

РАЗДЕЛ 3. ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

РАЗВИТИЕ НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ И ПРОЦЕССОВ

В.В. Ведерников

*Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики» — Пермь*

Представлен исторический обзор набирающего в сегодняшнее время популярность метода моделирования явлений и процессов, протекающих в различных сферах жизнедеятельности человека. Предложена классификация периодов развития нечетно – множественного подхода, кратко описана его суть, определены достоинства и показана целесообразность его использования в условиях неполноты и нечеткости предметной области. Описаны основные достижения в области применения данного подхода к моделированию экономической действительности.

В последние годы все больше российских предприятий (как частных, так и государственных) в целях повышения эффективности управления экономическими процессами пытаются организовать свою деятельность на основе современных научных исследований. Повсеместно внедряются бизнес-планирование, финансовый и инвестиционный анализ, современные программные продукты, основанные на последних научных разработках. Одновременно возрастает спрос на рыночные исследования (как на микроэкономическом, так и макроэкономическом уровне), на финансовую и общеэкономическую информацию.

Сегодня одним из наиболее перспективных направлений научных исследований в области анализа, прогнозирования и моделирования экономических явлений и процессов является нечеткая логика (fuzzy logic). Нечетко-множественные модели, представленные в виде программного обеспечения, позволяют как менеджерам различного уровня, так и собственникам предприятий принимать экономически грамотные решения.

Хотя первое упоминание о новом методе математического моделирования появилось около полувека назад, данная область научных исследований до сих пор остается мало изученной в нашей стране. На сегодняшний день в России к потребителям научных разработок, в основе которых лежит нечетко-множественный аппарат, относится достаточно узкий круг государственных и чуть более широкий круг коммерческих предприятий, а ученых, создающих и поставляющих на рынок данные продукты, очень мало – около 20.

Условно период от момента зарождения данной науки до наших дней можно разделить на три этапа:

- *первый* – этап формирования основных теоретических постулатов (1965 – начало 70-х гг.);
- *второй* – этап практических разработок в различных областях жизнедеятельности, основанных на нечеткой логике; рождение нового научного направления в рамках нечеткой логики «Fuzzy Economics» (1973 – начало 90-х гг.);
- *третий* – этап массового использования продукции, в основе работы которой лежит нечеткая логика (1995 – наше время).

Однако такое деление достаточно условно, т.к. теоретические изыскания в этой области знаний не прекращаются и до сих пор, с каждым годом расширяя область применения данного математического аппарата.

В 1965 г. Л.А.Заде (Lotfi A. Zadeh), профессор информатики Калифорнийского университета в Беркли (Berkeley), ввел в науку понятие нечетких множеств (fuzzy set), давшее название одноименной теории (fuzzy logic) [21].

Основанием для создания новой теории послужил спор профессора со своим другом о том, чья из жен привлекательнее. Согласно истории, к единому мнению они так и не пришли. А это в свою очередь вынудило ученого сформировать концепцию, которая выражает нечеткие понятия типа «привлекательность» в числовой форме.

В отличие от стандартной логики, в которой мы привыкли к двум бинарным состояниям (1/0, Да/Нет, Истина/Ложь и т.д.), нечеткая логика позволяет определять промежуточные значения между стандартными оценками. Примерами таких оценок являются естественные для человека фразы: «более привлекательная», «довольно привлекательная», «скорее да, чем нет», «наверное да»,

«немного вправо», «резко влево» в отличие от стандартных: «привлекательная», «вправо», «влево», «да» или «нет». С помощью данного математического аппарата перечисленные оценки стало возможным описать математически и впоследствии обработать с помощью ЭВМ. Таким образом, с помощью данного математического аппарата удалось максимально приблизить механизм компьютерной обработки и анализа данных к человеческому мышлению.

Первоначальным замыслом теории нечетких множеств являлось построение функционального соответствия между нечеткими лингвистическими описаниями («высокий», «теплый», «привлекательный» и т.д.) и специальными функциями, выражающими степень принадлежности значений измеряемых параметров (длины, температуры, внешности и т.д.) упомянутым нечетким описаниям. Так, классическим примером таких описаний является вопрос о делении совокупности людей на старых и молодых.

