ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ САЙТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕЧЁТКОГО УПРАВЛЕНИЯ

УДК: 658.8:004
ББК: 65.291:16.263
DOI: 10.22394/2304-3369-2020-2-39-49

ГРНТИ: 20.51.23
Код ВАК: 08.00.05

С.Ф. Молодецкая
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации,
Екатеринбург, Россия
AuthorID: 704035

Т.Ф. Шитова
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации,
Екатеринбург, Россия

АННОТАЦИЯ:
В современном мире для принятия управленческих решений необходимы знания о системе продвижения товаров и услуг. Развиваются научные направления, связанные с предварительным выявлением и классификацией потенциальных потребителей. Изучение и накопление знаний по данному вопросу привело к появлению различных методик анализа, в частности метод Черчмена-Акоффа, метод поэтапного сравнения, вероятностный метод, методика Саати, нечеткие множества. В статье приводятся преимущества применения методики нечеткого управления для определения эффективности сайта.

Целью данной работы является разработка технологии оценки эффективности сайта на основе теории нечетких множеств Для расчета оценки используются данные, которые получены в результате установки на сайт Яндекс.Метрики и Google Analytics. Для анализа динамики продаж товаров, которые реализует ООО «Радуга», приведены данные двух периодов. Определена лингвистическая переменная g – «эффективность разработки сайта». Универсальным множеством для переменной g определен отрезок $[0, 1]$, а множество значений переменной g – отрезок $G = \{G1, G2, G3, G4, G5\}$. Составлена таблица функции принадлежности подмножеств терм-множества g. Заключение об эффективности сайта проводится на основе показателей эффективности.

Каждый из этих показателей – это переменная, принимающая определенные значения на заданном промежутке времени. Т.к. шкалы существенно отличаются, в программе Excel проведено нормирование. Определены экспертные оценки термов. Рассчитаны значения функции принадлежности лингвистической переменной g – «эффективность сайта» за декабрь 2019 г., январь 2020 г. с учетом рангов по методике Фишберна. Сделаны выводы по эффективности использования сайта для ведения бизнеса в интернете.

Предложенная методика оценки на основе технологии нечеткого управления позволяет наиболее точно определить эффективность от использования сайта при построении бизнеса в интернете, т.к. рассматриваются качественные оценки значений критериев, что позволяет более точно дать оценку эффективности сайта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нечеткие множества, неопределенность, нечеткая логика, лингвистическая переменная, критерии оценки эффективности сайта, технология нечеткого управления, терм-множество, функция принадлежности, вероятностный метод, методика Саати, метод Черчмена-Акоффа.

© Молодецкая С.Ф., Шитова Т.Ф., 2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Светлана Федоровна Молодецкая, Уральский институт управления, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации,
620142, Россия, г. Екатеринбург, ул. Чапаева, 16а, molodezkayasf@mail.ru

Татьяна Федоровна Шитова, кандидат социологических наук, доцент, Уральский институт управления, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации,
620142, Россия, г. Екатеринбург, ул. Степана Разина, 29, shitovatat@yandex.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Молодецкая С.Ф., Шитова Т.Ф. Оценка эффективности сайта на основе технологии нечёткого управления // Вопросы управления. 2020. № 2 (63). С. 39–49.

В современном мире компании, которые работают на рынке, предоставляя потребителям свои товары и услуги, параллельно развивают своей бизнес и в сети «Интернет». Сайт является одним из основных компонентов модели продвижения бизнеса в интернете – важной составляющей для того, чтобы понимать, насколько бизнес востребован, насколько востребованы товары и услуги статистика сайта. Статистику для сайта необходимо постоянно обновлять, т.к. индексирование различными поисковыми системами совершенствуется. Статистику можно получить благодаря пакету анализа сайтов – Google Analytics и Яндекс.Метрика. Эти сервисы предоставляют возможность проводить оценку продуктивности работы сайта на основе показателей. Определим показатели эффективности сайта (KPI):

1) посещаемость сайта;

2) число оставленных заявок через формы обратной связи;

3) количество входящих вызовов на телефонный номер, представленный на сайте;

4) проведение специальных акций, подразумевающих размещение информации исключительно на сайте, что даёт возможность определить количество его посетителей, посчитав число пользователей, принявших участие в мероприятии;

