

## АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКА КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ ЗАЕМЩИКОВ – ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Юрий Зайченко, Ови Нафас Агаи аг Гамиш

**Аннотация:** В работе рассматривается проблема анализа финансового состояния корпораций и прогнозирования кредитоспособности заемщиков в условиях неопределенности и риска. Описан классический скоринговый метод. Предложено применение нечетких нейронных сетей с алгоритмами Мамдани и Цукамото для анализа кредитоспособности. Разработана база нечетких правил. Приводятся результаты экспериментальных исследований применения ННС и сравнительный анализ их эффективности со скоринговым методом.

**Ключевые слова:** кредитоспособность, прогнозирование, финансовый анализ, нечеткие нейронные сети, скоринговый метод.

---

### Введение

В современной экономике проблема анализа финансового состояния корпораций и оценка их кредитоспособности играет исключительно важную роль. на основе этого анализа должен решаться вопрос о предоставлении или не предоставлении соответствующего кредита банком. При этом неизбежно возникают риски кредитования. При определении кредитоспособности корпораций возможны 2 вида ошибок. Ошибка первого рода – когда предприятию с хорошим финансовым состоянием отказывают в кредите. Соответствующий риск называется коммерческим и представляет собой упущенную выгоду банков-кредиторов. Ошибки второго рода возникают в случаях, когда предприятие – потенциальный банкрот получает кредит, соответствующий риск носит название кредитного и представляет прямые потери банка-кредитора. В настоящее время существует несколько общепризнанных классических методов и методик оценки кредитоспособности заемщиков - юридических лиц. Наиболее известной и общепринятой является скоринговая модель, основанная на оценке финансового состояния заемщиков и оценке вероятности дефолта.

Целью данной работы является рассмотрение и сравнительный анализ методов оценки кредитоспособности заемщика в условиях неопределенности и неполноты исходной информации:

- Классический анализ кредитоспособности (четкий метод);
- Анализ с помощью нечеткой логики, используя нечеткие нейронные сети.

---

### Скоринговая модель оценки кредитных рисков заемщиков

Кредитный риск – это возможность потерь вследствие неспособности или нежелания контрагента выполнить свои контрактные обязательства.

Данный риск присутствует во всех видах деятельности банка, где результат зависит от действий контрагента, эмитента или заемщика. Он возникает каждый раз, когда банк предоставляет (берет обязательство о предоставлении), инвестирует средства или другим образом рискует ими согласно условиям договоров независимо от того, где отображается операция – в балансе или вне его. Для

кредитора последствия невыполнения обязательств измеряются потерей основной суммы задолженности и невыплаченных процентов за вычетом суммы восстановленных денежных средств.

Целесообразно кредитный риск разделить на *индивидуальный* и *портфельный* [Зайченко, 2010].

Источником индивидуального кредитного риска является отдельный контрагент банка. Соответственно, оценка индивидуального кредитного риска предусматривает оценку кредитоспособности отдельного контрагента, т.е. его индивидуальную способность своевременно и в полном объеме рассчитаться по принятым обязательствам.

Портфельный кредитный риск проявляется в уменьшении стоимости активов банка. Источник портфельного кредитного риска – совокупная задолженность перед банком по операциям, которым свойственен кредитный риск (кредитный портфель, портфель ценных бумаг, портфель дебиторской задолженности и т.п.). Оценка портфельного кредитного риска предусматривает оценку концентрации и диверсификации активов банка.

Рассмотрим сначала распространенный классический подход к анализу кредитоспособности заемщика [Зайченко, 2010], основной целью которого является классификация потенциальных заемщиков по степени риска неплатежеспособности. Количество групп риска выбирается произвольно с учетом числа градаций, по которым необходимо осуществить распределение кредитов (например, 10, 8, 6 групп и т. п.) При этом нежелательно выбирать большое количество групп, поскольку грани между ними стираются, и возникают трудности при классификации ссуд.

Согласно этому подходу, процесс оценивания кредитного риска заключается в оценке:

- Кредитоспособности заемщика;
- Риска кредитного продукта.

При **анализе кредитоспособности заемщика** можно выделить несколько этапов [Зайченко, 2010]:

1. *Первый этап* (самый важный)

Комплексный анализ финансового состояния заемщика:

- 1) Анализ структуры активов и пассивов (заемные средства предприятия группируются по степени их напряженности, а активы — по степени их ликвидности.
- 2) Анализ денежных потоков.
- 3) Анализ финансовой устойчивости предприятия.
- 4) Оценка эффективности деятельности предприятия.

