

УДК 519.712.3

3.3. ГАЗИЕВ*

ОЦЕНКА ЗАЁМЩИКОВ МИКРОКРЕДИТОВ НЕЧЁТКИМ МЕТОДОМ МАКСИМИННОЙ СВЁРТКИ

*Институт систем управления НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

Анотація. Проблема своєчасного погашення кредитів в усі часи була і продовжує залишатися актуальною для комерційних банків. Подолання цієї проблеми істотно залежить від якості оцінки платоспроможності потенційних позичальників, яка здійснюється експертами на підставі ретроспективної інформації. У системі мікрокредитування оцінка кредитної історії позичальника, як правило, здійснюється експертом, який в основному спирається на свої евристичні знання та інтуїцію, що зазвичай привносить в кінцеве рішення суб'єктивні міркування, які не мають достатніх підстав. На практиці думки різних аналітиків або осіб, відповідальних за прийняття кредитних рішень, часто відрізняються, особливо, якщо розглядаються спірні ситуації, які мають безліч допустимих альтернативних рішень. У результаті цього в оцінці платоспроможності потенційних позичальників мікрокредитів надмірної ваги набуває суб'єктивна думка експерта і наступна некомпетентна або навмисна інтерпретація інформації, яка веде до прийняття рішень, збиткових для мікрофінансової організації. Для підвищення ступеня об'єктивності у статті розглядається підхід до оцінки відповідальності і платоспроможності позичальників мікрокредитів, заснований на застосуванні нечіткого методу максимінної згортки. Даний підхід, враховуючи слабку структурованість анкетних даних заявників, дозволяє досить гнучко і оперативно оцінювати їх на предмет надання мікрокредитів. Застосовувані при цьому якісні критерії оцінки зважуються на основі експертних висновків щодо пріоритетності кожного з них. Важливою перевагою запропонованої моделі є те, що вона проста, зручна в застосуванні і здатна адаптуватися до вимог різних мікрофінансових організацій.

Ключові слова: мікрокредитування, платоспроможність позичальника, кредитний скоринг, нечітка безліч, функція приналежності, максимінна згортка.

Аннотация. Проблема своевременного погашения кредитов во все времена была и продолжает оставаться актуальной для коммерческих банков. Преодоление этой проблемы существенно зависит от качества оценки платежеспособности потенциальных заемщиков, которая осуществляется экспертами на основании ретроспективной информации. В системе микрокредитования оценка кредитной истории заемщика, как правило, осуществляется экспертом, который в основном опирается на свои эвристические знания и интуицию, что обычно привносит в конечное решение субъективные соображения, не имеющие достаточных оснований. На практике мнения разных аналитиков или лиц, ответственных за принятие кредитных решений, часто отличаются, особенно, если рассматриваются спорные ситуации, имеющие множество допустимых альтернативных решений. В результате этого в оценке платежеспособности потенциальных заемщиков микрокредитов чрезмерный вес приобретает субъективное мнение эксперта и следующая из него некомпетентная или преднамеренная интерпретация информации, приводящая к принятию решений, ущемляющих для микрофинансовой организации. Для повышения степени объективности в статье рассматривается подход к оценке ответственности и платежеспособности заемщиков микрокредитов, основанный на применении нечёткого метода максиминной свёртки. Данный подход, учитывая слабую структурированность анкетных данных заявителей, позволяет достаточно гибко и оперативно оценивать их на предмет предоставления микрокредитов. Применяемые при этом качественные критерии оценки взвешиваются на основе экспертных заключений относительно приоритетности каждого из них. Важным достоинством предлагаемой модели является то, что она проста, удобна в применении и способна адаптироваться к требованиям различных микрофинансовых организаций.

Ключевые слова: микрокредитование, платёжеспособность заемщика, кредитный скоринг, нечёткое множество, функция принадлежности, максиминная свёртка.

Abstract. *The problem of timely repayment of loans at all times has been and continues to be actual for commercial banks. Overcoming this problem substantially depends on the quality of the solvency assessment of potential borrowers, which is carried out by experts on the basis of retrospective information. In the microcredit system, the assessment of the borrower's credit history is usually carried out by an expert who mainly relies on his heuristic knowledge and intuition, which usually extols subjective considerations that do not have sufficient grounds. In practice, the opinions of different analysts or those responsible for making credit decisions often differ, especially if controversial situations are considered that have many acceptable alternative solutions. As a result, in assessing the solvency of potential microloan borrowers, the subjective opinion of the expert and the incompetent or deliberate interpretation of the information resulting in the adoption of decisions that are detrimental to the microfinance organization are overweight. To increase the degree of objectivity, the paper discusses an approach to assessing the responsibility and solvency of microloan borrowers, based on the use of the fuzzy method of maximin convolution. This approach, given the poorly structured personal data of applicants, allows them to be flexibly and quickly assessed for the provision of microloans. The qualitative assessment criteria applied in this case are weighed based on expert opinions regarding the priority of each of them. An important advantage of the proposed model is that it is simple, convenient to use and able to adapt to the requirements of various micro-financial organizations.*