5) источник трафика, показывающий, откуда на сайт пришли посетители;

6) определение времени пребывания на страницах сайта;

7) определение страниц, с которых начато и которыми закончено посещение сайта; если ресурс покинут ранее, чем просматриваются карточки товара и совершается целевое действие, стоит определить страницу наиболее частого выхода и поработать над ее качеством;

8) выявление страниц-проводников, в роли которых чаще всего выступают главная и основные страницы каждого раздела;

9) статистика показателей отказов;

10) определение ключевых фраз, по которым пользователи перешли на сайт;

11) социально-демографические факторы;

12) расчет процентного показателя новых посетителей;

13) число совершенных покупок с сайта.

Все вышеперечисленные показатели можно оценивать через равные промежутки времени. В этом случае мы можем наблюдать динамику по каждому из показателей.

Для проведения комплексной оценки эффективности сайта можно использовать различные методики, например метод Черчмена-Акоффа, метод поэтапного сравнения, вероятностный метод, метод многокритериальной оценки, в частности методику Саати, нечеткие множества.

Рассмотрим каждый метод в отдельности.

Метод Черчмена-Акоффа заключается в следующем: эксперты сначала располагают оцениваемые объекты в порядке убывания значимости. Затем первому присваивается в качестве оценки единица, а остальным – меньшие значения. Далее проверяется условие, согласно которому полученная оценка любого объекта должна быть меньше, чем сумма оценок для объектов с меньшим рангом. Предполагается, что если какой-то объект превосходит по степени предпочтительности остальные, вместе взятые, то их следует исключить из рассмотрения.

Вероятностный метод. Вероятностные методы основываются на знании количественных характеристик рисков, сопровождающих реализацию аналогичных проектов, и учете специфики отрасли, политической и экономической ситуации. В рамках вероятностных методов можно проанализировать и оценить отдельные виды инвестиционных рисков. В то же время два других метода – определение критических точек и анализ чувствительности – дают лишь общее представление об устойчивости проекта к изменениям заложенных в него параметров.

Метод поэтапного сравнения применяется в случаях, когда есть возможность выбрать не один, а сразу несколько объектов, или вариантов решения, поэтому необходимо проводить сравнение предпочтительного варианта с различными комбинациями менее предпочтительных решений.

Методика Саати основана на попарном сравнении критериев. Путем простого перечисления формируется набор (множество) возможных решений и набор критериев для их оценки. Строятся матрицы парных сравнений по каждому критерию и матрица сравнения критериев между собой. На основе этих матриц определяются рейтинги по критериям и рейтинги (веса) самих критериев. Итоговый рейтинг вычисляется как свертка полученных результатов, проведенная путем сложения произведений рейтингов по критериям на веса критериев.

Нечеткие множества. Знания не всегда могут быть описаны точно – часто встречаются так называемые «нечеткие знания». Все нечеткости можно классифицировать следующим образом: 1) недетерминированность выводов; 2) неоднозначность; 3) ненадежность; 4) неполнота.

Методологической основой нечетких знаний является теория нечетких множеств. Это поразительная особенность человеческого интеллекта, когда человек может принимать решение в условиях неполной, нечеткой и расплывчатой информации. 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 [6].

Термин «нечеткая логика» впервые был введен в 1965 году американским профессором Лотфи Заде. Подобная технология анализа нашла свое применение во многих сферах человеческой деятельности. В 1991 году была сконструирована первая «интеллектуальная» стиральная машина, основу управления которой составляла нечеткая логика. Автоматически определяя нечеткие входные факторы: объем и качество белья, уровень загрязненности, тип порошка и т.д.), стиральная машина выбирала оптимальный режим стирки из 3 800 возможных. Примеров применения нечеткой логики множество: это распознавание рукописных символов в карманных компьютерах, распознавание рукописных текстов, объектов, голоса, управление метрополитенами для повышения удобства вождения, оптимизация потребления бензина в автомобилях, повышение чувствительности и эффективности управления лифтами, системы прогнозирования землетрясений и т.д. Суть теории нечетких множеств заключается в формализации методов, которые позволяют провести анализ по определенным показателям в «гуманитарных областях». В теории развиваются методы, содержащие расплывчатые понятия, т.е. математический аппарат теории нечетких множеств дает возможность моделировать рассуждения, например, «высокая эффективность проекта», «средние объемы продаж», «низкий уровень дохода». При этом существуют только две возможности для элемента: он может либо принадлежать, либо не принадлежать данному подмножеству. Существует и определенный нюанс: мысль людей и их восприятие не разделены четкими границами. В теории нечетких множеств формализация нечеткости осуществляется путем введения понятия степени принадлежности элемента нечеткому множеству.