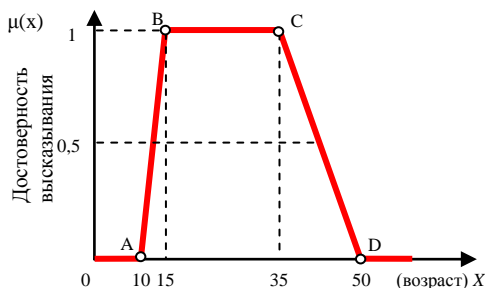
Пусть имеется множество молодых людей. Как определить это понятие в обычной (булевой) логике? Для этого необходимо задать интервал лет, для которого мы будем считать, что человек является молодым. Допустим, это интервал от 15 до 35 лет. Тогда, согласно стандартной логике, всех людей, которые попадают в данный интервал, мы будем считать «молодыми», а остальных – не включаемыми в состав «молодых». Однако может возникнуть вполне очевидный вопрос: «А что же человек, которому 36, лет уже старик или человек, которому 14 лет, – еще не относится к разряду молодых?» Это и есть главный недостаток четкой (бинарной) логики. Мы теряем довольно большой объем информации, который в ряде ситуаций может сыграть важную роль. Нечеткая логика в приведенном примере позволяет ослабить такое строгое разделение на старых и молодых. Мы все понимаем, что если человеку 36 лет, то мы можем сказать: «Иван Петрович еще молод, но возраст скоро даст о себе знать» или про человека 14 лет: «Олег еще слишком молод» и т.д. Если в первом случае для обычной логики, элементы множества кодировались компьютером как 0 (старый) или 1 (молодой), то теперь можно использовать промежуточные значения между 0 и 1.

О человеке, возраст которого попадает в интервал от 15 до 35 лет, мы с огромной долей уверенности можем сказать, что он молодой, поэтому данному высказыванию будет соответствовать значение 1. Если же человеку 36 или 14 лет, то будем ставить в соответствие, допустим, значение 0,9. Другими словами, чем ближе возраст человека к интервалу от 15 до 35 лет, тем более уверенно мы можем говорить о том, что он молод, т.е. оценка уверенности (достоверность

высказывания) будет близка к 1. При удалении от указанного интервала «молодости» как в сторону его увеличения, так и в сторону уменьшения возраста значение достоверности высказывания будет постепенно снижаться до нуля.

Таким образом, данный математический аппарат позволяет сформулировать и математически описать какое-либо качественное понятие («привлекательный», «молодой», «высокий») некоторой функцией распределения и далее использовать его как точное, не заботясь более о его «нечеткой» природе.

Согласно изложенному выше принципу нечеткой логики графическое описание качественного понятия «молодой» (функция принадлежности нечеткого множества «Молодой») можно представить с помощью следующего рисунка.



Функция распределения имеет форму трапеции. Участок трапеции BC (верхнее основание трапеции) соответствует интервалу от 15 до 35 лет. Высказыванию «молодой» для этого участка будет соответствовать достоверность, равная единице. Участки AB и CD иллюстрируют тот факт, что если возраст человека попадает в интервалы от 10 до 15 и от 35 до 50, то достоверность высказывания о том, что человек молод, снижается или увеличивается.

А формальное описание данной функции выглядит следующим образом:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 10, \\ 0.2(x - 10), & 10 \leq x < 15, \\ 1, & 15 \leq x < 35, \\ \frac{1}{15}(50 - x), & 35 \leq x < 50, \\ 0, & x \geq 50. \end{cases}$$

Следующим достижением теории нечетких множеств является введение в обиход так называемых нечетких чисел — нечетких

подмножеств специализированного вида, соответствующих высказываниям типа «значение переменной примерно равно a ». Здесь в качестве примера было использовано так называемое треугольное нечеткое число, где выделяются три точки: минимально возможное, наиболее ожидаемое и максимально возможное значение фактора. Треугольные числа – это самый часто используемый на практике тип нечетких чисел, причем чаще всего их используют в качестве прогнозных значений параметра. В качестве примера приведем ожидаемое значение инфляции на 2006 г. Допустим, что наиболее вероятное значение – 10%, минимально возможное – 5%, а максимально возможное – 20%, тогда все эти значения могут быть сведены к виду нечеткого подмножества – нечеткого числа A :

$A: (5, 10, 20)$

Очередным историческим шагом в данной науке является введение набора операций над нечеткими числами, которые сводятся к алгебраическим операциям с обычными числами при задании определенного интервала достоверности (уровня принадлежности), получившим впоследствии название мягкие вычисления. Фундаментальные исследования в этой области предприняты Д. Дюбуа (D. Dubois) и Х. Прадом (H. Prade) [12, 13].