Keywords: *microcredit, borrower solvency, credit scoring, fuzzy set, membership function, maximin convolution.*

DOI: 10.34121/1028-9763-2020-2-89-98

1. Введение

В условиях динамичного развития рынка предоставления финансовых услуг микрокредитование как сравнительно новая банковская услуга стало набирать популярность на всём постсоветском пространстве. Согласно данным международной организации Microfinance Information Exchange [1], на конец 2017 года Азербайджан занимал 2-ое место на рынке микрокредитования среди стран СНГ с удельным весом в 24% и кредитным портфелем в объёме 337,6 миллиона долларов США. В масштабах Азербайджана это означает, что достаточно большая часть его взрослого населения хотя бы раз в жизни получала микрокредиты. Тем не менее, для микрофинансового сектора экономики Азербайджана системное управление рисками до сих пор остаётся не до конца решённой проблемой, тем более что на протяжении последних лет здесь наблюдается волатильное увеличение объёмов микрокредитования, его глубины и географии. По-прежнему в республике сохраняются большие возможности для дальнейшего развития, поскольку рынок микрокредитования все еще остаётся «недообслуженным». Наряду с этим наблюдаются изменения на рынках товаров и услуг, в технологиях их доставки. Все это является причиной того, что новые требования к точности оценки ответственности и платежеспособности заёмщиков микрокредитов повышаются, а финансовые ресурсы сокращаются. Необходимы новые эффективные и прогрессивные методы оперативной комплексной оценки в комбинации с кредитной историей заёмщика, которая является стабильным, эффективным и недорогим источником для анализа ответственности и платёжеспособности заёмщиков микрокредитов.

В процессе микрокредитования оценка кредитной истории заёмщика, как правило, производится экспертом, который опирается на свои эвристические знания и интуицию. Но такая оценка все равно остаётся плодом субъективных суждений эксперта. Поэтому в реальных ситуациях мнения разных экспертов часто разнятся, особенно в тех случаях, когда рассматривается множество альтернативных решений. Снижение возможности влияния эксперта на решение и повышение в нём доли объективных факторов может быть обеспечено путём формализации ближайшего поведения заемщика и, собственно, самой процедуры принятия решения о выдаче микрокредита. С другой стороны, ретроспективные кредитные истории представляют собой документы со слабоструктурированными данными, то есть такими, о которых известна их принадлежность к определённому типу.

Например, данные могут быть представлены интервально, как $x \in [x_{\min}, x_{\max}]$, или вербально, как « x около 13», то есть в виде нечётких множеств [2]. Таким образом, исходя из этих предпосылок становится очевидна актуальность и необходимость разработки нечёткого метода для анализа кредитного портфеля микрофинансовой организации на предмет оценки качества исполнения обязательств заемщиков по погашению задолженности, основанного на построении функций принадлежности нечётких множеств, описывающих слабоструктурированные данные из кредитной истории. Применение этого подхода позволит кредитному инспектору оперативно получить отчеты с оценками «ответственности» заемщиков, классифицировать их кредитные истории, как, например, на «положительные» и «отрицательные», как расплатившихся или не расплатившихся по своим обязательствам.

2. Постановка задачи

При наличии информации о «хороших» и «плохих» кредитах и сведениях о соответствующих им клиентах необходимо сформулировать и построить причинно-следственные связи между характеристиками заемщика и качеством его кредитной истории в нотации нечётких множеств. В результате необходимо построить такую нечёткую модель, которая в процессе рассмотрения кредитной заявки оперативно обеспечивала бы вывод о наиболее вероятном уровне платёжной дисциплины потенциального заемщика.

Цель статьи состоит в формировании аналитического метода взвешенной оценки надёжности и платёжеспособности потенциальных заемщиков микрокредитов на основе нечёткого анализа данных их кредитных историй.

3. Скоринг-анализ кредитных историй

Главным требованием кредитора является отсутствие потенциального заемщика в группе риска. Поэтому, в отличие от коммерческих банков, которые, например, запрашивают выписки с места работы клиентов, специалист микрофинансовой организации проверяет ответственность и платёжеспособность заемщиков обходным путем. Проверяет, насколько ответственно они погасили прошлые свои задолженности путем оперативной оценки их кредитных историй. Современным инструментом такого анализа является «скоринг-система», которая на основе данных из заявки заемщика за считанные минуты анализирует его кредитную историю: финансовые сделки, просрочки и прочее. В результате оперативного скоринг-анализа кредитор получает объективный отчет с оценкой относительно «ответственности» конкретного заемщика.