Для оценки финансового состояния предприятия используются следующие основные аналитические коэффициенты [Зайченко, 2010]:

1. *Коэффициент текущей ликвидности или коэффициент покрытия* =

$$\frac{\text{Оборотные средства}}{\text{Краткосрочная кредиторская задолженность}}$$

(характеризует платежеспособность предприятия в период, равный средней продолжительности одного оборота краткосрочной дебиторской задолженности)

2. *Коэффициент быстрой ликвидности* =

$$\frac{\text{Денежные средства} + \text{Дебиторская задолженность} + \text{Прочие ликвидные активы}}{\text{Краткосрочная кредиторская задолженность}}$$

(показывает возможности предприятия по погашению текущих обязательств за счет наиболее ликвидных активов).

3. *Коэффициент напряженности обязательств* =

$$\frac{\text{Краткосрочная кредиторская задолженность}}{\text{Дневная выручка от реализации}}$$

(указывает на долю текущих обязательств в дневном обороте заемщика).

4. *Коэффициент финансовой независимости* =

$$\frac{\text{Собственные средства}}{\text{Заемные средства}}$$

(характеризует уровень собственных средств предприятия).

5. *Коэффициент обеспеченности покрытия* =

$$\frac{\text{Собственные оборотные средства}}{\text{Оборотные средства}}$$

(показывает долю собственных оборотных средств в оборотном капитале)

6. *Коэффициент рентабельности продаж* =

$$\frac{\text{Прибыль от реализации}}{\text{Выручка от реализации}}$$

(показывает эффективность основной деятельности предприятия за данный период времени).

7. *Коэффициент оборачиваемости* =

$$\frac{\text{Всего активов}}{\text{Выручка от реализации}}$$

(показывает скорость оборота активов предприятия за определенный период времени).

Рассчитанные значения коэффициентов для потенциального заемщика сравниваются со среднеотраслевыми или нормативными значениями. По результатам сравнения делается вывод о текущем финансовом положении заемщика.

При анализе кредитоспособности заемщика крайне важно оценить качество финансовой отчетности, т.е. обратить внимание на согласованность финансовой отчетности, на наличие расхождений или неточностей в расчетах, а также на наличие аудиторского заключения.

2. *Второй этап*

Анализ деятельности высшего управленческого звена предприятия-заемщика посредством экспертной оценки уровня его профессионализма, компетентности, используемых стратегий и достигнутых результатов.

3. *Третий этап*

Анализ отрасли, к которой принадлежит данное предприятие, а также позиции предприятия на рынке по отношению к конкурентам по отрасли.

4. *Четвертый этап*

На завершающем этапе оценивается страновой риск, т.е. проводится анализ текущей ситуации и перспектив развития в экономической и политической сферах, возможных изменений политики регулирующих органов и т. д.

На основании проведенного комплексного анализа заемщик относится к одной из групп риска, другими словами заемщику присваивается **кредитный рейтинг**.

Кредитный рейтинг представляет собой интегральную оценку финансовой устойчивости и платежеспособности страны, заемщика или отдельного кредитного продукта. Рейтинг выражает мнение агентства относительно будущей способности и намерения заемщика осуществлять выплаты кредиторам в погашение основной суммы задолженности и процентов по ней своевременно и в полном объеме.

Кредитные рейтинги отражают объективную оценку вероятности дефолта и используются для определения характера инвестиций.

После этого оценивается **группа риска кредитного продукта**. Следующие факторы влияют на группу риска кредитного продукта:

1. Срок кредитного продукта (Точность прогноза финансового состояния предприятия на относительно короткие периоды времени намного выше, чем на продолжительные. Следовательно, чем меньше срок до погашения кредитного продукта, тем ниже риск, и наоборот).
2. Ставка процента.
3. Условия предоставления кредита или ограничения, наложенные на заемщика при предоставлении кредита.
4. Первостепенное влияние на группу риска кредитного продукта оказывает обеспечение по кредиту (гарантирует возврат, как правило, части денежных средств).

Для осуществления оценки финансового состояния заемщика (юридического лица) банк должен учитывать такие основные показатели его деятельности:

- Платежеспособность (коэффициент текущей, мгновенной, общей ликвидности);
- Финансовая стойкость;
- Объем реализации;
- Обороты за счетами;
- Себестоимость продукции в динамике;
- Состав и динамика дебет-кредитной задолженности за последний отчетный и текущий годы.

В соответствии с требованиями "Положения о порядке формирования и использования резерва для возмещения возможных потерь по кредитным операциям банков", банки, анализируя платежеспособность, обязательно рассчитывают коэффициенты мгновенной, текущей и общей ликвидности [Зайченко, 2010].

Например, коэффициент общей ликвидности показывает соотношение всех оборотных активов предприятия и его текущих обязательств (оптимальное теоретическое значение - не менее 2,0). Если значение показателя является больше 1,5 - предприятие является платежеспособным и его качественные показатели подтверждают тенденцию дальнейшего экономического развития.

