

Применение нечетких множеств в бизнесе, экономике и финансах

Недосекин Алексей Олегович, ст. консультант Сименс Бизнес Сервисез Россия, д.э.н., к.т.н.

[Послесловие к конференции FSSCEF-2004]

Введение

Еще до самого последнего времени применение нечетких формализмов в ходе решения экономических задач рассматривалось традиционными экономистами как некоторое новомодное излишество. Но сегодня можно говорить о переломе в оценке этой научной ситуации. А свидетельством перелома явилась международная конференция «Нечеткие множества и мягкие вычисления в экономике и финансах» (FSSCEF-2004 [1]), которая прошла в Санкт-Петербурге с 17 по 20 июня 2004 года. Автор настоящего сообщения играл роль председателя организационного комитета FSSCEF-2004 и в течение года, совместно с профессором И.З.Батыршиным, готовил конференцию, принимая на свой почтовый ящик доклады более чем из 20 стран мира.

Можно себе представить, с каким затруднением находили себе место в экономическом анализе субъективные вероятности, обоснованные де Финетти, Сэвиджем, Кайбергом и другими. И не приходится сомневаться, что первые попытки внедрить субъективные вероятности в экономический обиход попали под огонь убийственной критики в несостоятельности и в слабой математической обоснованности. Аналогичным образом невежды от науки пытались смешать с грязью в свое время и работы Лотфи Заде. И лишь практика использования субъективных вероятностей в военных и энергетических приложениях (Нейман, Моргенштерн, Кини, Райфа и др.), практика построения нечетких контроллеров (Мамдани, Сугено и др.) и другие исследования со столь же впечатляющим выходом заставили злые языки замолчать.

Таким образом, дело, собственно, за малым. Чтобы совершенно снять все сомнения в эффективности и корректности использования нечетких экономических моделей, необходимо развернуть полномасштабную программу «нечетких» исследований, направленную на достижение экономикой России качественно нового уровня самосознания. В чем же состоит такое новое осознание, новый взгляд на старые проблемы? Я, пожалуй, сформулирую несколько вопросов, ответы на которые не смогут быть получены в рамках классической парадигмы экономического анализа. Вот эти вопросы:

- Сколько стоит в России недвижимость?

- Какое соотношение «цена-доход» по российским акциям является приемлемым сегодня для того, чтобы осуществлять долгосрочные инвестиции в эти акции?
- Насколько далеко отстоят российские предприятия от банкротства, насколько они кредитоспособны в принципе?
- Насколько проблемны российские банки?
- Как сделать стратегические цели корпорации измеримыми?
- Как оценивать эффект от внедрения корпоративных информационных систем?
- Какова степень риска прямых инвестиций в российскую экономику?
- Можно ли получить обоснованные прогнозы российских рынков капитала, хотя бы на ближайшие 3-5 лет?

Ответы на эти вопросы могут быть получены, если будет создана и в течение 1-2 лет минимально профинансирована территориально распределенная рабочая группа исследователей в области Fuzzy Sets & Soft Computing. Специалистов по направлению «Нечеткие множества в экономике» в России можно пересчитать по пальцам одной руки, так что все персоналии, которые потенциально могут быть участниками проекта, известны заранее.

Далее по тексту настоящего сообщения я сделаю краткую отсылку на уже полученные результаты в рамках соответствующих исследований под эгидой Сименс Бизнес Сервисез Россия, которые проведены мною лично и в соавторстве с рядом российских ученых. Для меня, например, очевидно, что корпус излагаемых далее идей и подходов составляет самодостаточный научный задел для проведения обозначенных выше исследований и получения внятных ответов на поставленные вопросы.

1. Три главные идеи, которые востребованы в 80% случаев

1.1. Идея 1. Нечеткая классификация

Все уровни экономических параметров могут измеряться не только количественно, но и качественно. Для этого необходимо определить лингвистическую переменную «Уровень параметра X», носителем которой является область определения параметра X, а терм-множество значений составляют нечеткие подмножества «*Очень низкий уровень, Низкий уровень, Средний уровень, Высокий уровень, Очень высокий уровень*» параметра X. Эта пенташкала является оптимальной в большинстве случаев, но в ряде случаев целесообразно использовать простейший случай бинарной шкалы типа «*Высокий, Низкий*» или «*Плохой, Хороший*».