Скоринг-анализ как инструмент оценки платёжеспособности заемщиков кредитов успешно применяется банками на протяжении многих десятилетий. В области микрокредитования за основу берутся данные о клиентах непосредственно из их заявок, а также, при необходимости, и из открытых источников интернет. По каждому из нижеследующих пунктов им начисляются соответствующие баллы [3]:

- x_1 (возраст) – от 0,1 до 0,3 баллов: чем старше человек, тем он надёжнее;
- x_2 (пол) – 0 баллов для мужчин и 0,4 баллов для женщин: имеется ввиду, что слабый пол считается более ответственным плательщиком и менее склонен к рискам и авантюрам;
- x_3 (оседлость) – $0,042 \div 0,42$ баллов: величина напрямую зависит от времени (числа лет) проживания заемщика по представленному адресу;
- x_4 (рабочие риски) – 0 баллов для работающих на опасных производствах, 0,16 баллов – для работающих в условиях умеренного риска для жизни, 0,55 баллов – для работающих на безопасных производствах;

- x_5 (работа в крупных компаниях) – 0,21 баллов: добавляется в актив, если заёмщик работает в крупной компании, которая надёжнее малых фирм;
- x_6 (трудовой стаж) – $0,059 \div 0,59$ баллов: чем дольше человек работает, тем он благонадёжнее;
- x_7 (активы) – 0,45 баллов: добавляется по каждому пункту отдельно за наличие страховки, имущества и депозитного счёта.

Чтобы претендовать на микрокредитование, заёмщик должен получить оценку не меньше 1,25 баллов. При этом, как не трудно посчитать, максимальным баллом по данной шкале является 3,82.

Предположим, что микрофинансовая организация (МФО) рассматривает 10 заявок от физических лиц на предмет предоставления микрокредитов. В результате верификации и предварительного анализа анкетных данных по всем вышеуказанным пунктам градации соискателям микрокредитов были начислены соответствующие баллы, которые сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Предварительные результаты скоринг-анализа

Условное обозначение заёмщика	Критерии оценки						
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
a_1	0,161	0,0	0,044	0,00	0,00	0,061	0,45
a_2	0,222	0,4	0,132	0,55	0,21	0,326	1,35
a_3	0,117	0,4	0,231	0,16	0,00	0,350	0,90
a_4	0,185	0,0	0,374	0,55	0,00	0,248	0,45
a_5	0,298	0,4	0,268	0,16	0,00	0,069	0,45
a_6	0,213	0,0	0,412	0,00	0,21	0,473	1,35
a_7	0,109	0,0	0,172	0,55	0,00	0,424	0,45
a_8	0,205	0,4	0,389	0,16	0,21	0,164	0,90
a_9	0,171	0,4	0,303	0,00	0,00	0,504	1,35
a_{10}	0,255	0,0	0,253	0,16	0,21	0,261	0,90

4. Многокритериальная оценка альтернатив нечётким методом максиминной свёртки

Оценочные понятия $x_i (i = 1 \div 7)$ скоринг-анализа, по которым выставляются баллы потенциальным заёмщикам, по своей сути являются качественными критериями вида «ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЙ ВОЗРАСТ» или «ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЙ ПОЛ», «ЖЕЛАЕМАЯ ОСЕДЛОСТЬ», «НАИМЕНЬШИЙ РАБОЧИЙ РИСК» и т.д., то есть терминами соответствующих лингвистических переменных. При этом численные оценки рассматриваемых альтернатив представляются степенями соответствия этим оценочным понятиям. Отправляясь от этого, обозначим множество альтернатив как $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, а множество критериев – как $F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$, причём каждый из критериев представляет собой нечёткое подмножество дискретного универсума A в виде

$$F_i = \mu_{F_i}(a_1)/a_1 + \mu_{F_i}(a_2)/a_2 + \dots + \mu_{F_i}(a_n)/a_n \quad (i = 1 \div m). \quad (1)$$

Тогда, согласно [4], выбор наилучшей альтернативы можно осуществить на основе пересечения нечётких множеств $F_i : F = F_1 \cap F_2 \cap \dots \cap F_m$, где операция пересечения реализуется согласно следующей формуле:

$$\mu_F(a_j) = \min\{\mu_{F_1}(a_j), \mu_{F_2}(a_j), \dots, \mu_{F_m}(a_j)\} \quad j = 1 \div n. \quad (2)$$