Коэффициент текущей ликвидности рассчитывают делением суммы ликвидных активов на текущие обязательства предприятия (нормативное значение показателя - 0,5). Этот коэффициент дает общую оценку платежеспособности предприятия.

Коэффициент мгновенной ликвидности показывает, какая часть текущих обязательств может быть погашена немедленно, то есть за счет высоколиквидных активов (нормативное значение коэффициента - не менее 0,2).

Очень высокие значения коэффициентов ликвидности оцениваются негативно, как и слишком низкие, поскольку это свидетельствует о нерациональном использовании средств или высоком уровне дебиторской задолженности, которая в будущем может привести к ухудшению финансовых показателей деятельности.

**Коэффициент общей ликвидности** (Оборотные активы / Текущие обязательства)

$$КЛ1 = A_0 / Z_п \geq 2,0 \text{ (} A_0 \text{ - активы оборотные, } Z_п \text{ - текущие (краткосрочные) обязательства).}$$

**Коэффициент текущей ликвидности** ([Денежные средства и их эквиваленты, текущие финансовые инвестиции, дебиторская задолженность] / Текущие обязательства)

$$КЛ2 = A_л / Z_п \geq 0,5 \text{ (} A_л \text{ - ликвидные активы).}$$

**Коэффициент мгновенной ликвидности** (Денежные средства и их эквиваленты / Текущие обязательства)  $КЛ3 = A_в / Z_п \geq 0,2$  (  $A_в$ - активы высоколиквидные).

Следующая группа показателей, которые анализируются банковскими учреждениями в процессе принятия решения о кредитовании - показатели финансовой стойкости. Они отображают структуру капитала, соотношения собственных и привлеченных средств в формировании ресурсов предприятия, выясняя его зависимость от тех или других источников средств, а соответственно, и возможность погашать задолженность.

Коммерческие банки рассчитывают коэффициент независимости, коэффициент маневренности собственных средств, коэффициент автономности и коэффициент финансовой зависимости (концентрации ссудного капитала).

**Финансовая стойкость:**

1. Коэффициент маневренности собственных средств ((Собственный капитал - Необоротные активы) / Собственный капитал);
2. Коэффициент независимости (Привлеченные средства / Собственный капитал);
3. Коэффициент автономности (Собственный капитал / Валюта баланса);
4. Коэффициент финансовой независимости (Привлеченный капитал / Итог баланса);
5. Чистый рабочий капитал (Оборотные активы - Текущие обязательства).

*Коэффициент автономности* (оптимальное значение - больше 0,5) дает возможность оценить часть владельцев в общей стоимости имущества предприятия. Этот показатель характеризует заемщика в перспективе, дает качественную картину финансовой стойкости предприятия.

*Коэффициент концентрации ссудного капитала* (оптимальное значение - менее 0,5) характеризует часть ссудных средств в общей сумме средств, вложенных в имущество предприятия. Чем ниже этот показатель, тем меньшая задолженность предприятия и тем более стойко его положение.

*Коэффициент независимости* характеризует степень финансового риска, то есть соотношение ссудного и собственного капитала (оптимальное теоретическое значение - не больше 1,0).

*Коэффициент маневренности собственных средств* (оптимальное значение показателя - не менее 0,5) характеризует величину собственного капитала, направленную на пополнение оборотных средств. Значительная часть таких средств позволяет характеризовать состояние предприятия как финансово стойкое.

**Показатели деловой активности.**

*Показатели деловой активности и рентабельности* позволяют банку оценить эффективность использования предприятием своих активов.

Коэффициент оборотности активов является одним из важнейших показателей эффективности использования капитала и указывает на скорость его перехода из стадии производственных запасов в готовую продукцию и скорость превращения продукции в непосредственно денежную форму.

Банки анализируют также коэффициент оборотности материальных запасов, который характеризует соответствие товарных запасов объемам реализации, показывает скорость оборота запасов для обеспечения текущего объема продажи.

Коэффициент оборотности дебиторской задолженности свидетельствует о скорости высвобождения средств при расчетах с дебиторами.

Коэффициент оборотности кредиторской задолженности позволяет определить, насколько быстро предприятие рассчитывается с поставщиками и подрядчиками. Резкое увеличение этого показателя может указывать на недостаток денежных средств, а снижение - на досрочную оплату счетов с целью получения скидок.

- Коэффициент оборачиваемости материальных запасов (Чистый доход от реализации / Материальные запасы);
- Коэффициент оборачиваемости активов (Чистый доход от реализации / Активы);
- Коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности (Чистый доход от реализации / Дебиторская задолженность);
- Коэффициент оборачиваемости кредиторской задолженности (Чистый доход от реализации / Кредиторская задолженность).

