

УДК 339.138

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗА ЛОЯЛЬНОСТИ КЛИЕНТОВ

<sup>1</sup>Гусева А.И., <sup>1</sup>Матросова Е.В., <sup>1</sup>Тихомирова А.Н., <sup>2</sup>Матросов Н.Н.

<sup>1</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
Москва, e-mail: aiguseva@mephi.ru;

<sup>2</sup>ИП Абубекаров, Москва, e-mail: matrosovnikolay444@yandex.ru

Целью данной статьи является разработка модели анализа лояльности клиентов, построенной на основе многокритериальной оценки товара (услуги) потребителями. Для достижения этой цели авторами был предложен способ группировки клиентов по параметрам «повторная покупка» и «отклик», выделены и описаны следующие группы клиентов: «Идеальные клиенты», «Позитивно настроенные», «Негативно настроенные» и «Полное отрицание». В качестве математического инструментария моделирования используется метод теории нечеткой логики, а именно метод нечеткого вывода. В модели рассматриваются три ключевых критерия оценки товара (услуги) клиентом с дифференциацией: соответствие товара и сервиса ожиданиям клиента (полное соответствие, частичное соответствие, полное несоответствие); качество товара (высокое, среднее, низкое); качество сервиса (высокое, среднее, низкое). На основе экспертных суждений были построены функции принадлежности для критериев в зависимости от степени уверенности эксперта в том, что выходная лингвистическая переменная принимает конкретное значение. Результатом работы является многокритериальная модель анализа лояльности клиентов. Для иллюстрации использования модели показан пример анализа на конкретных данных – оценке товара (услуги) по трем выделенным ключевым критериям. Для приведенных значений оценки определена группа принадлежности клиента в соответствии с его лояльностью. Разработанная модель является достаточно гибкой и легко адаптируемой под специфику товара (услуги) или особенности потребителей. Могут быть введены новые или изменены предлагаемые базовые критерии оценки. Функции принадлежности могут быть также скорректированы привлеченными специалистами по конкретному направлению работы компании. Главными достоинствами модели являются ее гибкость, возможность моментальной обработки результатов и формирования на их основании смысловых выводов по лояльности клиентов по отношению к рассматриваемому товару (услуге).

**Ключевые слова:** лояльность клиентов, группы лояльности, математическая модель, многокритериальный анализ, критерии оценки лояльности, методика формирования нечеткого вывода, правила нечеткой базы знаний, экспертные суждения

## MULTI-CRITERIA MODEL OF CUSTOMER LOYALTY ANALYSIS

<sup>1</sup>Guseva A.I., <sup>1</sup>Matrosova E.V., <sup>1</sup>Tikhomirova A.N., <sup>2</sup>Matrosov N.N.

<sup>1</sup>National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute),  
Moscow, e-mail: aiguseva@mephi.ru;

<sup>2</sup>Self-employed person Abubekarov, Moscow, e-mail: matrosovnikolay444@yandex.ru

The purpose of this article is to develop a model of customer loyalty analysis. The model is based on a multi-criteria assessment of goods (services) by consumers. To achieve this goal, the authors proposed a way to group customers according to the parameters «repeat purchase» and «response». The following customer groups were identified and described: «Loyal customers», «Positive minded», «Negative minded» and «Full denial». As a mathematical modeling toolkit, the method of the fuzzy logic theory is used, namely, the fuzzy inference method. The model considers three key criteria for evaluating a product (service) by a client: the conformity of the product and service to the client's expectations (full compliance, partial compliance, complete non-compliance); product quality (high, medium, low); service quality (high, medium, low). Based on expert judgments, customer groups' functions for the criteria were constructed depending on the degree of expert confidence that the output linguistic variable takes a specific value. The result of the work is a multi-criteria model of customer loyalty analysis. To illustrate the use of the model, the assessment of a product (service) according to three key criteria is shown as an example of analysis. The customer group for the client is determined based on his assessment values of the key criteria. The developed model is quite flexible and easily adaptable to the specifics of a product (service) or consumer features. New or modified basic assessment criteria may be introduced. Customer groups' functions can also be adjusted by specialists involved in a particular area of the company's work. The main advantages of the model are its flexibility, the possibility of instant processing of results, and, based on these results, the formation of semantic conclusions on customer loyalty towards the particular product (service).