Параллельно с разработкой теоретических основ новой науки, Лотфи А. Заде прорабатывал различные возможности ее практического применения. И в 1973 г. эти усилия увенчались успехом – ему удалось показать, что нечеткая логика может быть положена в основу нового поколения интеллектуальных систем управления. Именно поэтому эту дату логично считать началом второго этапа в развитии данной науки.

Результаты не заставили себя долго ждать. Практически сразу после выхода в свет фундаментального доклада Л. Заде [22] небольшая предприимчивая фирма из Дании применила изложенные в нем принципы для усовершенствования системы управления доменной печью. Лишь только после этого ученые обратили свое пристальное внимание на молодую науку, т.к. именно такая логика, практически лишенная теоретической базы, способна решать различные задачи в условиях неопределенности. Через четыре года после внедрения данной системы управления сложным производственным процессом прибыли фирмы исчислялись десятками тысяч долларов [31].

За тридцать лет своего развития (первые два этапа в приведенной классификации) нечеткая логика претерпела ряд существенных изменений и дополнений. Прежде всего, благодаря усилиям Б. Коско (Bart Kosko) [15] была исследована взаимосвязь нечеткой логики и

теории нейронных сетей и доказана основополагающая ФАТ-теорема (Fuzzy Approximation Theorem), подтвердившая полноту нечеткой логики. В работах М. Земанковой (Maria Zemankova-Leech) и А. Кандела (Abraham Kandel) [23] были заложены основы теории нечетких систем управления базами данных, способных оперировать неточными данными, обрабатывать нечетко заданные запросы, а также использовать качественные параметры наряду с количественными. Была разработана нечеткая алгебра – необычная наука, позволяющая использовать при вычислениях как точные, так и приблизительные значения переменных. И наконец, самое широкое распространение получили изобретенные Б. Коско так называемые нечеткие когнитивные модели (Fuzzy Cognitive Maps) [15], на которых базируется большинство современных систем динамического моделирования в области финансов, политики и бизнеса.

К 90-му году появилось около 40 патентов, относящихся к нечеткой логике (из них 30 японских). Сорок восемь японских компаний образовали совместную лабораторию LIFE (Laboratory for International Fuzzy Engineering – Международная лаборатория разработок, основанных на нечеткой логике), японское правительство финансировало пятилетнюю программу по нечеткой логике, включающую 19 различных проектов – от систем оценки глобального загрязнения атмосферы и предсказания землетрясений до автоматизированных систем управления заводскими цехами и складами. Результатом выполнения этой программы явилось появление целого ряда новых массовых микрочипов, основанных на нечеткой логике. Сегодня их можно найти в стиральных машинах и видеокамерах, цехах заводов, моторных отсеках автомобилей, в системах управления складскими роботами и боевыми вертолетами.

Как пример – пионером в применении нечеткой логики в бытовых изделиях выступила фирма Matsuhita. В феврале 1991 г. она анонсировала первую «интеллектуальную» стиральную машину, в системе управления которой сочетались нечеткая логика и нейронная сеть. Автоматически определяя нечеткие входные факторы (объем и качество белья, уровень загрязненности, тип порошка и т.д.), стиральная машина безошибочно выбирала оптимальный режим стирки из 3800 возможных вариантов. А спустя пару лет использование приемов нечеткой логики в производстве японской бытовой техники стало повсеместным [28].

Сегодня же зарубежный рынок так называемых нечетких контроллеров (разновидность которых установлена и в стиральных машинах широко рекламируемой марки LG) обладает емкостью,

исчисляемой миллиардами долларов. Нечеткая логика, как модель человеческих мыслительных процессов, встроена в системы искусственного интеллекта и в автоматизированные средства поддержки принятия решений (в частности, в системы управления технологическими процессами) [29].