---

### Применение нечетких нейронных сетей

---

Основной недостаток скоринговой модели состоит в том, что базируется на достоверной информации о финансовом состоянии заемщиков, что характерно для условий экономики развитых западных стран. В то же время условия экономики Украины таковы, что информация о финансовом состоянии является как достоверной, поскольку руководство предприятий сознательно подправляет свои показатели, чтобы получить кредит. Таким образом задачу оценки кредитоспособности отечественных предприятий приходится решать в условиях неопределенной и недостоверной информации. Поэтому для решения указанной задачи предлагается использовать соответствующий метод, позволяющий работать в условиях неопределенности - а именно - системы с нечеткой логикой и нечеткие нейронные сети (ННС) с выводом Мамдани и Цукамото [Згуровский, 2013].

Как известно, ННС используют следующие 4 основных этапа нечеткого логического вывода:

- Введение нечеткости (Фаззификация);
- Нечеткий логический вывод, состоящий из двух подэтапов: определение степени выполнения условий правила и определение выходов правил (нечеткая импликация);
- Композиция выходов правил;
- Приведение к четкости (дефаззификация).

Нечеткий вывод базируется на базе нечетких правил следующего вида [Згуровский, 2013]

$P_1$ : если  $x$  есть  $A_1$  у есть  $B_1$ , то  $z$  есть  $C_1$ ;

$P_2$ : если  $x$  есть  $A_2$ , у есть  $B_2$ , то  $z$  есть  $C_2$ ;

$P_k$ : если  $x$  есть  $A_k$  у есть  $B_k$ , то  $z$  есть  $C_k$

где:  $x, y$  имена входных лингвистических переменных;  $z$  - имя переменной вывода;  $A_i, B_i, C_i$  - заданные функции принадлежности значений лингвистических переменных.

Используем следующие лингвистические переменные для реализации подходов Мамдани и Цукамото.

Для юридических лиц имеем 9 нечетких выше введенных параметра  $X_1, X_2, \dots, X_9$  и 2 четких параметра:  $X_{10}$  – величина кредита,  $X_{11}$  – срок кредита.

Введем следующие лингвистические значения для нечетких переменных  $X_1 - X_9$ :

Предельно Низкий (ПН), Очень Низкий (ОН), Низкий (Н), Средний (Ср), Высокий (В), Очень Высокий (ОВ), Предельно Высокий(П).

Тогда мы можем записать следующие правила, учтя возможные комбинации:

- Если  $X_1$  "ОН" и  $X_2$  "ОН" и  $X_3$  "ОН" и  $X_4$  "ОН" и  $X_5$  "ОН" и  $X_8$  "ОН" то риск невозвращения "ОВ";
- Если  $X_1$  "Н" и  $X_2$  "ОН" и  $X_3$  "ОН" и  $X_9$  "ОН" и  $X_7$  "ОН" и  $X_6$  "ОН" то риск невозвращения "ОВ";
- Если  $X_1$  "Ср" и  $X_2$  "Н" и  $X_3$  "ОН" и  $X_4$  "ОН" и  $X_5$  "ОН" и  $X_6$  "ОН" то риск невозвращения "ОВ";
- Если  $X_1$  "Ср" и  $X_2$  "Ср" и  $X_3$  "Н" и  $X_4$  "ОН" и  $X_5$  "ОН" и  $X_6$  "ОН" то риск невозвращения "ОВ";
- Если  $X_1$  "Ср" и  $X_2$  "Ср" и  $X_3$  "Ср" и  $X_7$  "Н" и  $X_5$  "ОН" и  $X_6$  "ОН" то риск невозвращения "В";
- Если  $X_1$  "В" и  $X_2$  "Ср" и  $X_3$  "Н" и  $X_8$  "ОН" и  $X_9$  "Н" и  $X_6$  "ОН" то риск невозвращения "Н";

...

- Если  $X_1$  "В" и  $X_2$  "В" и  $X_3$  "В" и  $X_4$  "Ср" и  $X_5$  "Ср" и  $X_9$  "В" то риск невозвращения "Ср";
- Если  $X_1$  "ОВ" и  $X_2$  "ОВ" и  $X_3$  "В" и  $X_4$  "ОВ" и  $X_5$  "В" и  $X_9$  "ОВ" то риск невозвращения "Н";
- Если  $X_1$  "ОВ" и  $X_2$  "ОВ" и  $X_3$  "ОВ" и  $X_4$  "ОВ" и  $X_5$  "ОВ" и  $X_9$  "ОВ" то риск невозвращения "ОН".