**Keywords:** customer loyalty, loyalty groups, mathematical model, multi-criteria analysis, loyalty evaluating criteria, methods for generating fuzzy inference, fuzzy knowledge base rules, expert judgments

В условиях высокой насыщенности рынка товарами и услугами на первый план выходят стратегии, направленные не только на привлечение новых клиентов, но и на удержание существующих. Для решения этой задачи разрабатываются многочисленные программы лояльности, задачей которых является эффективное вовлечение

клиентов в постоянное взаимодействие с компанией. Заинтересованный в своих покупателях бизнес должен постоянно совершенствовать подходы и методы анализа поведения клиентов.

Целью данного исследования является разработка модели анализа лояльности клиентов, построенной на основе

многокритериальной оценки товара (услуги) потребителями.

#### Материалы и методы исследования

Для разработки успешной маркетинговой стратегии часто происходит деление всех клиентов на кластеры, для каждого из которых требуется своя индивидуальная схема взаимодействия. О результатах своей работы компания часто может судить на основе отзывов клиентов о своей продукции и сервисе. Клиенты могут оставлять позитивные и негативные отзывы, а также не оставлять отзывы вовсе [1, 2]. Среди этих трех групп также можно провести внутреннее деление в соответствии с возможностью или невозможностью совершения повторной покупки этим клиентом.

Поскольку группа клиентов, которые не оставляют никакого отзыва, не дает информацию о своих впечатлениях о товаре и не может быть использована для получения многокритериальной оценки, в дальнейшем рассматриваются только 4 из возможных 6 групп.

– Группа 1 ( $a_Y$ ). Идеальные клиенты. Клиенты из данной группы не только сами повторно купят товар у компании, но и позитивно отзовутся или посоветуют покупку другим клиентам [3].

– Группа 2 ( $b_Y$ ). Позитивно настроенные. Клиенты из данной группы сами не планируют покупать товар или пользоваться услугами компании. Эти клиенты высоко оценили сам товар/услугу, но при этом этот товар/услуга не подходят лично им.

*Пример:* Клиент заказал предмет интерьера, который соответствует всем заявленным характеристикам, но не подошел конкретно клиенту по визуальным предпочтениям.

– Группа 3 ( $a_N$ ). Негативно настроенные. В эту группу можно отнести клиентов, которые остались недовольными какой-то составляющей процесса покупки товара или услуги. Этот негатив они транслируют другим клиентам в виде отклика или впечатления, однако сами для себя не исключают возможность повторной покупки.

*Пример:* Некачественно выполненная доставка. Доставка товара в другой день, длительное ожидание курьера. Клиент остался крайне недоволен зря потраченным временем и скорее всего поделится впечатлением со знакомыми лично или оставит негативный отзыв в интернете. Тем не менее параметр «цена» для этого клиента является ключевым. И в случае предложения самой низкой цены на требуемый товар данный клиент все же готов повторно осуществить покупку, ожидая возможные проблемы с доставкой.

– Группа 4 ( $b_N$ ). Полное отрицание. Неудовлетворенные по ключевым позициям клиенты, открыто не рекомендуемые другим товары/услуги компании.

*Пример:* Товар полностью не соответствует ожиданию клиентов или обладает критичным, с точки зрения клиента, недостатком. Повторная покупка невозможна, происходит трансляция негативного опыта с указанием существенного изъяна.

Отнесение клиентов к той или иной группе не является постоянным. После очередной покупки клиент может совершить произвольное перемещение из одной группы в другую. Задачей программ лояльности является перевод клиента в более благоприятно настроенную к компании группу. Таким образом, меры, предусмотренные программой лояльности, должны быть направлены или на удержание клиента в более позитивной группе, или на его переход из негативной группы в позитивную. Также всех клиентов можно разделить на два кластера: внешне ( $a_Y + b_Y$ ) и внутренне ( $a_Y + a_N$ ) лояльные клиенты.