С конца 70-х гг., методы теории нечетких множеств начинают применяться и в экономике. Следует упомянуть работы Дж. Бакли «Решение нечетких уравнений в экономике и финансах» и «Нечеткая математика в финансах» [5, 6], Г. Бояджиева, М. Бояджиева «Нечеткая логика в бизнесе, финансах и менеджменте» и «Нечеткие множества. Нечеткая логика. Приложения» [1, 2], Л. Дымовой, П. Севастьянова «Нечеткий анализ планируемых капитальных затрат. Инвестиционный проект. Оценка и оптимизация» [10], А.М. Хил Лафуэнте «Финансовый анализ в условиях неопределенности» [57], Х. Циммермана «Теория нечеткой логики и ее приложения» [24].

В 80-х гг. начали появляться программные решения и информационные технологии, решающие экономические задачи с применением нечетко-множественных и родственных им описаний. Так, под руководством Ц. Зопоунидиса в Техническом университете на острове Крит была разработана экспертная система для детального финансового анализа корпораций [14]. Чуть раньше в Германии, в конце 80-х гг., группой под руководством Х. Циммермана была разработана система стратегического планирования [24], в которой реализуется позиционирование бизнеса корпорации на основе нечетких описаний его конкурентоспособности и привлекательности.

В качестве примера такого программного обеспечения можно использовать дорогостоящие комплексные системы, в состав которых входит нечеткая логика, применяемые банкирами и финансистами для решения сложнейших задач прогнозирования финансовых индикаторов. Начало этому процессу положила японская финансовая корпорация Yamaichi Securities. Задавшись целью автоматизировать игру на рынке ценных бумаг, эта компания привлекла к работе около 30 специалистов по искусственному интеллекту. В первую версию системы, завершенную к началу 1990 г., вошли 600 нечетких правил – воплощение опыта десяти ведущих брокеров корпорации. Прежде чем решиться на использование новой системы в реальных условиях, ее протестировали на двухлетней выборке финансовых данных (1987-1989 г). Система с блеском выдержала испытание. Особое изумление экзаменаторов вызвало то, что за неделю до наступления биржевого краха (знаменитого «черного понедельника» на токийской бирже в 1988 г.) система распродала весь пакет акций, что свело ущерб

практически к нулю. Надо ли говорить, что после этого вопрос о целесообразности применения нечеткой логики в финансовой сфере уже не поднимался [28].

Некоторое количество работ посвящено макроэкономическому анализу фондового рынка на основе нечетких представлений: К. Пирэй «Нечетко-множественный анализ инвестиционной деятельности взаимных фондов» [17]; Р. Триппи «Искусственный интеллект в финансовой и инвестиционной деятельности» [3]. Нечеткие представления были положены также в основу нейронных сетей для прогнозирования фондовых индексов: Г.А. Гунин «Особенности практического применения искусственных нейронных сетей к прогнозу финансовых временных рядов» [32].

К текущему моменту был предпринят ряд попыток с целью прогноза фондовых индексов и индексов макроэкономической динамики. Особого внимания заслуживает макроэкономическое исследование, посвященное измерению уровня теневой экономики в Новой Зеландии, выполненное Р. Драеске и Дэвидом Глисом в 1999 г. Используя статистические данные с 1963 по 1994 г., ученые попытались оценить динамику величины теневой экономики в Новой Зеландии за указанный интервал времени. Из показателей, определяющих уровень теневой экономики авторы использовали всего два. Первый из них – эффективная налоговая ставка (the effective tax rate), которая равна доле собираемых государством налогов от ВВП Новой Зеландии, второй – индекс, который отражает степень государственного управления в масштабах экономики (an index that reflects an economy-wide level of regulation). Несмотря на немногочисленность выбранных показателей, оценка уровня теневой экономики методом, основанным на нечеткой логике, показала высокую степень корреляции с результатами, полученными на основе стандартного регрессионного анализа. Это в очередной раз доказывает, что нечетко-множественные модели очень просты в построении и дают достоверные результаты даже в условиях высокой неопределенности.

Довольно быстро экономические приложения теории нечетких множеств образовали самостоятельное научное направление. Была создана Международная ассоциация SIGEF (International Association for Fuzzy Set Management & Economy) [19] со штаб – квартирой в Барселоне, которая регулярно апробирует новые результаты в области нечетко-множественных экономических исследований, проводя ежегодные конференции и публикуя журнал Fuzzy Economic Review.