Для пенташкалы необходимо построить систему функций принадлежности носителя X соответствующим нечетким подмножествам. Опять же, простейшим способом задания является система трапециевидных нечетких чисел (рис. 1).

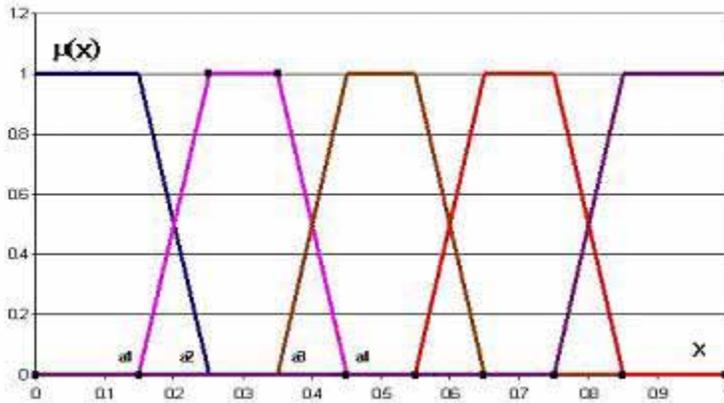


Рис. 1. Пенташкала на трапециевидных нечетких числах

Непротиворечивость такого классификатора достигается, если он является серой шкалой в смысле Пospелова. В этом случае все соседние трапеции шкалы пересекаются друг с другом в точке с ординатой 0.5. Тогда нарастание силы одного из качественных признаков сопряжено с соответствующим убыванием (в том же темпе) смежного качественного признака, а в точке $\mu = 0.5$ достигается максимум информационной неопределенности, и в ней соседние качественные свойства обладают одинаковой силой (различимостью).

Посередине верхних оснований трапеций классификатора (гранулятора) можно отметить точки, абсциссы которых назовем здесь **узловыми точками**. Эти числа могут использоваться в дальнейшем как система весов при агрегировании нечетко определенных данных. Например, для рис. 1 узловые точки образуют вектор

$$Y = (0.075, 0.3, 0.5, 0.7, 0.925). \quad (1)$$

В результате нечеткой классификации можно каждой точке на области определения носителя X сопоставить вектор $\mathbf{M}_X = \mathbf{M}_X(\mu_1, \dots, \mu_n)$, где n – число гранул шкалы (в описанном случае $n=5$), μ_i – значение уровня принадлежности носителя X i -ой грануле. Причем для серой шкалы Пospелова выполняется

$$\sum_{i=1}^n \mu_i = 1, \quad (2)$$

т.к. шкала Пospелова – непротиворечивый и полный классификатор.

Например, для случая рис. 1 выполняется

$$\mathbf{M}_{0.1} = (1, 0, 0, 0, 0), \mathbf{M}_{0.2} = (0.5, 0.5, 0, 0, 0), \mathbf{M}_{0.3} = (0, 1, 0, 0, 0) \dots \quad (3)$$

Соотношение (2) как раз и выражает результат нечеткого распознавания уровня носителя X , что оказывается полезным для дальнейшего.

Остается один – и самый главный – вопрос: как строить классификатор, на каких основаниях. Таких оснований – множество, большая часть из них имеет экспертную природу. Но в ряде случаев на помощь приходят и объективные данные, например, гистограммы экономических факторов (рис. 2), построенные на данных, которые, может быть, не являются однородными и не имеют отчетливо выраженной статистической природы, но дают основания для нечеткой классификации, с опорой на экспертную активность. Такие гистограммы представляют собой квазистатистику (как я это называю).