Наилучшей будем считать ту альтернативу a^* , для которой соответствующая функция принадлежности будет иметь наибольшее значение, то есть

$$\mu_F(a^*) = \max\{\mu_F(a_1), \mu_F(a_2), \dots, \mu_F(a_n)\}. \quad (3)$$

Обычно в процессе принятия решений критерии оценки F_i отличаются по степеням приоритетности. Тогда вместо (2) необходимо учитывать взвешенное пересечение [4]:

$F = F_1^{\alpha_1} \cap F_2^{\alpha_2} \cap \dots \cap F_m^{\alpha_m}$, где α_i – весовой коэффициент (вес) i -го критерия оценки. При этом по совокупности всех весов должно выполняться условие $\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$.

5. Фаззификация качественных критериев оценки

Множество решений поставленной задачи характеризуется набором критериев – показателей скоринг-анализа $x_i (i = 1 \div 7)$ (см. табл. 1), которые опишем посредством нечётких подмножеств дискретного универсума $U = \{a_1, a_2, \dots, a_{10}\}$, составленного по числу заявителей на получение микрокредита. В качестве функций принадлежности этих подмножеств выберем гауссовские функции вида

$$\mu_i(u) = \exp\{-(u - u_i)^2 / \sigma_i^2\}, \quad u \in [0, u_i], \quad i = 1 \div 7, \quad (4)$$

где u_i – максимальный балл в соответствующей градации скоринг-анализа; $\sigma_i^2 = \sum_{k=1}^{41} (u - u_i)^2 / 41$ – среднеквадратичное отклонение.

Тогда оценочные понятия, характеризующие критерии оценки платёжеспособности заёмщиков, можно описать в виде следующих нечётких множеств:

- ПРЕИМУЩЕСТВЕННЫЙ (возраст): $F_1 = \{0,5294/a_1, 0,8185/a_2, 0,3320/a_3, 0,6470/a_4, 0,9999/a_5, 0,7794/a_6, 0,3009/a_7, 0,7430/a_8, 0,5782/a_9, 0,9355/a_{10}\}$;
- ЖЕЛАТЕЛЬНЫЙ (пол): $F_2 = \{0,0517/a_1, 1,0000/a_2, 1,0000/a_3, 0,0517/a_4, 1,0000/a_5, 0,0517/a_6, 0,0517/a_7, 1,0000/a_8, 1,0000/a_9, 0,0517/a_{10}\}$;
- ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНАЯ (оседлость): $F_3 = \{0,0930/a_1, 0,2483/a_2, 0,5488/a_3, 0,9651/a_4, 0,6784/a_5, 0,9989/a_6, 0,3559/a_7, 0,9840/a_8, 0,7946/a_9, 0,6260/a_{10}\}$;
- ПРИЕМЛЕМЫЙ (рабочий риск): $F_4 = \{0,0517/a_1, 1,0000/a_2, 0,2254/a_3, 1,0000/a_4, 0,2254/a_5, 0,0517/a_6, 1,0000/a_7, 0,2254/a_8, 0,0517/a_9, 0,2254/a_{10}\}$;
- ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНАЯ (работа): $F_5 = \{0,0517/a_1, 1,0000/a_2, 0,0517/a_3, 0,0517/a_4, 0,0517/a_5, 1,0000/a_6, 0,0517/a_7, 1,0000/a_8, 0,0517/a_9, 1,0000/a_{10}\}$;
- ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ (трудовой стаж): $F_6 = \{0,0924/a_1, 0,5525/a_2, 0,6125/a_3, 0,3695/a_4, 0,0992/a_5, 0,8900/a_6, 0,7909/a_7, 0,2134/a_8, 0,9390/a_9, 0,3980/a_{10}\}$;
- ПОДХОДЯЩИЕ (активы): $F_7 = \{0,2680/a_1, 1,0000/a_2, 0,7195/a_3, 0,2680/a_4, 0,2680/a_5, 1,0000/a_6, 0,2680/a_7, 0,7195/a_8, 1,0000/a_9, 0,7195/a_{10}\}$.

Очевидно, что приведённые критерии $F_i (i = 1 \div 7)$ имеют различную значимость при оценке ответственности и платёжеспособности заёмщиков. Поэтому необходимо идентифицировать обобщённые веса $\alpha_i (i = 1 \div 7)$ этих критериев, для чего воспользуемся методом экспертных оценок взвешенных коэффициентов оцениваемых показателей из анкетных данных.