Например, *g* – лингвистическая переменная со значением «эффективность сайта». Терм-

множество переменной g будут включать следующие термы: «количество покупок с сайта», «количество оставивших заявок на сайте», «количество посетителей на сайт». Почему этим переменным мы даем качественную оценку? Каждый бизнес специфичен по своей сути, одна компания выводит новый товар на рынок, и тогда объемы продаж в «начальном сезоне» не могут быть большими, т.к. существует ряд факторов, которые могут оказывать влияние на динамику продаж, другая компания, желая преумножить свой капитал, создает сайт в сети «Интернет» и начинает продажи через сеть «Интернет» на основе того, что о товаре уже знает потребитель. Поэтому однозначно сказать, что этот показатель свидетельствует о высоких объемах продаж, невозможно, а следовательно и эффективно использовать сайт по отношению к конкурентам также невозможно.

Рассмотрим пример применения теории нечетких множеств.

Постановка задачи

Требуется дать количественную оценку истинности экспертного заключения об эффективности сайта компании ООО «Радуга», которая имеет свой бизнес не только как физическая компания, но и в сети «Интернет». ООО «Радуга» реализует продукты питания различных производителей. Компания существует на рынке с 2018 года, в сети «Интернет» – с мая 2018 года. Следовательно, т.к. бизнес развивающийся, объемы продаж через сеть «Интернет» сравнительно небольшие. В данном случае следует провести анализ по периодам: декабрь 2019 года и январь 2020 года.

Для анализа будем использовать систему из шести показателей эффективности сайта. Для анализа данных применим теорию нечетких множеств.

Введем лингвистическую переменную g – эффективность разработки сайта для ООО «Радуга». Универсальным множеством для переменной g является отрезок $[0, 1]$, а множеством значений переменной g является отрезок $G = \{G1, G2, G3, G4, G5\}$, где G_1 – предельно низкая эффективность, G_2 – низкая эффективность, G_3 – средняя эффективность, G_4 – высокая эффективность, G_5 – очень высокая эффективность

Каждый из термов множества G будет являться подмножеством на отрезке $[0, 1]$. Рассмотрим нечеткие подмножества как трапециевидные нечеткие числа [4].

Лингвистическая переменная имеет трапециевидную функцию принадлежности, поэтому определение ее должно быть описано как четверка чисел $x = (a_1, a_2, a_3, a_4)$.

Так как границы интервала заданы нечетко, то необходимо ввести абсциссы вершин трапеции следующим образом:

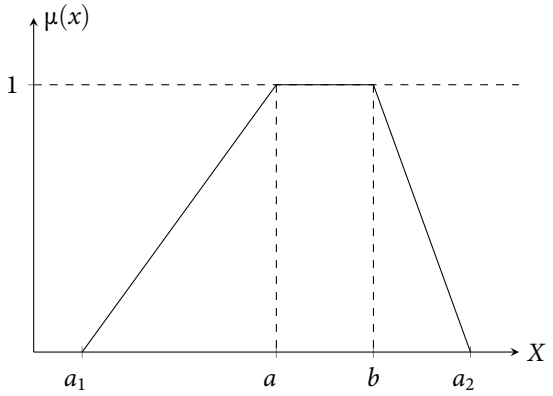


Рисунок 1 – Трапециевидная функция лингвистической переменной

$$\begin{cases} a = \dfrac{a_1 + a_2}{2}, \\ b = \dfrac{b_1 + b_2}{2}. \end{cases} \quad (1)$$

Но как мы видим из графика, представленная трапеция – не равнобедренная. Отставание вершин a_1, a_2 и b_1, b_2 друг от друга связано с тем, какую семантику мы вкладываем в понятие «примерно»: чем больше разброс статистических данных, тем боковые ребра трапеции являются более пологими.

Например, высказывание «Среднее значение – это примерно от a до b» и есть экспертная оценка (нечеткой классификации), а тогда можно использовать для моделирования нечетких классификаций трапезоидные числа [5].