При этом:

$$a_Y + b_Y + a_N + b_N = 100\% \quad (1)$$

Соотношение долей различных групп клиентов позволит оценить общую картину лояльности клиентов к компании. В таблице приведен пример для анализа долевого распределения клиентов по группам лояльности в соответствии с их ключевыми характеристиками.

Клиенты компании по группам лояльности

Ожидаемые действия клиентов	Посоветуют другим	Не посоветуют другим
Купят сами	$a_Y\%$	$a_N\%$
Не купят сами	$b_Y\%$	$b_N\%$

Таким образом, получается следующее доленое разделение клиентов на кластеры.

*Внешне:*

– лояльные клиенты –  $a_Y\% + b_Y\%$ ;  
– нелояльные клиенты –  $100\% - (a_Y\% + b_Y\%)$ .

*Внутренне:*

– лояльные клиенты –  $a_Y\% + a_N\%$ ;  
– нелояльные клиенты –  $100\% - (a_Y\% + a_N\%)$ .

Именно внутренняя лояльность клиентов характеризует возможность совершения ими повторных покупок. При этом внешняя лояльность формирует отношение к компании и ее бренду у людей, еще не взаимодействовавших с ней. Таким образом,  $a_Y\% + a_N\%$  клиентов готовы к совершению повторных покупок, а у  $a_Y\% + b_Y\%$  сформированы

рован положительный образ компании. При этом необходимо учитывать, что множество «внешне лояльные клиенты» не является подмножеством множества «внутренне лояльные клиенты», и наоборот. Но они пересекаются между собой, следовательно, есть такое множество, которое содержит только те элементы, которые встречаются в них обоих.

Программа лояльности компании должна быть составлена таким образом, чтобы входящие в нее меры способствовали положительно направленному движению клиентов между группами или хотя бы препятствовали негативному движению.

Клиенты группы 1 и так в значительной степени лояльны компании, поэтому компании остается только соответствовать их ожиданиям, не снижать качество товаров и сервиса. Для того чтобы клиенты этой группы не принимали решение в пользу конкурентов, присутствующих на рынке, необходимы проведение своевременного конкурентного анализа и предоставление постоянным клиентам различных бонусов и скидок.

Для того чтобы клиенты группы 2 перешли в группу 1, возможно вовлечение клиентов в систему информирования о новых услугах и товарах компании. Поскольку есть лояльность к бренду, в случае появления новых товаров и услуг, соответствующих специфике предпочтений клиентов данной группы, они могут совершить покупку снова.

Клиенты из группы 3 наиболее вероятно могут сделать два вида перемещения: или в группу 4, или в группу 1. Нахождение клиентов в группе 3 скорее всего говорит о том, что существует некий критичный фактор, вынуждающий их, несмотря на неполную удовлетворенность от предыдущей покупки, все же снова обратиться в ту же компанию. К наиболее значимым факторам можно отнести: стоимость товара компании, которая для этой категории клиентов существенно ниже, чем у конкурентов, или эксклюзивность товара, невозможность в принципе приобрести данный товар у другого продавца. Таким образом, чтобы не допустить перемещения клиентов из группы 3 в группу 4, необходимо продолжать политику представления уникальных товаров или сохранять самую низкую цену.

Для того чтобы переместить клиентов из группы 3 в группу 1, требуются другие действия:

- налаживание обратной связи с клиентом;
- проведение анализа причин неудовлетворенности клиента;
- совершенствование бизнес-процесса, в котором произошел сбой;

– предложение клиенту возможности совершения следующей покупки на индивидуальных условиях;

– получение отклика после реализации повторной продажи;

– формирование выводов об устранении проблемы или информации о дальнейшем направлении совершенствования процессов.

Клиенты, находящиеся в группе 4, как правило, с трудом могут быть перемещены в другие группы. При благоприятном для компании стечении обстоятельств, в случае изменения рыночной ситуации или потребностей клиента они могут перейти в группу 3. Это происходит, когда у них появляется необходимость в покупке эксклюзивного товара или разница в стоимости товаров у рассматриваемой компании и конкурентов становится значимой для них.