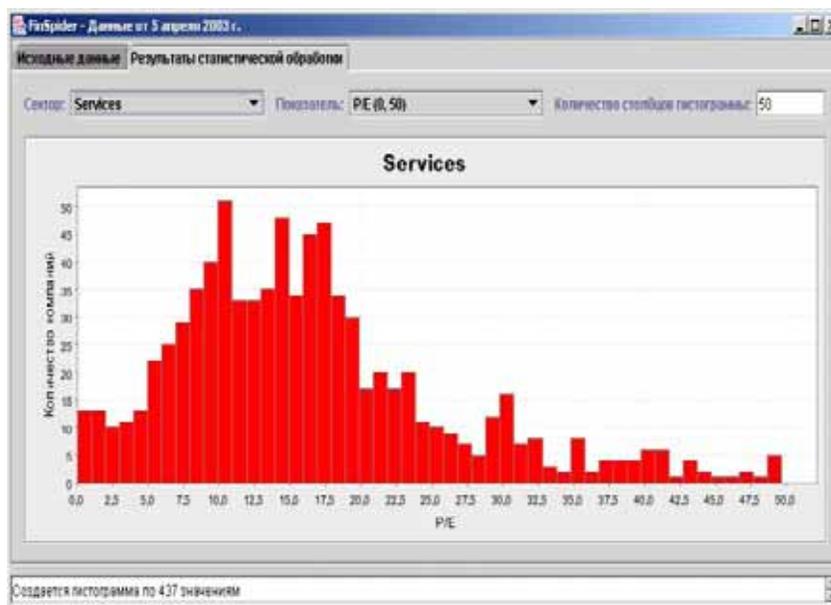


Рис. 2. Гистограмма фактора цена-доход

Резюме по идее 1: мы должны уметь проводить лингвистическую классификацию экономических параметров

1.2. Идея 2. Квалиметрия на базе агрегирования иерархий факторов

Пусть некоторое свойство экономического объекта (финансовая устойчивость предприятия, инвестиционная привлекательность ценной бумаги, уровень менеджмента управляющей компании, рыночная привлекательность пятна под застройку и т.п.) может быть представлено как древовидная иерархия факторов (рис. 3), причем:

- в рамках иерархии определены системы отношения предпочтения одних подсвойств другим для одного уровня иерархии;

- подсвойства, составляющие низовые звенья иерархии, могут быть измерены как количественно, так и качественно (в том числе словесно).

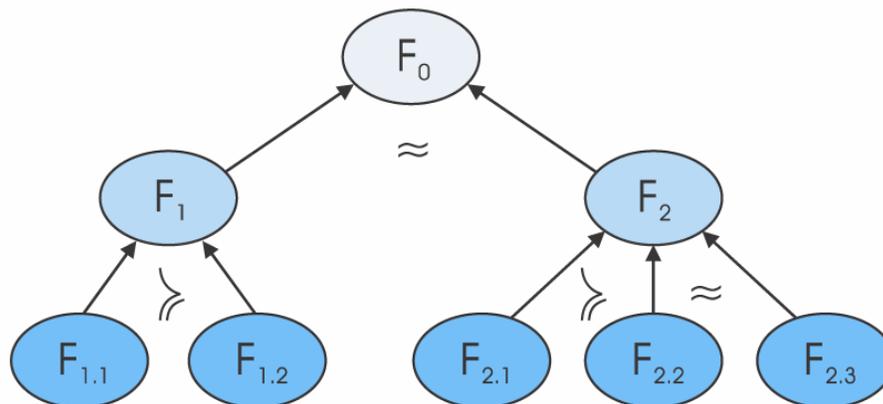


Рис. 3. Древоидная иерархия свойств

В этом случае, можно осуществить комплексную оценку силы базового свойства, если:

- производить все измерения на качественном базисе, производя нечеткую классификацию количественных факторов по схеме, изложенной выше;
- для моделирования систем предпочтения применять системы весов Саати или Фишберна;
- производить комплексирование качественных уровней факторов в рамках двумерной свертки, где одной из систем весов выступают веса факторов, а другой системой весов – узловые точки классификатора вида (1).

Когда уровень силы комплексного свойства, нормированный на некотором стандартном носителе (например, 01-интервал), получен, можно произвести распознавание качественного уровня данного комплексного свойства на основе соответствующего нечеткого классификатора.

Также, на основании полученной оценки качества, можно производить сопряженный анализ качества объекта и некоторых дополнительных его свойств (например, цены), чтобы выделять такие объекты, для которых достигается, например, максимум качества при фиксированной цене, или, наоборот, минимум цены при фиксированном уровне качества. Выделенные объекты образуют множество Эджворта-Парето.

Резюме по идее 2: мы должны проводить квалиметрию объектов, чтобы оценивать уровень соответствующих свойств и сопоставительный анализ объектов в координатах «цена-качество», с построением множества Эджворта-Парето.

1.3. Идея 3. Финансовые потоки как нечеткие числа, нечеткие последовательности и нечеткие функции

Все финансовые бюджеты (организаций, проектов, процессов и т.д.) представляют собой ожидание будущих денежных потоков и их результатов. Чем дальше мы направляемся по оси времени в будущее, тем неопределеннее ожидания. Часто эта неопределенность проистекает не из отдаленности будущих событий, но из того, что будущие события не находятся в полной власти лиц, принимающих решения. Так, под полный контроль можно взять расходы по инвестиционному проекту. Однако невозможно взять под 100%-ый контроль проектную выручку, т.к. она складывается на рынке под воздействием ряда решений сторонних агентов.

