивающие получение адекватных результатов кластеризации множества объектов, содержащего кластеры существенно разной плотности или существенно разного объема, с минимальными временными затратами.

Во всех главах рассмотрены примеры, демонстрирующие применение предлагаемых методов и алгоритмов принятия решений в условиях неопределенности.