Также необходимо учитывать, что клиенты, имеющие негативный опыт приобретения товаров или использования услуг компании, намного интенсивнее информируют других потенциальных клиентов, чем имеющие позитивный опыт. Зона информирования негативного клиента больше, чем позитивного. При этом потенциальные клиенты, учитывающие мнение лиц, уже пользовавшихся товаром или услугой, получившие как позитивную, так и негативную оценку, являются более чувствительными к негативным отзывам. Однако можно выделить часть людей, на которых не будет влиять мнение других клиентов, при этом нейтральных потенциальных клиентов будет больше среди лиц, получивших позитивное информирование, и меньше – среди тех, кто получил негативное.

Для прогнозирования попадания клиента в ту или иную группу в качестве математической модели может быть использована методика формирования нечеткого вывода на основе нечеткой базы знаний. Нечетким логическим выводом называются аппроксимация зависимости  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$  каждой выходной лингвистической переменной от входных лингвистических переменных и получение заключения в виде нечеткого множества, соответствующего текущим значениям входов, с использованием нечеткой базы знаний и нечетких операций [4]. Лингвистическими переменными являются входные и выходные параметры рассматриваемой системы.

Для описания процесса задается совокупность высказываний следующего вида [5]:

$L_1$ : если  $A_{11}$  и/или  $A_{21}$  и/или ... и/или  $A_{1m}$ , то  $B_{11}$  и/или ... и/или  $B_{1n}$ ,

$L_2$ : если  $A_{21}$  и/или  $A_{22}$  и/или ... и/или  $A_{2m}$ , то  $B_{21}$  и/или ... и/или  $B_{2n}$ ,

$L_k$ : если  $A_{k1}$  и/или  $A_{k2}$  и/или ... и/или  $A_{km}$ , то  $B_{k1}$  и/или ... и/или  $B_{kn}$ , где  $A_{ij}, i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, m$  – нечеткие высказывания, определенные на значениях входных лингвистических переменных, а  $B_{ij}, i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, m$  – нечеткие высказывания, определенные на значениях выходных лингвистических переменных. Эта совокупность правил носит название нечеткой базы знаний.

Клиент может попасть в одну из вышеописанных четырех групп.

- Группа 1 ( $a_Y$ ). Идеальные клиенты.
- Группа 2 ( $b_Y$ ). Позитивно настроенные.
- Группа 3 ( $a_N$ ). Негативно настроенные.
- Группа 4 ( $b_N$ ). Полное отрицание.

Влияние на то, в какую группу попадает клиент, оказывают три следующих ключевых критерия: соответствие товара и сервиса ожиданиям клиента; качество товара; качество сервиса.

Оценки по критериям могут быть дифференцированы следующим образом:

- соответствие товара и сервиса ожиданиям клиента: полное соответствие / частичное соответствие / полное несоответствие;
- качество товара: высокое / среднее / низкое;
- качество сервиса: высокое / среднее / низкое.

Влияние значений этих критериев на попадание клиента в определенную группу можно описать набором правил нечеткой базы знаний. Правила формулируются группой экспертов, работающих с продвижением товара и оценкой лояльности клиентов, и поясняют логический вывод об отнесении клиента в группу в зависимости от оценки рассматриваемых критериев. В правилах используются логические функции И и ИЛИ. Логическая функция И обозначает логическое умножение, а ИЛИ – сложение [6]. Конструкция правила представляет собой импликацию, слева указывается посылка, а справа – вывод. В русском языке

это соответствует форме ЕСЛИ...ТО. Для прогнозирования попадания в группы были построены следующие правила.

1. ЕСЛИ полное соответствие ожиданиям клиента И высокое качество товара И высокое качество сервиса, ТО клиент попадает в Группу 1 ( $a_Y$ ). «Идеальные клиенты».

2. ЕСЛИ полное соответствие ожиданиям клиента И (высокое ИЛИ среднее качество товара) И (высокое ИЛИ среднее качество сервиса), ТО клиент попадает в Группу 2 ( $b_Y$ ). «Позитивно настроенные».