Поскольку количество правил очень большое, если учитывать все возможные варианты перестановок значений, то для облегчения восприятия и записи правил введем баллы для лингвистических значений.

$$\text{ПН} = 7; \text{ОН} = 6; \text{Н} = 5; \text{Ср} = 4; \text{В} = 3; \text{ОВ} = 2; \text{ПВ} = 1.$$

Вычислим предельные показатели уровня банкротства, воспользовавшись следующими предельными правилами:

1. Если  $X_1$  "ПН" и  $X_2$  "ПН" и  $X_3$  "ПН" и  $X_4$  "ПН" и  $X_5$  "ПН" и  $X_6$  "ПН" и  $X_7$  "ПН" и  $X_8$  "ПН" и  $X_9$  "ПН" то БАЛЛ=63;
2. Если  $X_1$  "ОН" и  $X_2$  "ОН" и  $X_3$  "ОН" и  $X_4$  "ОН" и  $X_5$  "ОН" и  $X_6$  "ОН" и  $X_7$  "ОН" и  $X_8$  "ОН" и  $X_9$  "ОН" то БАЛЛ=54;
3. Если  $X_1$  "Н" и  $X_2$  "Н" и  $X_3$  "Н" и  $X_4$  "Н" и  $X_5$  "Н" и ....  $X_9$  "Н" то БАЛЛ=45;
4. Если  $X_1$  "Ср" и  $X_2$  "Ср" и  $X_3$  "Ср" и  $X_4$  "Ср" и  $X_5$  "Ср" и ...  $X_9$  "Ср" то БАЛЛ=36;
5. Если  $X_1$  "В" и  $X_2$  "В" и  $X_3$  "В" и  $X_4$  "В" и  $X_5$  "В" и....  $X_9$  "В" то БАЛЛ=27;
6. Если  $X_1$  "ОВ" и  $X_2$  "ОВ" и  $X_3$  "ОВ" и  $X_4$  "ОВ" и  $X_5$  "ОВ" и ...  $X_9$  "ОВ" то БАЛЛ=18;
7. Если  $X_1$  "ГВ" и  $X_2$  "ГВ" и  $X_3$  "ГВ" и  $X_4$  "ГВ" и  $X_5$  "ГВ" и ...  $X_9$  "ГВ" то БАЛЛ=9.

Тогда новые правила для оценки риска банкротства запишутся таким образом:

Если БАЛЛ > 63 то вероятность возвращения ПН;

Если БАЛЛ ≤ 54 и БАЛЛ > 42 то вероятность возвращения ОН;

Если БАЛЛ ≤ 42 и БАЛЛ > 36 то вероятность возвращения Н;

Если БАЛЛ ≤ 36 и БАЛЛ > 27 то вероятность возвращения Ср;

Если БАЛЛ  $\leq 27$  и БАЛЛ  $> 18$  вероятность возвращения В;

Если БАЛЛ  $\leq 18$  и БАЛЛ  $> 9$  вероятность возвращения ОВ;

Если БАЛЛ = 9 то вероятность возвращения ПВ.

Такой подход позволяет охватить все множество правил.

### Алгоритмы анализа кредитоспособности с применением нечетких нейронных сетей

Рассмотрим алгоритм анализа кредитоспособности с использованием нечеткого вывода Мамдани и Цукамото для юридических лиц. Он состоит из следующих этапов [Згуровский, 2013; Зайченко, 2008].

#### Этап 1 (Лингвистические переменные и нечеткие подмножества).

Аналогично подходу определяем множества  $E, G, B$ .

**Этап 2 (Показатели)** Строим набор отдельных показателей  $X=\{X_i\}$  общим количеством  $N$ , которые за усмотрением эксперта-аналитика влияют на оценку кредитоспособности предприятия и/или клиента и оценивают разные по природе аспекты деловой и финансовой жизни клиента, причем показатели не должны дублировать друг друга с точки зрения их значимости для анализа.

Выберем систему из 9 нечетких и 2 четких (размер кредита и срок кредита) показателей.

#### Этап 3 (Формирование базы правил системы нечеткого вывода).

Базу правил формируют специалист из предметной области в виде совокупность нечетких предикатных правил вида:

$P_1$ : если  $x \in A_1$  и  $y \in B_1$ , то  $z \in C_1$

$P_2$ : если  $x \in A_2$  и  $y \in B_2$ , то  $z \in C_2$

База правил нами была сформирована в третьем разделе в пункте 3.9.

#### Этап 4 (Фаззификация входных параметров).

Проводим фаззификацию входных параметров, описание ли каждого из терм- множеств (лингвистических переменных) с помощью функции принадлежности. Но находим степени истинности для каждого значения в правилах:  $A_1(x_0), A_2(x_0), B_1(y_0), B_2(y_0)$ .