6. Идентификация весов критериев оценки на основе экспертных заключений

Платёжеспособность заёмщика – это многофакторная категория, которая характеризуется в том числе и системой показателей его анкетных данных $x_i (i = 1 \div 7)$, оказывающих существенное влияние на решение относительно предоставления микрокредита. Экспертная идентификация весов критериев оценки ответственности заёмщиков подразумевает: 1) ранжирование показателей x_i на предмет их приоритетности; 2) групповую оценку нормированных значений обобщённых весов критериев x_i , исходя из их относительного влияния на уровень платёжеспособности. Опираясь на эту схему, продолжим рассуждения следующим образом.

Предположим, что путём независимого анкетирования 15-ти экспертов получены ранговые оценки приоритетности критериев x_i . При этом каждому эксперту предлагалось расположить x_i по принципу: наиболее важный критерий обозначить цифрой «1», следующий, менее важный, цифрой «2» и далее по убыванию порядка предпочтения эксперта. Полученные таким образом ранговые оценки критериев x_i сведены в табл. 2.

Для установления степени согласованности экспертных заключений применяется коэффициент конкордации Кендалла, демонстрирующий множественную ранговую корреляцию экспертных мнений. Согласно [5], этот коэффициент вычисляется по формуле

$$W = 12 \cdot S / [m^2(n^3 - n)], \quad (5)$$

где m – число экспертов, n – число критериев оценки, а S – отклонение экспертных заключений от среднего значения ранжирования критериев x_i , которое вычисляется, например, по формуле [5]

$$S = \sum_{i=1}^m [\sum_{j=1}^m r_{ij} - m(n+1)/2]^2, \quad (6)$$

где $r_{ij} \in \{1, 2, \dots, 7\}$ – ранг i -го критерия, установленный j -ым экспертом. В нашем случае (см. табл. 2) значение коэффициента конкордации Кендалла, рассчитанного по формуле (5), при величине $S = 4984$, вычисленной на основании (6) и данных из табл. 2, будет число $W = 12 \cdot 4984 / [15^2(7^3 - 7)] = 0,7911$, что свидетельствует о достаточно сильной согласованности экспертных заключений относительно степеней важности критериев x_i . Далее, путём независимого анкетирования экспертов на предварительном этапе были установлены значения нормированных оценок весов критериев $x_i (i = 1 \div 7)$, которые сведены в табл. 3.

Таблица 2 – Экспертные ранговые оценки приоритетности критериев

Эксперт	Критерии оценки и их ранговые оценки (r_{ij})						
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
e_1	5	7	3	6	2	4	1
e_2	6	7	4	5	1	3	2
e_3	6	5	2	7	3	4	1
e_4	5	6	2	7	1	4	3
e_5	4	7	1	6	3	5	2
e_6	5	7	4	6	2	3	1
e_7	7	5	3	4	2	6	1
e_8	6	7	3	5	1	4	2
e_9	4	6	3	7	2	5	1

e_{10}	5	7	4	6	1	3	2
e_{11}	6	7	4	5	2	3	1
e_{12}	5	7	2	6	3	4	1
e_{13}	4	7	5	6	2	3	1
e_{14}	4	6	3	7	2	5	1
e_{15}	7	6	1	5	4	2	3
Σ	79	97	44	88	31	58	23

Таблица 3 – Экспертные оценки нормированных значений весов

Эксперт	Критерии оценки и нормированные оценки их весов (α_{ij})						
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
e_1	0,075	0,025	0,200	0,050	0,250	0,100	0,300
e_2	0,050	0,025	0,100	0,075	0,300	0,200	0,250
e_3	0,050	0,075	0,250	0,025	0,200	0,100	0,300
e_4	0,075	0,050	0,250	0,025	0,300	0,100	0,200
e_5	0,100	0,025	0,300	0,050	0,200	0,075	0,250
e_6	0,075	0,025	0,100	0,050	0,250	0,200	0,300
e_7	0,025	0,075	0,200	0,100	0,250	0,050	0,300
e_8	0,050	0,025	0,200	0,075	0,300	0,100	0,250
e_9	0,100	0,050	0,200	0,025	0,250	0,075	0,300
e_{10}	0,075	0,025	0,100	0,050	0,300	0,200	0,250
e_{11}	0,050	0,025	0,100	0,075	0,250	0,200	0,300
e_{12}	0,075	0,025	0,250	0,050	0,200	0,100	0,300
e_{13}	0,100	0,025	0,075	0,050	0,250	0,200	0,300
e_{14}	0,100	0,050	0,200	0,025	0,250	0,075	0,300
e_{15}	0,025	0,050	0,300	0,075	0,100	0,250	0,200
Σ	1,025	0,575	2,825	0,800	3,650	2,025	4,100