3. ЕСЛИ частичное соответствие ожиданиям клиента И высокое качество товара И (высокое ИЛИ среднее) качество сервиса, ТО клиент попадает в Группу 2 ( $b_Y$ ). «Позитивно настроенные».

4. ЕСЛИ частичное соответствие ожиданиям клиента И (низкое качество товара ИЛИ низкое качество сервиса), ТО клиент попадает в Группу 3 ( $a_N$ ). «Негативно настроенные».

5. ЕСЛИ полное несоответствие ожиданиям клиента И высокое качество товара И высокое качество сервиса, ТО клиент попадает в Группу 3 ( $a_N$ ). «Негативно настроенные».

6. ЕСЛИ полное несоответствие ожиданиям клиента И (низкое качество товара ИЛИ низкое качество сервиса), ТО клиент попадает в Группу 4 ( $b_N$ ). «Полное отрицание».

На основе экспертных суждений были построены функции принадлежности для критериев в зависимости от степени уверенности эксперта в том, что выходная лингвистическая переменная принимает конкретное значение. Пример таких графиков представлен на рис. 1.

Соответствие товара и сервиса ожиданиям клиента, как и другие критерии, оценивается в баллах по 10-балльной шкале. Самый низкий балл – 0 – присваивается экспертом, когда ожидания клиента полностью не оправдываются. Высокая оценка присваивается с уверенностью 1, если оценка по критерию находится в диапазоне [7].



Рис. 1. Графики для описания критерия «соответствие товара и сервиса ожиданиям клиента»

Если этот критерий получает балл в промежутке (7; 9), то товар или услуга могут полностью соответствовать ожиданиям клиента с некоторой степенью уверенности эксперта. Если оценка находится в промежутке [0; 3], то это говорит о полной неудовлетворенности ожиданий. Средний уровень с полной уверенностью определяется, если по данному критерию оценка лежит в диапазоне [8]. Остальные значения являются промежуточными, отображающими некоторые сомнения эксперта.

Аналогично строятся графики для критериев «качество товара/услуги» и «качество сервиса». После оценки критериев необходимо в баллах оценить варианты мнения эксперта по отношению клиентов к определенным группам лояльности. Затем после определения функций принадлежности при наличии оценок по критериям для конкретного клиента можно провести анализ и получить оценочную принадлежность к группе лояльности.

В качестве примера, иллюстрирующего использование базы нечетких правил, рассмотрим клиента, оценившего свой опыт взаимодействия с компанией следующими балльными оценками (7; 8; 5), где 7 – соответствие ожиданиям, 8 – качество товара/услуги, а 5 – качество сервиса. Указанные значения по критериям отмечаются на соответствующих графиках (рис. 2).

Построение графиков с обозначением линии, отображающей конкретные оценки, относится к этапу фаззификации. По каждому из графиков для точки пересечения кривой и линии, соответствующей оценочным данным, рассчитывается координата по оси ординат. Эта ордината показывает степень уверенности эксперта в том, что выходная лингвистическая переменная принимает конкретное значение. Далее эти значения будут использоваться для графического отображения правил.