Однако стоит отметить, что большинство перечисленных выше работ было опубликовано за рубежом и лишь совсем недавно (конец 90-х гг.) со стороны отечественной научной элиты появился интерес к исследованиям в области экономики, бизнеса и финансов, которые построены на нечетких принципах. Только сейчас исследования возобновляются и, более того, приобретают отчетливую рыночную направленность. Формируется новая международная научная школа на бывшем постсоветском пространстве, куда входят исследователи из Белоруссии, Украины, Москвы, Санкт-Петербурга, других городов России. В октябре 2002 г. состоялась Международная конференция в Минске [34], где целая секция была посвящена нечетко-множественным исследованиям в экономике. С 17 по 20 июня 2004 г. в Санкт-Петербурге состоялась Международная научно-практическая конференция «Нечеткие множества и мягкие вычисления в экономике и финансах», на которой было представлено свыше 60 докладов ученых более чем из 20 стран мира [41].

Результаты конференции показали, что в мировом научном сообществе накоплен огромный запас знаний по применению нечетких множеств и мягких вычислений в экономических и финансовых задачах. Однако степень реализованности этих знаний оставляет желать лучшего. По мнению большинства лиц, принимающих решения о финансировании соответствующих проектов, нечеткие приложения были и остаются некоторой экзотикой. Более того: в силу относительной новизны направления многие чиновники, от которых зависит судьба соответствующих проектов, не имеют даже слабого представления о том, что такое нечеткие множества и мягкие вычисления.

Большим достижением для России в области нечетко-множественного анализа и моделирования можно считать то, что программные продукты, содержащие элементы нечеткой логики, созданные отечественными учеными, уже начали продаваться. Так, Пенсионный фонд РФ приобрел решение по оптимизации фондового портфеля от Siemens Business Services Russia, научную основу этого решения составили разработки доктора экономических наук А.О. Недосекина, являющегося главным консультантом и бизнес-аналитиком департамента программных проектов вышеуказанной организации.

Стоит отметить ученых, внесших огромный вклад в развитие данного научного направления в России в последние годы: А.О. Недосекин [39, 37, 42, 38, 47, 43, 40, 46, 48, 49, 44, 45, 50], А.Овсянко.

[37], К.И. Воронов [47], О.Б. Максимов [48, 49], Г.С. Павлов [49], С.Н. Фролов [50].

Следующим важным шагом в развитии данной науки для России можно считать регистрацию российского представительства лаборатории международных нечетко-множественных исследований в области экономики IFEL Rus (International Fuzzy Economics Lab) со штаб-квартирой в Москве в конце прошлого года и регистрацию лабораторией своего собственного печатного издания научно-практической направленности – журнала «Банки и Риски».

Начиная с 1995 г., на российском рынке стали появляться программные продукты для персональных компьютеров, рассчитанные на их массовое использование. Именно с этого момента большинство повседневных задач, в которых возникает необходимость приближенного задания условий и соответственно получения столь же приближенных результатов, стало возможным быстро и с приемлемой точностью решать, не прибегая к помощи программистов. Математический аппарат, предоставляющий такие возможности, детально описанный в специальной литературе и в полной мере реализованный в программных пакетах, спрятан «за кадром», что делает процесс освоения этих инструментов более доступным и интуитивно понятным для любого пользователя.

В России наибольшую популярность получили следующие программные продукты: FuziCalc фирмы FuziWare; CubiCalc фирмы HiperLogic и Matlab фирмы SoftLine.

Быстрые вычисления при нечетком задании исходных данных позволяет производить электронная таблица FuziCalc. Пакет FuziCalc сравнительно молод (1995 г.), но успел завоевать популярность как недорогой инструмент, позволяющий проводить быстрые (прикидочные) расчеты в различных областях бизнеса и получать результаты с вполне приемлемой степенью точности.

Пакет CubiCalc хорошо известен специалистам, занимающимся задачами динамического управления. Эффективность применения CubiCalc в данных задачах такова, что министерство обороны США до недавнего времени накладывало жесткие ограничения на распространение этого пакета, чтобы новые американские технологии не повышали чужой военно-промышленный потенциал.