В качестве функций принадлежности будем использовать трапециевидные функции. Для большей наглядности функции принадлежности отобразим их графически, на Рисунке 1.

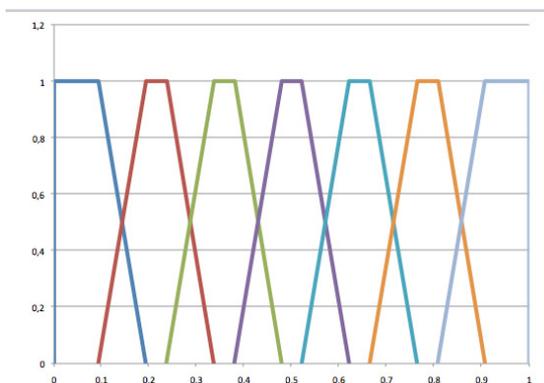


Рисунок 1. Функция принадлежности  $\mu_1$  параметра  $X_1$

Аналогичные функции принадлежности используются для всех остальных лингвистических переменных.

**Этап 5 (Логический вывод).** Находим уровни "отсечения" для предпосылок (условий) каждого из правил с использованием операции пересечения в форме минимума:

$$\alpha_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0);$$

$$\alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0).$$

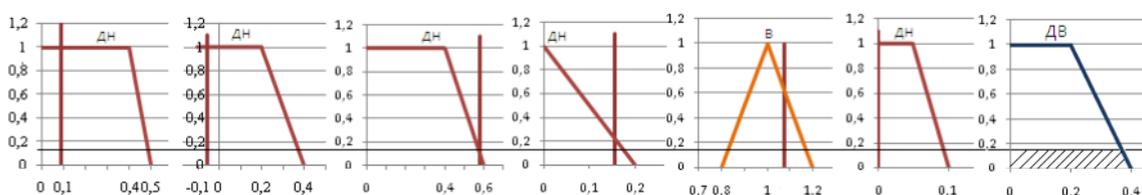
А также находим "усеченные" функции принадлежности:

$$C'_1 = (\alpha_1 \wedge C_1(z));$$

$$C'_2 = (\alpha_2 \wedge C_2(z)).$$

Для большей наглядности покажем это на примере на Рисунках 2, 3:

**Правило первое:**

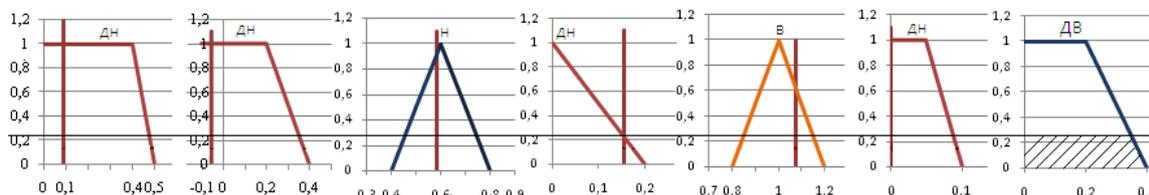


**Рисунок 2.** Реализация первого правила

Согласно нашим правилам, мы проводим ранжирование для каждого входного значения

$$X_i: 5 + 5 + 5 + 5 + 2 + 5 = 27 - \text{ОН}$$

**Правило второе:**

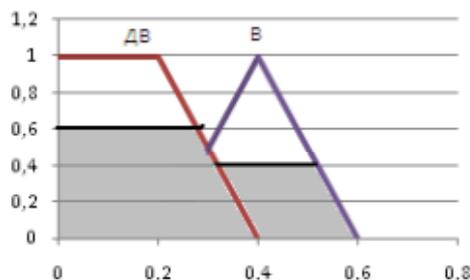


**Рисунок 3.** Реализация второго правила

Остальные правила реализуются аналогично.

**Этап 6 (Композиция).** Проводится объединение найденных усеченных функций с использованием операции  $\max$ , что приводит к получению конечного нечеткого подмножества для выходной переменной с функцией принадлежности  $\mu_z$ . Покажем это на Рисунке 4.

**Логический вывод:**



**Рисунок 4.** Вывод правил

**Этап 7 (Приведение к четкости для метода Мамдани (дефаззификация).** Используется когда необходимо превратить нечеткий набор выводов в четкое число. Приведение к четкости осуществляется центроидным методом.

$$w_0 = \frac{\int_{\Omega} w \times \mu_{\Sigma}(w) dw}{\int_{\Omega} \mu_{\Sigma}(w) dw}$$

(Приведение к четкости для метода Цукамото осуществляется центроидным методом (дискретный).