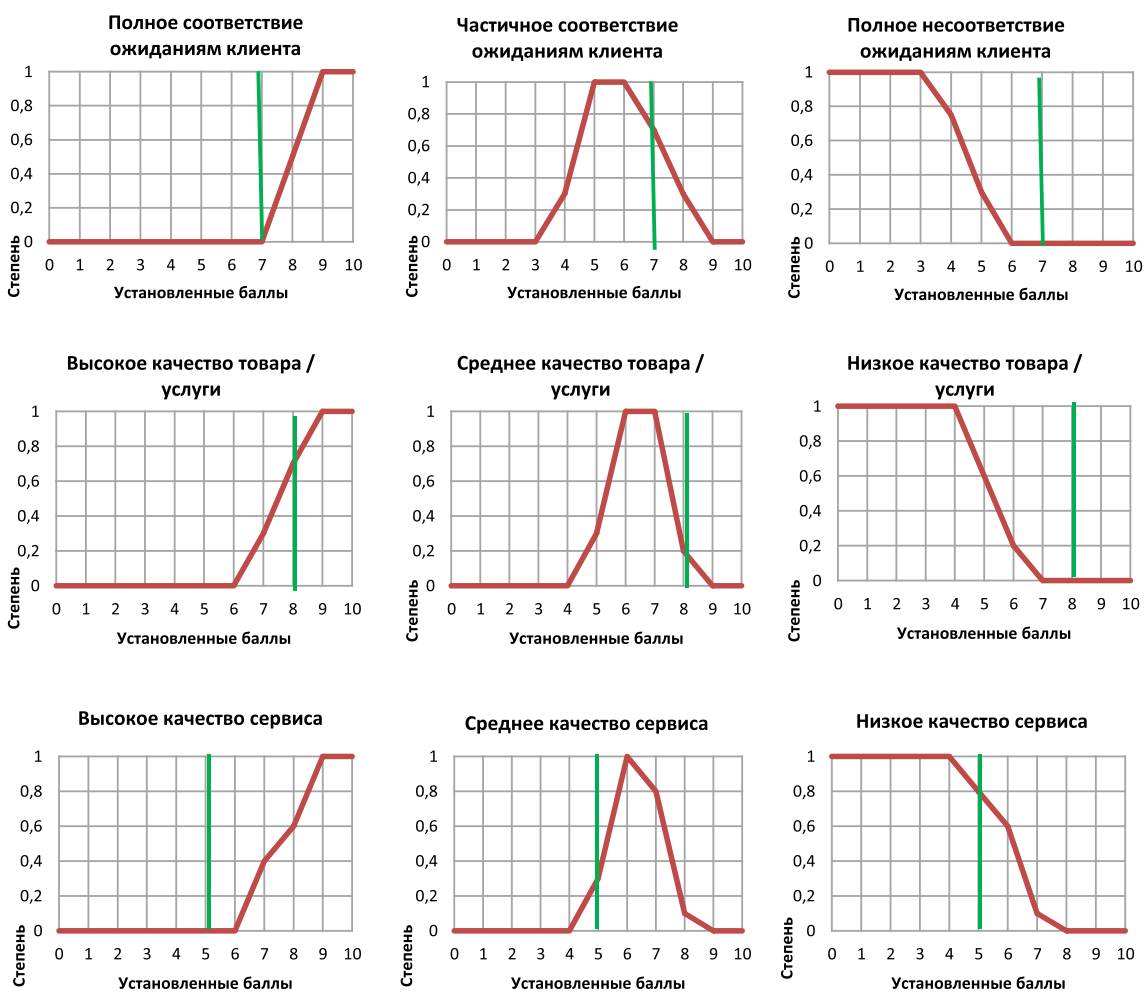


Рис. 2. Этап фаззификации при построении нечеткого вывода

Следующим этапом является «этап непосредственного нечеткого вывода». На основании набора правил – нечеткой базы знаний – вычисляется значение истинности для предпосылки каждого правила на основании конкретных нечетких операций, соответствующих конъюнкции или дизъюнкции термов в левой части правил [9]. В большинстве случаев это либо максимум, либо минимум из степеней уверенности термов, вычисленных на этапе фаззификации, который применяется к заключению каждого правила. Используя способ построения нечеткой импликации, получаем нечеткую переменную, соответствующую вычисленному значению степени уверенности в левой части правила и нечеткому множеству в правой части правила.

На графиках (рис. 3) представлены итоги импликации, проведенной в соответствии с составленными правилами и экспертными оценками.

Поскольку итог – отнесение к группе 3, то для рассмотрения его построения выбирается именно этот график.

График строится для четвертого правила: ЕСЛИ частичное соответствие ожиданиям клиента И (низкое качество товара ИЛИ низкое качество сервиса), ТО клиент попадает в Группу 3 ( $a_N$ ). «Негативно настроенные».