Предварительные расчёты для последующей идентификации весов критериев $x_i (i = 1 \div 7)$ проведём в виде усреднений по группам нормированных оценок посредством итерационной формулы [6]

$$\alpha_i(t+1) = \sum_{j=1}^m w_j(t) \alpha_{ij}, \quad (7)$$

где $w_j(t)$ – степень компетентности j -го эксперта ($j = 1 \div m$) на момент времени t , которая вычисляется из равенств [6]:

$$\begin{cases} w_j(t) = [1/\eta(t)] \sum_{i=1}^n \alpha_i(t) \cdot \alpha_{ij} \quad (j = \overline{1, m-1}), \\ w_m(t) = 1 - \sum_{j=1}^{m-1} w_j(t), \quad \sum_{j=1}^m w_j(t) = 1, \end{cases} \quad (8)$$

где $\eta(t)$ – нормирующий множитель, вычисляемый по формуле

$$\eta(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_i(t) \alpha_{ij}. \quad (9)$$

Процесс усреднения по группам завершается при выполнении условия

$$\max_i \{ |\alpha_i(t+1) - \alpha_i(t)| \} \leq \varepsilon, \quad (10)$$

где ε – принимаемая пользователем точность расчётов.

Полагая $\varepsilon = 0,001$ и одинаковые на начальном этапе $t = 0$ показатели компетентности у экспертов как $w_j(0) = 1/15$, средние значения по группам нормированных оценок весов критериев x_i в первом приближении получим из частного случая (6), а именно: $\alpha_i(1) = \sum_{j=1}^{15} w_j(0)\alpha_{ij} = \sum_{j=1}^{15} \alpha_{ij} / 15$, $i = 1 \div 7$. В этом случае имеем $\alpha_1(1)=0,0683$; $\alpha_2(1)=0,0383$; $\alpha_3(1)=0,1883$; $\alpha_4(1)=0,0533$; $\alpha_5(1)=0,2433$; $\alpha_6(1)=0,1350$; $\alpha_7(1)=0,2733$. Очевидно, что требование (10) для этого приближения не выполняется. Поэтому, чтобы перейти на следующий этап, по формуле (9) вычислим нормирующий множитель $\eta(1)$:

$$\eta(1) = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{15} \alpha_i(1)\alpha_{ij} = 1,025 \cdot 0,0683 + 0,575 \cdot 0,0383 + 2,825 \cdot 0,1883 + 0,800 \cdot 0,0533 + 3,650 \cdot 0,2433 + 2,025 \cdot 0,1350 + 4,100 \cdot 0,2733 = 2,9490.$$

Тогда, согласно (8), или, более конкретно, из соотношений

$$\begin{cases} w_j(1) = [1/\eta(1)] \sum_{i=1}^{14} \alpha_i(1) \cdot \alpha_{ij} \quad (j = \overline{1,14}), \\ w_{15}(1) = 1 - \sum_{j=1}^{14} w_j(1), \quad \sum_{j=1}^{15} w_j(1) = 1, \end{cases}$$

получим новые показатели компетентности экспертов в виде следующих чисел: $w_1(1)=0,0726$; $w_2(1)=0,0700$; $w_3(1)=0,0709$; $w_4(1)=0,0703$; $w_5(1)=0,0691$; $w_6(1)=0,0706$; $w_7(1)=0,0706$; $w_8(1)=0,0719$; $w_9(1)=0,0719$; $w_{10}(1)=0,0702$; $w_{11}(1)=0,0705$; $w_{12}(1)=0,0713$; $w_{13}(1)=0,0696$; $w_{14}(1)=0,0719$; $w_{15}(1)=0,0086$.

Далее, полагая $\alpha_i(2) = \sum_{j=1}^{15} w_j(1)\alpha_{ij}$, во 2-ом приближении получим средние значения по группам нормированных оценок весов x_i в виде следующих чисел: $\alpha_1(2)=0,0708$; $\alpha_2(2)=0,0377$; $\alpha_3(2)=0,1823$; $\alpha_4(2)=0,0520$; $\alpha_5(2)=0,2514$; $\alpha_6(2)=0,1282$; $\alpha_7(2)=0,2776$. Проверяя эти значения на выполнение условия (11): $\max\{|\alpha_i(2)-\alpha_i(1)|\} = \max\{|0,0708-0,0683|; |0,0377-0,0383|; |0,1823-0,1883|; |0,0520-0,0533|; |0,2514-0,2433|; |0,1282-0,1350|; |0,2776-0,2733|\} = 0,0081 > \varepsilon$, убеждаемся, что оно вновь не выполняется. Поэтому вычисляем следующий нормирующий множитель:

$$\eta(2) = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{15} \alpha_i(2)\alpha_{ij} = 1,025 \cdot 0,0708 + 0,575 \cdot 0,0377 + 2,825 \cdot 0,1823 + 0,800 \cdot 0,0520 + 3,650 \cdot 0,2514 + 2,025 \cdot 0,1282 + 4,100 \cdot 0,2776 = 2,9662.$$