Соответственно ожидаемые финансовые результаты должны быть размыты. В простейшем случае такое размытие носит интервальный характер, а произвольном случае можно представить ожидаемый денежный поток нечетким числом LR-вида. Соответственно, финансовые результаты, в том числе с поправкой на дисконтирование денежных потоков, также будут иметь LR-вид.

Если планирование денежных потоков производится в дискретном времени, то совокупность потоков и их результатов образует последовательность нечетких чисел. Если же планирование ведется в непрерывном времени, то следует говорить о нечетких функциях.

Можно производить сравнение полученных финансовых результатов с нормативами, которые могут иметь как четкий, так и нечеткий вид. В простейшем случае можно определить возможность того, что будущий финансовый результат будет хуже нормативных значений (риск срыва финансового плана).

Резюме по идее 2: мы должны моделировать финансовые потоки нечеткими числами, последовательностями и функциями. Это позволит нам оценивать риски финансовых решений.

2. Экономические задачи

Теперь можно перечислить характерные постановки экономических задач, где применение нечетких множеств достигает впечатляющих результатов.

2.1. Стратегическое планирование

Позиционировать бизнесы, описывать состояние рынков, конкурентоспособности, оценивать силы и слабости соответствующих бизнесов – все это в чистом виде

квалиметрические задачи, которые могут быть успешно поставлены и решены в нечеткой постановке. И именно на этом принципе работает система стратегического планирования, внедренная в российском региональном сообществе Сименс (автор принимал живейшее участие в создании этой системы в роли бизнес-аналитика).

2.2. Комплексный анализ состояния корпорации

Опять квалиметрическая задача. Искусство состоит в том, чтобы выделить факторы и оценить настроить их иерархию с соответствующими системами предпочтения. В простейшем случае, когда все факторы укладываются в вектор, тогда комплексная оценка достигается в ходе двумерного матричного агрегирования текущих качественных уровней факторов.

В рамках этого подхода оказывается возможным одновременно анализировать все стороны жизни корпорации (финансы, управление, процессы, удовлетворенность клиентов, стратегическое положение корпорации и т.д.).

2.3. Кредитоспособность заемщика банка

Задача, структура которой повторяет структуру задачи 2.2. В этом смысле успех выбора иерархии факторов кредитоспособности состоит в том, чтобы, анализируя кредитные истории, настроить иерархию так, чтобы провести оптимальную (с минимумом ошибок распознавания первого и второго рода) кластеризацию портфеля историй на кластеры успешных и неуспешных историй.

2.4. Оценка риска инвестиционного проекта [2]

Здесь и далее я цитирую только материалы конференции, входящие в состав сборника [1]. Если показатель эффективности проекта (NPV, IRR и т.д.) – нечеткое число LR-вида, и таким же образом описывается норматив ограничения на предельно допустимый уровень эффективности проекта, то можно оценить риск неэффективности инвестиционного проекта. Если проекты образуют портфель, то оптимальные проекты в этом портфеле образуют множество Эджворта-Парето в координатах «ожидаемая доходность – риск».

Соответствующий корпоративный риск-калькулятор внедрен в Сименс Бизнес Сервисез Россия.

2.5. Оптимизация фондового портфеля

Если доходность компоненты фондового портфеля – нечеткая случайная величина [3], то параметры соответствующих вероятностных распределений – нечеткие числа. Если и ковариационная матрица собрана на нечетких числах, то возможно записать классическую задачу Марковица в нечеткой постановке, решением которой будет эффективная граница портфельного множества как криволинейная полоса в координатах «риск-доходность». Программное решение, основанное на этом принципе, внедрено в Пенсионном фонде России [4].

Если рассматривать доходность актива как нечеткое число и пренебречь эффектом влияния ковариационной матрицы [5], то результирующая доходность портфеля – тоже нечеткое число. Если зафиксировать норматив предельно допустимой доходности портфеля, то можно, по аналогии с 2.4, оценить риск неэффективности портфеля. И тогда можно восстановить эффективную границу портфельного множества в координатах «ожидаемая доходность – риск неэффективности» портфеля.