### Экспериментальные исследования методов анализа кредитоспособности

Были реализованы скоринговый метод оценки риска кредитоспособности заемщиков – юридических лиц, а также нечеткие нейронные сети с выводом Мамдани и Цукамото [Зайченко, 2008]. Были проведены сравнительные экспериментальные исследования кредитоспособности предприятий Украины. Вся выборка содержала 56 предприятий. Поскольку окончательное решение принимает ЛПР, то он вводил пороговое значение вероятности отсутствия дефолта, и если полученное значение вероятности возврата кредита превышало порог, то принималось решение о выдачи кредита, в противном случае - отказ в выдаче. Соответствующие результаты для ННС с выводами Мамдани и Цукамото приведены в следующей таблице для разных значений порога отсева.

**Таблица 1.** Результаты оценки кредитоспособности заемщиков с помощью ННС Мамдани и Цукамото

Пороговое значение отсева	Показатели качества классификации	ННС Мамдани	ННС Цукамото
0.7	Общая точность принимаемого решения	0.8487	0.8394
	Ошибка 1 рода	0.1414	0.1487
	Ошибка 2 рода	0.0073	0.093
0.8	Общая точность принимаемого решения	0.8054	0.8088
	Ошибка 1 рода	0.0146	0.1168
	Ошибка 2 рода	0.1898	0.0803
0.9	Общая точность принимаемого решения	0.7507	0.6816
	Ошибка 1 рода	0.0000	0.0073
	Ошибка 2 рода	0.2487	0.3066



Рисунок 5. Сравнение результатов прогнозирования возврата кредита с помощью ННС Мамдани и ННС Цукамото с реальными данными для порогового значения 0.7

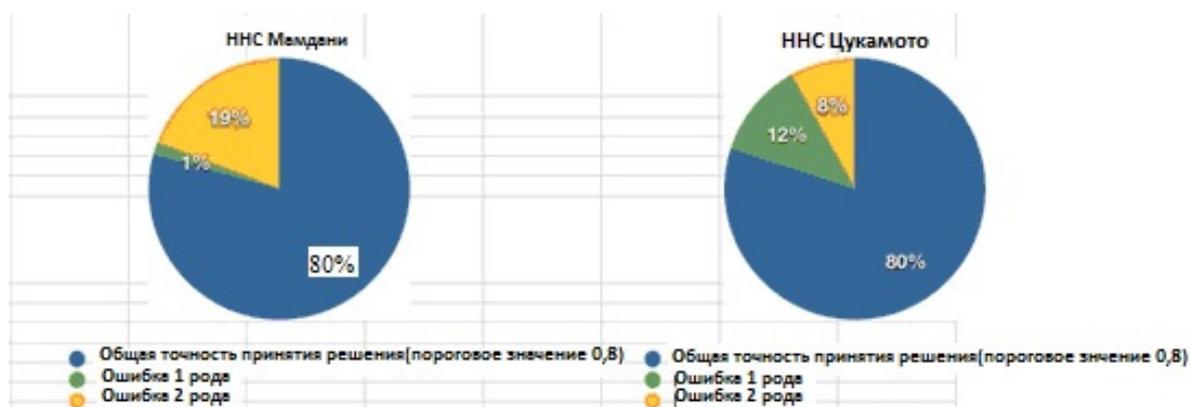


Рисунок 6. Сравнение результатов прогнозирования возврата кредита с помощью ННС Мамдани и ННС Цукамото с реальными данными для порогового значения 0.8