Также с помощью Cubi Calc успешно решаются задачи динамического управления в финансовом планировании, управления технологическими процессами, моделирования экономических процессов с постоянно изменяющимися параметрами, сравнительно-

оценочные задачи. А с помощью пакета Matlab успешно решаются как небольшие задачи, так и задачи динамического управления.

Нечеткая логика, созданная в 60-х гг. профессором Лотфи А. Заде, развитая Бартом Коско и другими учеными, впервые воплощенная американскими фирмами в коммерческие системы управления сложными технологическими процессами, успела за свой почти полувековой период существования родиться три раза. Данная область знаний является одним из немногих научных направлений, когда-либо созданных в США, развитых в Японии и вновь признанных американцами уже после безнадежной утраты стратегической инициативы. Второе рождение нечеткой логики способствовало появлению нового научного направления в рамках данной науки – исследований в области экономического и финансового анализа, основанных на нечеткой логике (Fuzzy Economics).

Анализ состояния теории нечетких множеств показывает, что до недавнего времени в России почти полностью отсутствовали исследования в области экономики и финансов с использованием нечетко-множественного анализа и прогнозирования, хотя к этому времени уже были созданы все необходимые предпосылки для моделирования финансовых систем. Текущая ситуация в России характеризуется высокой степенью отставания науки от запросов государственного и коммерческого менеджмента. Нечеткие множества практически не применялись до настоящего времени для финансового анализа и планирования корпораций, оценки инвестиционной привлекательности ценных бумаг, для оптимизации фондового портфеля, прогнозирования фондовых индексов и макроэкономических индексов. Можно говорить и о недостаточности программных средств, основанных на нечетких моделях, хотя за рубежом такие программные продукты и информационные технологии, решающие экономические задачи с применением нечетко-множественных и родственных им описаний, уже существуют.

Таким образом, налицо серьезное отставание российской науки и практики в нечетко-множественном моделировании, применяемом при анализе и прогнозировании экономических явлений и процессов, от зарубежного уровня исследований и прикладных результатов.

Все вышесказанное особенно справедливо в отношении экономической специфики постперестроечной России, где капиталистические отношения существуют не более 20 лет, что не позволяет анализировать ряды статистических данных традиционными способами в силу существенной нестационарности соответствующих случайных процессов.

У российского бизнеса (особенно крупного) постоянно возникают новые проблемы, которые требуют адекватной научной постановки и разрешения. Часто российские специалисты на местах сталкиваются с такими проблемами, которые не имеют апробированного мирового решения, потому что тесно связаны с российской спецификой ведения дел. Но сегодняшняя экономическая наука в большинстве случаев не поспевает за бизнесом. На его запросы она в лучшем случае отписывается калькой с мыслей зарубежных авторов (обычно полувековой давности), которые в свое время тоже пытались отвечать на запросы бизнеса и тоже были не слишком к ним готовы.

Поэтому в этих информационных условиях считается наиболее целесообразным шире вовлекать в научный оборот методы анализа, базирующиеся на получении качественных оценок данных и приближенных рассуждений на этой основе. Отсюда вытекает необходимость и обоснованность разработки специальных методов исследования финансовых систем, которые, с одной стороны, в полной степени учитывали бы российские реалии организации и ведения бизнеса, а, с другой стороны, основывались на современных мировых направлениях экономической науки, одним из которых по праву считается направление нечетких множеств, мягких вычислений и приближенных рассуждений.

Список литературы

1. *Bojadziev G.* Fuzzy Logic for Business, Finance and Management // *Advances in Fuzzy Systems*. 1997. Vol. 12.
2. *Bojadziev G., Bojadziev M.* Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications// *World Scientific Pub Co*. 1996.
3. *Buckley J.* Personal Internet homepage. On site: <http://www.math.uab.edu/buckley/>
4. *Buckley J.* List of publications. On site: <http://www.math.uab.edu/buckley/pubs.html>.
5. *Buckley J.* Solving fuzzy equations in economics and finance // *Fuzzy Sets & Systems*. 1992. N 48.
6. *Buckley J.* The Fuzzy Mathematics of Finance // *Fuzzy Sets & Systems*. 1987. N 21.
7. *Couturier A., Fioleau B.* Debt Level and Company Efficiency: Independence or Implication? An Evaluation of Fuzzy Implication // *European Journal of Economic and Social Systems*. 2002. Vol.14, №1.