Для получения линии, выделенной зеленым цветом на графике, были реализованы следующие шаги:

– в правиле указано частичное соответствие ожиданиям клиента, следовательно, рассматривается этот график и указывается точка пересечения этого графика с линией, соответствующей оценке по этому критерию, по представленным данным ордината точки пересечения – 0.7;

– в правиле указано низкое качество, следовательно, рассматривается этот график и указываются точка пересечения этого графика с линией, оценка по этому критерию, по представленным данным ордината точки пересечения – 0;

– в правиле указано низкое качество сервиса, следовательно, рассматривается этот график и указываются точка пересечения этого графика с линией, оценка по этому критерию, по представленным данным ордината точки пересечения – 0.8;

– далее с полученными значениями реализуются логические вычисления, указанные в правиле: 0.7 И (0 ИЛИ 0.8), это значит: сначала выбирается  $\max(0, 0.8) = 0.8$ , а затем  $\min(0.7, 0.8) = 0.7$  – по полученному числу строится линия на итоговом графике.

После построения графика его необходимо преобразовать путем усечения графиков рекомендаций по уровню найденной линии.

На рис. 3 представлены итоговые графики по всем сформированным правилам. После построения всех графиков видно, что для всех правил, кроме правил 3 и 4, получается прямая, совпадающая с линией абсцисс.

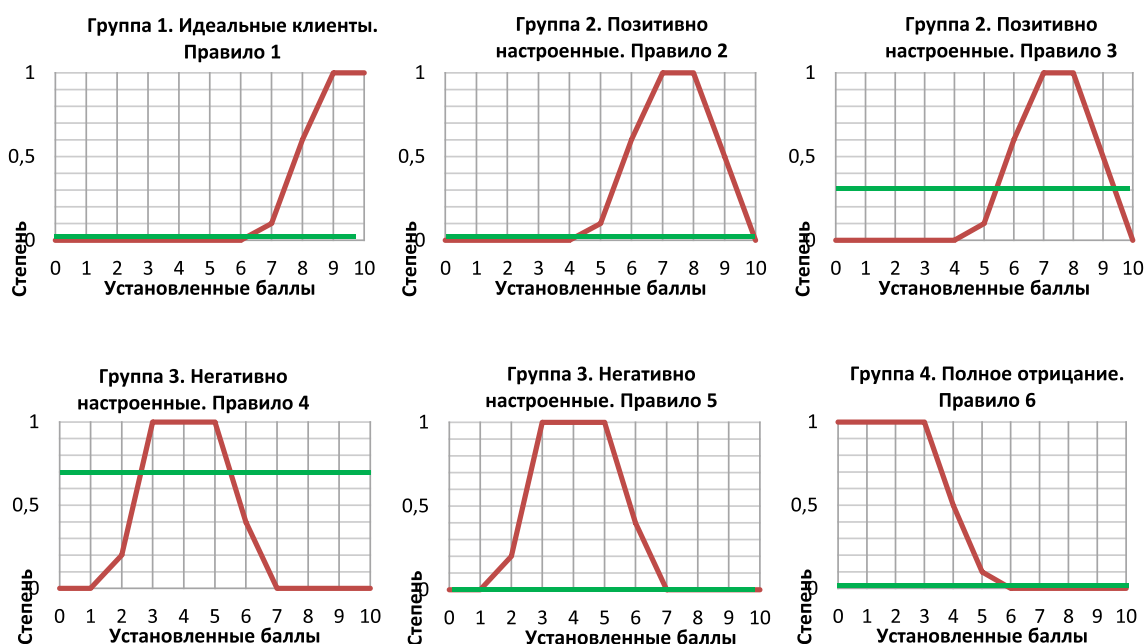


Рис. 3. Отображение применения правил нечеткой базы знаний

Таким образом, графики, представленные на рис. 3, после усечения необходимо совместить. Получаем график, представленный на рис. 4. Этот этап является следующим шагом алгоритма нечеткого вывода и следует после построения графиков по правилам. На этом этапе все нечеткие множества, назначенные для каждого термина каждой выходной лингвистической переменной, объединяются, и формируется единственное нечеткое множество – значение для каждой выводимой лингвистической переменной.