2.6. Оценка инвестиционной привлекательности ценных бумаг

Квалиметрическая задача, где иерархия формируется на фундаментальных факторах ценных бумаг (отношение дивиденда-доход, отдача на инвестированный капитал, ликвидность активов, финансовая автономия эмитента и т.д.). Соответствующее исследование было проведено для долговых обязательств субъектов России, для ряда корпоративных акций и облигаций.

2.7. Прогнозирование фондовых индексов

Если построить макроэкономическую модель, где в качестве экзогенных факторов модели выступают прогнозные уровни макроэкономических параметров региона, где выпускаются ценные бумаги (ВВП, инфляция и т.д.), а в качестве выходов модели выступают фондовые индексы, то исходные прогнозы и связи между факторами внутри модели могут иметь нечеткий вид. Соответственно, результирующие прогнозы фондовых индексов имеют вид нечетких функций. Соответствующая прогнозная модель входит в состав программного решения для Пенсионного фонда РФ [4].

2.8. Выбор управляющей компании

Квалиметрическая задача типа 2.2. Решалась применительно к управлению пенсионными накоплениями в ходе реализации пенсионной реформы. Подробнее об этом на сайте www.stockportal.ru (Rus. ed. only).

2.9. Оценка недвижимости

Выбор земельного пятна под застройку, оценка стоимости дома или квартиры, анализ перспективности открытия торговой точки, оценка рациональных уровней «цена-доход» по объектам недвижимости – все это квалиметрические задачи, которые успешно решаются нашей исследовательской группой.

2.10. Транспортная логистика [6]

Если участки транспортной сети обладают нечеткой длительностью перевозки, то разумно выбирать маршрут, обладающий, с одной стороны, минимальной среднеожидаемой длительностью, а, с другой стороны, минимальным риском срыва плана по затратам на перевозку. Все соответствующие оптимальные маршруты образуют множество Эджворта-Парето.

2.11. Выбор корпоративной информационной системы [7]

Пример задачи, где квалиметрия производится сразу по нескольким разрезам (опционные эффекты от внедрения системы, информационные эффекты, хозяйственные риски). При этом появляется дополнительный уровень неопределенности, связанный с неточностью измерения качественных факторов. Соответственно, из портфеля всевозможных последовательностей внедрения модулей информационной системы можно выделить подмножество Эджворта-Парето, если рассматривать его в координатах «интегральный эффект – неопределенность измерения эффекта».

2.12. Анализ новостного фона

Сегодня на фондовых рынках все новости о ценных бумагах собираются и распределяются в соответствующих разделах информационных порталов в автоматическом режиме. Существуют технологии смыслового распознавания текста. Эти технологии могут быть дополнены технологиями нечеткой классификации новостей, с точки зрения их а) полезности для получателя

новостей; б) уровня тревожности относительно состояния эмитента ценной бумаги. Обе эти задачи по существу являются квалитметрическими.

Заключение

Россия находится только в самом начале периода полноценных экономических исследований своей рыночной экономики (да и сам рынок в России существует всего лишь порядка 20 лет). Начинают появляться информационные ресурсы, в рамках которых агрегируется информация о деятельности нескольких тысяч российских корпораций. Весь этот накопленный объем данных всерьез еще никем не исследовался, - да и не было представления о том, как все это многообразие количественной и качественной информации можно анализировать в одном ключе. Сегодня такой подход к анализу экономических данных наконец сформировался - подход Fuzzy Economics. Дело лишь за тем, чтобы на основе разработанной методологии создать интеллектуальные информационные системы, производящие анализ данных и выработку оптимальных экономических решений.

Источники

1. FSSCEF-2004 proceedings. – On site: <http://fsscef.narod.ru> .
2. Nedosekin A., Kokosh A. Investment Risk Estimation for Arbitrary Fuzzy Factors of Investments Project (p. 423).
3. Yazenin A.V. Optimization with Fuzzy Random Data and its Application in Financial Analysis (p. 16).
4. Alpatsky V.V. and Nedosekin A.O. Portfolio Optimization System (Siemens Business Services Russia) (p.403).
5. Nedosekin A., Korchunov V. A New Approach to Optimizing Portfolio Funding in a Fuzzy Environment (p.474).
6. Karpov Y., Lyubimov B., Nedosekin A. The Solution of Transport Problem in Fuzzy Statement on the Basis of Platform (p. 557).
7. Korolkov M., Nedosekin A., Segeda A. How to Select a Corporate Information System Using Fuzzy Sets (p. 521).