8. *Dimitras A.I., Slowinski R., Susmaga R., Zopounidis C.* Business Failure Prediction Using Rough Sets // European Journal of Operational Research. Vol. 114. 1999.
9. *Dimitras A.I., Zanakis S.H., Zopounidis C. A.* Survey of Business Failures with an Emphasis on Prediction Methods and Industrial Applications // European Journal of Operational Research. 1996. Vol. 90.
10. *Dimova L., Sevastjanov P., Sevastianov D.* Fuzzy Capital Budgeting: Investment Project Valuation and Optimization // Chenstohova Tech. Univercity Proceedings, 2001. Also on site: http://sedok.narod.ru/s_files/poland/DimSevSev2003.doc .
11. *Dourra H., Siy P.* Investment Using Technical Analysis and Fuzzy Logic // Fuzzy Sets and Systems. 2002. Vol. 127.
12. *Dubois D., Prade H.* Fuzzy Real Algebra: Some Results // Fuzzy Sets and Systems. 1979. Vol. 2.
13. *Dubois D., Prade H.* Fuzzy Sets and Systems. N.Y., Academic Press, 1980.
14. *Fuzzy Sets in Management, Economy and Marketing /Ed. By Zopounidis C. and oth. // World Scientific Pub Co. 2002.*
15. *Kaufmann A., Gupta M.* Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications// Van Nostrand Reinhold. 1991.
16. *Kosko Bart.* Fuzzy thinking // Hyperion. 1993. Vol. 5; *Kosko Bart.* Neural Networks and Fuzzy Systems // Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1991.
17. *Peray K.* Investing in mutual funds using fuzzy logic. St. Lucie Press, USA, 1999.
18. *Peray K.* Personal Internet homepage. On site: <http://ourworld.compuserve.com/homepages/peray/logicco.htm>.
19. SIGEF Association official website. On site: <http://gandalf.fcee.urv.es/sigef/english/frame.html> .
20. *Trippi R.R., Lee J.K.* Artificial Intelligence in Finance & Investing: State-of-the-Art Technologies for Securities Selection and Portfolio Management. Irwin Professional Publishing, 1995.
21. *Zadeh L.A.* Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility // Fuzzy Sets and Systems. 1978. Vol. 1, №1.

22. *Zadeh Lotfi*. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1973. SMC-3(1). January. P.28 – 44 .
23. *Zemankova-Leech M. and Abraham K.* Fuzzy Relational Data Bases: A Key to Expert Systems . Cologne: Verlag TUV Rheinland, 1984.
24. *Zimmerman H.* Fuzzy Sets Theory and Its Applications. Kluwer Academic Publishers, 2001.
25. *Аверкин А., Батыршин И.* Мягкие вычисления // Новости искусственного интеллекта. 1996. №3.
26. *Алексеев А. В.* Интерпретация и определение функций принадлежности нечетких множеств // Методы и системы принятия решений: сб. тр. / под ред. А. Н. Борисова. Рига, 1979.
27. *Алехина А. Э.* Принятие решений в финансовом анализе в условиях нестохастической неопределенности // Новости искусственного интеллекта. 2000. №3.
28. *Масалович А.* Нечеткая логика в бизнесе и финансах. <http://www.tora-centre.ru/library/fuzzy/fuzzy-.htm>
29. *Андрей Масалович.* Этот нечеткий, нечеткий мир // <http://www.tora-centre.ru/library/fuzzy/fuzzy.htm>
30. *Батыршин И.З.* Пресональная страница в Интернет. – На сайте: <http://fuzzy.kstu.ru/rus1.htm>.
31. Введение в нечеткую логику. Теория и практика. // <http://fuzzyfly.chat.ru/index.htm>
32. *Гунин Г.А.* Особенности практического применения искусственных нейронных сетей к прогнозу финансовых временных рядов// Экономическая кибернетика: системный анализ в экономике и управлении. 2001.
33. *Давыдова Г.В., Беликов А.Ю.* Методика количественной оценки риска банкротства предприятий // *Управление риском*. 1999. № 3, С. 13-20. - Также на сайте: http://sedok.narod.ru/s_files/irkutsk.htm
34. *Конференция NITE-2002.* – VRL: <http://nite.unibel.by/> .
35. *Кофман А., Хил Алуха Х.* Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями. Минск: Вышэйшая школа, 1992.