Формирование единственного нечеткого множества происходит путем построения верхней огибающей.

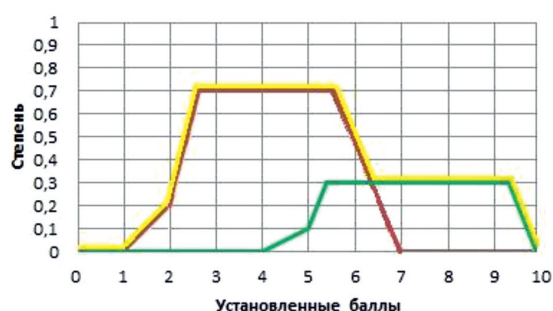


Рис. 4. Получение итогового графика

После получения итогового графика можно перейти к последнему шагу – дефаззификации. Для этого следует найти «центр тяжести графика».

Если множество  $A = \sum_{i=1}^n x_i$ , то центр

тяжести определяется по формуле:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \mu_A(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)}, \quad (2)$$

где  $x_i$  – значение по оси абсцисс, а  $\mu_A(x_i)$  – соответствующее значение графика по оси ординат.

Для полученного графика (рис. 4) центр тяжести равен 5,14. Судя по полученному результату, эксперт будет уверен в принадлежности анализируемого клиента, поставившего многокритериальную оценку (7;8;5) по итогам своего опыта взаимодействия с компанией, к группе 3 ( $a_N$ ) «Негативно настроенные».

### Заключение

Использование предлагаемого метода позволит непосредственно сразу после получения оценки от клиента определить, к какой группе он относится, и принять адресные меры по повышению его лояльности. Накопление достаточного объема статистических данных даст возможность также сформировать рекомендации по изменению маркетинговой стратегии и позиционированию товаров или услуг.

Управление в социально-экономических системах является сложным процессом, подразумевающим необходимость проведения многокритериального анализа, при этом применяемые методы должны позволять оперативное проведение анализа по мере накопления данных, а также обеспечивать возможность учета формализованного экспертного мнения и гибкой корректировки вводных данных и экспертной оценки по мере изменения ситуации.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 20-010-00708\20.*

### Список литературы

1. Копкова Е.С., Власова Ю.Е. Индекс лояльности клиента – рычаг управления стратегией компании // *Фундаментальные исследования*. 2018. № 12–1. С. 119–124.
2. Резник Г.А., Власкина М.В. Лояльность клиентов как показатель эффективности маркетинговой стратегии предприятия // *Вестник евразийской науки*. 2019. Т. 11. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://esj.today/PDF/26ECVN119.pdf> (дата обращения: 11.06.2020).
3. Бакиева А.М. Нигматуллина О.Ю. Методика оценки лояльности к бренду // *Вестник БГАУ*. 2012. № 2. С. 81–84.
4. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Винница: Изд. ВГТУ, 2001. 198 с.
5. Kluchnikov M.M., Matrosova E.V., Tikhomirova A.N., Tikhomirova S.A. Development of an Optimal Production Plan Using Fuzzy Logic Tools. BICA 2019: Biologically Inspired Cognitive Architectures Published: 17 July 2019 by Springer Science and Business Media LLC in Advances in Intelligent Systems and Computing Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. P. 211–218. DOI: 10.1007/978-3-030-25719-4\_27.
6. Тихомирова А.Н. Клейменова М.Г. Нечеткие модели дискретной математики: учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 256 с.
7. Маренко В.А., Лучко О.Н., Мальцева М.И. Когнитивная модель «Лояльность клиентов» // *Математические структуры и моделирование*. 2016. № 1 (37). С. 66–73.
8. Григорьева Д.Р., Гареева Г.А., Басыров Р.Р. Основы нечеткой логики: учебно-методическое пособие к практическим занятиям и лабораторным работам. Набережные Челны: Изд. НЧИ КФУ, 2018. 42 с.
9. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / Перевод с фр. В.Б. Кузьмина; ред. С.И. Травкин. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.