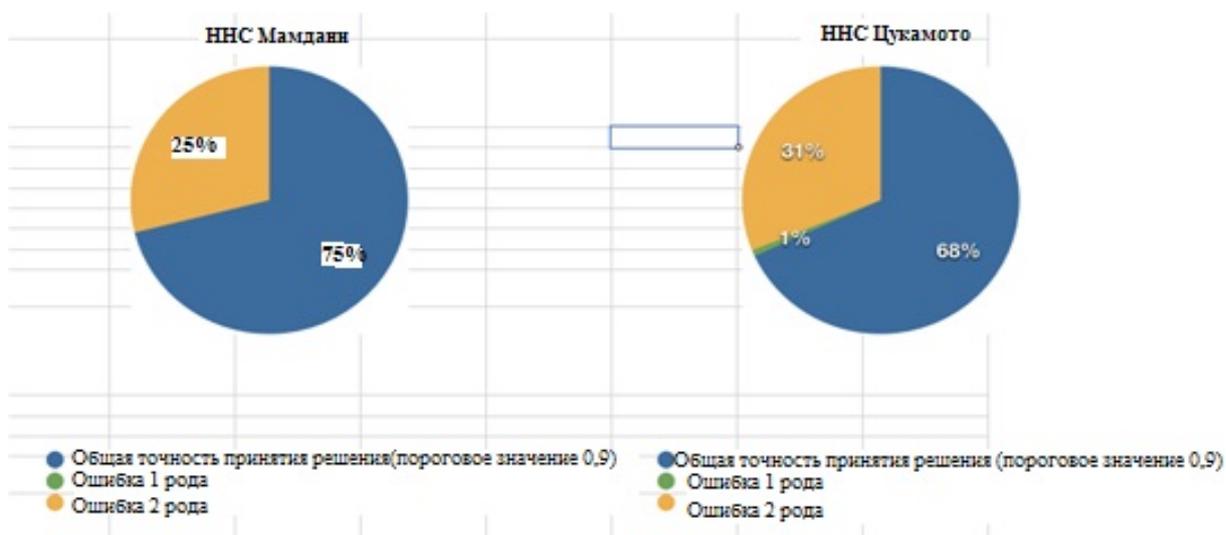


Рисунок 7. Сравнение результатов прогнозирования возврата кредита с помощью ННС Мамдани и ННС Цукамото с реальными данными для порогового значения 0.9

На рисунках 5 - 7 приводятся результаты прогнозирования кредитоспособности заемщиков – предприятий Украины, полученные с использованием ННС Мамдани и Цукамото для пороговых уровней отсева 0.7 - 0.9 соответственно, а на рисунке 8 для скоринговой модели.

Как видно из приведенных данных, с ростом порога отсева ошибка первого рода падает, а второго рода\_возрастает. При этом общая точность метода (%правильной классификации) - падает. При этом для скоринговой модели точность классификации (% правильной классификации) составил всего 0.71. Как видим, точность классификации с помощью ННС Мамдани и Цукамото оказалась выше, что подтверждает теоретические положения о том, что нечеткие нейронные сети являются адекватным инструментом для анализа финансового состояния предприятий и оценки их кредитоспособности в условиях неполноты и недостоверности исходной информации.



**Рисунок 8.** Сравнение результатов прогнозирования возвращения кредита с помощью скоринговой модели с реальными данными

---

## Заключение

В работе рассмотрена задача анализа финансового состояния и оценки кредитоспособности заемщиков-юридических лиц в условиях неопределенности (неполной и недостоверной информации). Рассмотрен классический скоринговый метод оценки кредитоспособности.

Предложено применение нечетких нейронных сетей с выводом Мамдани и Цукамото для решения указанной задачи. Разработана база нечетких правил для ННС и выполнена их практическая реализация. Проведены экспериментальные исследования предложенных нечетких методов оценки кредитоспособности заемщиков и оценена их эффективность.

---

## Признательность

Работа была подготовлена с финансовой поддержкой проекта ITHEA XXI of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA ([www.ithea.org](http://www.ithea.org)) и Ассоциации разработчиков и пользователей интеллектуальных систем (ADUIS)

---

## Литература

- [Зайченко, 2008] Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах. К.: Изд. дом „Слово”. 2008.-344 с
- [Зайченко, 2010] Зайченко Ю.П. Оценка кредитных банковских рисков с использованием нечеткой логики// Системні дослідження та інформаційні технології.-2010.-№2.-с. 37-54.
- [Згуровский, 2013] Згуровский М.З., Зайченко. Основы вычислительного интеллекта. К.: Изд. „Наукова думка”, 2013.-406 с.

---

## Информация об авторах



**Зайченко Юрий** - д.т.н., профессор ННК „Институт прикладного системного анализа”, 03056, Киев-56, проспект Победы, 37, Украина phone: 38044 -4068393; e-mail: [baskervil@voliacable.com](mailto:baskervil@voliacable.com).

**Области научных исследований:** теория принятия решений в условиях неопределенности, модели и методы вычислительного интеллекта в задачах прогнозирования и анализа в экономике и финансовой сфере, моделирование и оптимизация компьютерных сетей



**Ови Нафас Агаи Аг Гамиш** (Иран) - аспирант НТУУ „КПИ”; 03056, Киев-56, Украина e-mail: [ovinafas@yahoo.com](mailto:ovinafas@yahoo.com)

### Financial analysis and creditability estimation of borrowers – corporations under uncertainty

Yuriy Zaychenko, Ovi Nafas Aghaei Agh Ghamish

**Abstract:** *The problem of corporations’ financial analysis and creditability forecasting under uncertainty and risk is considered. The classical scoring method is described. The application of fuzzy neural networks with algorithms of Mamdani and Tsukamoto for enterprises creditability analysis and forecasting is suggested. Fuzzy rules base for NFNs was developed. The experimental investigations of NFNs in the problem creditability forecasting were carried, their efficiency estimated and compared with scoring method.*

**Keywords:** *creditability, forecasting, financial analysis, fuzzy neural networks, scoring method*