36. *Модели принятия решений на основе лингвистической переменной* / А.Н.Борисов и др. Рига: Зинатне, 1982 .
37. *Недосекин А. О., Овсянко А.Н.* Нечетко-множественный подход в маркетинговых исследованиях. [Электронный адрес] VRL : <http://www.aup.ru/articles/marketing/15.htm> , <http://www.vmggroup.sp.ru/>
38. *Недосекин А.О.* Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. СПб.: Изд – во « Сезам », 2002; VRL : http://sedok.narod.ru/sc_group.html
39. *Недосекин А.О.* Нечетко-множественный анализ фондовых инвестиций. СПб: Изд-во « Сезам », 2002. 181 с; [Электронный ресурс].VRL: <http://sedok.narod.ru/index.html>
40. *Недосекин А.О.* Оценка риска инвестиций по NPV произвольно-нечеткой формы. [Электронный ресурс].VRL: http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_100303.doc
41. *Недосекин А.О.* Персональная страница в Интернете. VRL: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
42. *Недосекин А.О.* Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ. 2000. №2. VRL: http://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08_shtml - Также на сайте http://sedok.narod.ru/sc_group.html
43. *Недосекин А.О.* Простейшая оценка риска инвестиционного проекта // Современные аспекты экономики. 2002. № 11. VRL: http://sedok.narod.ru/s_files/Art_15_2002.doc
44. *Недосекин А.О.* Финансовый анализ в условиях неопределенности: вероятности или нечеткие множества? 1999. [Электронный документ] VRL: <http://www.vmggroup.ru/>, <http://www.cfin.ru/analysis>, <http://www.delovoy.newmail.ru/analitic/3.htm> .
45. *Недосекин А.О.* Финансовый экспресс-анализ российского рынка акций (2002 год) //Аудит и финансовый анализ. 2002.№3. VRL: http://sedok.narod.ru/sc_group_2002.html
46. *Недосекин А.О.* Фондовый менеджмент в расплывчатых условиях. СПб.; Изд – во « Сезам », 2003; VRL: <http://sedok.narod.ru>
47. *Недосекин А.О., Воронов К.И.* Новый показатель оценки риска инвестиций. 1999.: <http://www.vmggroup.sp.ru/> ; <http://www.cfin.ru/analysis>; <http://www.delovoy.newmail.ru/analitic/3.htm>

48. *Недосекин А.О., Максимов О.Б.* Новый комплексный показатель оценки финансового состояния предприятия. [Электронный документ] VRL <http://www.vmgroun.ru/Win/index1.htm>
49. *Недосекин А.О., Максимов О.Б., Павлов Г.С.* Анализ риска банкротства предприятия: методическое указание по курсу «Антикризисное управление». [Электронный документ] VRL: http://sedok.narod.ru/sc_group_2002.html
50. *Недосекин А.О., Фролов С.Н.* Лингвистический анализ гистограмм экономических факторов. [Электронный документ] VRL: http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_040703.doc
51. *Орлов А.И.* Задачи оптимизации и нечеткие переменные. М.: Знание, 1980.
52. *Орловский С.А.* Проблемы принятия решений при нечеткой информации. М.:Наука, 1981.
53. *Подиновский В.В.* Коэффициенты важности критериев в задачах принятия решений. Порядковые или ординальные коэффициенты важности // Автоматика и телемеханика. 1978. N 10.
54. *Поспелов Д.А.* Моделирование рассуждений. М.: Радио и связь, 1989.
55. *Поспелов Д.С.* «Серые» и/или «черно-белые» [шкалы]// Прикладная эргономика. Спец. выпуск. Рефлексивные процессы. 1994. - №1.
56. *Рыжов А.П.* Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости. М.:Диалог-МГУ, 1998.
57. *Хил Лафуенте А.М.* Финансовый анализ в условиях неопределенности. Минск, Тэхнолoгiя, 1998.