В данном случае соответствующими показателями компетентности экспертов будут числа: $w_1(2)=0,0726$; $w_2(2)=0,0700$; $w_3(2)=0,0709$; $w_4(2)=0,0703$; $w_5(2)=0,0691$; $w_6(2)=0,0706$; $w_7(2)=0,0706$; $w_8(2)=0,0719$; $w_9(2)=0,0719$; $w_{10}(2)=0,0702$; $w_{11}(2)=0,0705$; $w_{12}(2)=0,0713$; $w_{13}(2)=0,0696$; $w_{14}(2)=0,0719$; $w_{15}(2)=0,0086$. Тогда, полагая для третьего приближения $\alpha_i(3) = \sum_{j=1}^{15} w_j(2)\alpha_{ij}$, получим усреднения по группам нормированных оценок весов x_i в виде следующих чисел: $\alpha_1(3)=0,0710$; $\alpha_2(3)=0,0376$; $\alpha_3(3)=0,1816$; $\alpha_4(3)=0,0519$; $\alpha_5(3)=0,2523$; $\alpha_6(3)=0,1275$; $\alpha_7(3)=0,2781$.

Как видно из $\max\{|\alpha_i(3)-\alpha_i(2)|\} = \max\{|0,0710-0,0708|; |0,0376-0,0377|; |0,1816-0,1823|; |0,0519-0,0520|; |0,2523-0,2514|; |0,1275-0,1282|; |0,2781-0,2776|\} = 0,0009 < \varepsilon$, условие (10) уже выполняется, что является основанием для прекращения вычислений. Это означает, что $\alpha_1(3)$, $\alpha_2(3)$, ..., $\alpha_7(3)$ являются окончательными обобщёнными весами соответствующих критериев x_i .

7. Выбор наилучшего заёмщика и ранжирование остальных

Итак, руководствуясь (1) – (2) и с учётом различных степеней важности критериев оценки, сформируем множество оптимальных альтернатив A путём пересечения нечётких множеств $F_i(a)$ в виде $A = F_1^{\alpha_1} \cap F_2^{\alpha_2} \cap \dots \cap F_7^{\alpha_7}$, где, согласно (4), наилучшим считается j -ый заёмщик ($j = 1 \div 10$), для которого выполняется условие: $\mu_A(a_j) = \max\{\mu_A(a_1), \mu_A(a_2), \dots, \mu_A(a_{10})\}$. В этом случае множеством оптимальных альтернатив будет:

$$A = \{\min\{0,5294^{0,0710}; 0,0517^{0,0376}; 0,0930^{0,1816}; 0,0517^{0,0519}; 0,0517^{0,2523}; 0,0924^{0,1275}; 0,2680^{0,2781}\}; \min\{0,8185^{0,0710}; 1,0000^{0,0376}; 0,2483^{0,1816}; 1,0000^{0,0519}; 1,0000^{0,2523}; 0,5525^{0,1275}; 1,0000^{0,2781}\}; \min\{0,3320^{0,0710}; 1,0000^{0,0376}; 0,5488^{0,1816}; 0,2254^{0,0519}; 0,0517^{0,2523}; 0,6125^{0,1275}; 0,7195^{0,2781}\}; \min\{0,6470^{0,0710}; 0,0517^{0,0376}; 0,9651^{0,1816}; 1,0000^{0,0519}; 0,0517^{0,2523}; 0,3695^{0,1275}; 0,2680^{0,2781}\}; \min\{0,9999^{0,0710}; 1,0000^{0,0376}; 0,6784^{0,1816}; 0,2254^{0,0519}; 0,0517^{0,2523}; 0,0992^{0,1275}; 0,2680^{0,2781}\}; \min\{0,7794^{0,0710}; 0,0517^{0,0376}; 0,9989^{0,1816}; 0,0517^{0,0519}; 1,0000^{0,2523}; 0,8900^{0,1275}; 1,0000^{0,2781}\}; \min\{0,3009^{0,0710}; 0,0517^{0,0376}; 0,3559^{0,1816}; 1,0000^{0,0519}; 0,0517^{0,2523}; 0,7909^{0,1275}; 0,2680^{0,2781}\}; \min\{0,7430^{0,0710}; 1,0000^{0,0376}; 0,9840^{0,1816}; 0,2254^{0,0519}; 1,0000^{0,2523}; 0,2134^{0,1275}; 0,7195^{0,2781}\}; \min\{0,5782^{0,0710}; 1,0000^{0,0376}; 0,7946^{0,1816}; 0,0517^{0,0519}; 0,0517^{0,2523}; 0,9390^{0,1275}; 1,0000^{0,2781}\}; \min\{0,9355^{0,0710}; 0,0517^{0,0376}; 0,6260^{0,1816}; 0,2254^{0,0519}; 1,0000^{0,2523}; 0,3980^{0,1275}; 0,7195^{0,2781}\}\} = \{0,4735, 0,7765, 0,4735, 0,4735, 0,4735, 0,8575, 0,4735, 0,8212, 0,4735, 0,8892\}.$$

В итоге, решения относительно оценок ответственности и платёжеспособности заёмщиков находятся из равенства $\max\{\mu_A(a_j)\} = \max\{0,4735, 0,7765, 0,4735, 0,4735, 0,4735, 0,8575, 0,4735, 0,8212, 0,4735, 0,8892\}$, откуда, в частности, видно, что наиболее ответственным является заёмщик a_{10} с итоговой оценкой 0,8892. Остальные ранжируются в порядке убывания собственных оценок: a_6 (0,8575), a_8 (0,8212), a_2 (0,7765) и т.д.

8. Заключение

Для оценки ответственности и платёжеспособности потенциальных заёмщиков микрокредитов также можно воспользоваться критерием взвешенной оценки:

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^7 \alpha_i x_{ki}}{\sum_{i=1}^7 \alpha_i m_i} \cdot 100\%, \quad (12)$$

где α_i – вес i -го критерия оценки, x_{ki} – балл, выставленный k -му заёмщику по i -му пункту скоринг-анализа, m_i – максимальный балл начисления по i -му пункту скоринг-анализа. Результаты оценок с применением критерия C_k , скоринг-оценки и, собственно, оценки, полученные с применением нечёткого метода максиминной свёртки, представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты оценивания заёмщиков

Заёмщик	Скоринг-оценка		Взвешенная оценка		Maxmin свёртка	
	Оценка	Порядок	Оценка	Порядок	Оценка	Порядок
a_1	0,716	10	23,63	10	0,4735	5
a_2	3,190	1	85,81	2	0,7765	4
a_3	2,158	5	57,15	6	0,4735	5
a_4	1,807	7	41,31	7	0,4735	5
a_5	1,645	9	35,22	9	0,4735	5
a_6	2,658	3	89,74	1	0,8575	2
a_7	1,705	8	38,26	8	0,4735	5

a_8	2,428	4	67,11	4	0,8212	3
a_9	2,728	2	80,94	3	0,4735	5
a_{10}	2,039	6	63,42	5	0,8892	1

Как видно из табл. 4, предложенный нечёткий подход к ранжированию заёмщиков микрокредитов путём консолидации экспертных оценок относительно приоритетности критериев по всем пунктам скоринг-анализа существенно отличается как от скоринг-оценки, так и от взвешенной оценки по формуле (14). Собственно авторами не ставилась такая задача. Важным здесь является то, что нечёткий метод максиминной свёртки более «гибко» оценивает ответственность и платежеспособность потенциальных заёмщиков микрокредитов. К тому же данный подход апробирован на примере произвольно выбранных десяти потенциальных заёмщиков, что предопределило выбор дискретного универсума $\{a_1, a_2, \dots, a_{10}\}$, на базе которого были описаны качественные критерии оценки посредством его нечётких подмножеств. В случае охвата большего числа соискателей микрокредитов качество описания критериев оценки показателей $F_i (i = 1 \div 7)$ посредством нечётких множеств заметно улучшится, что неминуемо положительно скажется и на адекватности ранжирования заёмщиков.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Microfinance Information Exchange. URL: <https://web.archive.org/web/20140816205120/http://www.themix.org/about> (дата обращения: 22.02.2020).
2. Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning / eds. K.S. Fu, J.T. Tou. *Learning Systems and Intelligent Robots*. 1974. P. 1–10.
3. Молчанов К. Увеличиваем вероятность выдачи кредита – инструкция от Лига. Кредитонлайн. URL: <https://www.liga.net/creditonline/uvelichivaem-veroyatnost-vydachi-kredita-instrukciya-ot-liga-kreditonlajn> (дата обращения: 22.02.2020).
4. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2000. 368 с.
5. Lin A.S., Wu W. Statistical tools for measuring agreement. NY: Springer, 2012. 161 p.
6. Mardanov M.J., Rzaev R.R. One approach to multi-criteria evaluation of alternatives in the logical basis of neural networks. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 896. P. 279–287.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2020