Трапециевидная функция принадлежности определяется как $x = [a_i, a_2]$. Максимальное значение $(\mu_i(x) = 1)$ достигается на отрезке $[a, b]$. Трапециевидную функцию принадлежности в виде формулы можно записать следующим образом:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < a; \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{если } a_1 \leqslant x < a_2; \\ 1, & \text{если } a_2 \leqslant x \leqslant a_3; \\ \dfrac{x - a_4}{a_3 - a_4}, & \text{если } a_3 \leqslant x \leqslant a_4; \\ 0, & \text{если } x > a_4. \end{cases} \quad (2)$$

где a_i, a, b – некоторые числа.

Трапециевидные функции принадлежности используются для определения термов, аналогичных треугольной функции. График трапециевидной функции принадлежности, определяемой формулой (2), приведен на рисунке 1.

Допустим, что в рамках составления проекта бюджета рассматриваются различные источники финансирования. Причем некоторые из них характеризуются неточностью оценки денежных сумм на день оценивания, а другие – малой надежностью. Кроме того, из бюджета необходимо отдать долги, количество которых также неточно, так как зависит от того, потребует ли кредитор все или только часть в следующем финансовом периоде.

Источник A: финансирование обеспечивается, его сумма может изменяться от 40 до 100 млн. в зависимости от конъюнктуры, но с наибольшей вероятностью можно ожидать поступления в сумме от 50 до 70 млн.

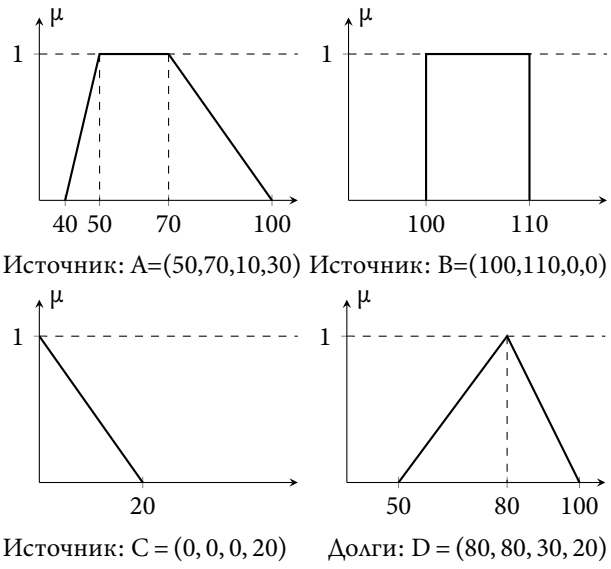


Рисунок 2 – Функции принадлежности для каждой из четырех нечетких переменных

Источник B: источник надежен, и разумно полагать, что финансирование будет предоставлено и составит сумму 100–110 млн.

Источник C: источник ненадежен, а если и даст, то не более 20 млн.

Долг D: плата за кредиты 50–100 млн., но наиболее вероятна выплата 80 млн.

Таким образом, имеем три источника поступлений и один источник расхода. Построим на основе их описаний трапециевидные функции принадлежности для каждой из четырех нечетких переменных (рис. 2).

Таблица 1 – Функция принадлежности нечеткого множества G_k

Терм G_k	**Функция принадлежности нечеткого множества** G_k
G_5 – очень низкая эффективность, $G_5 \in [0; 0{,}25]$	$\mu_5 = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leqslant g \leqslant 0{,}15; \\ 10\,(0{,}25 - g), & \text{если } 0{,}15 \leqslant g \leqslant 0{,}25 \end{cases}$
G_4 – низкая эффективность, $G_4 \in [0{,}15; 0{,}45]$	$\mu_4 = \begin{cases} 1 - 10\,(0{,}25 - g), & \text{если } 0{,}15 < x \leqslant 0{,}25; \\ 1, & \text{если } 0{,}25 < x \leqslant 0{,}35; \\ 10\,(0{,}45 - g), & \text{если } 0{,}35 < x \leqslant 0{,}45 \end{cases}$
G_3 – средняя эффективность, $G_3 \in [0{,}35; 0{,}65]$	$\mu_3 = \begin{cases} 1 - 10\,(0{,}45 - g), & \text{если } 0{,}35 < x \leqslant 0{,}45; \\ 1, & \text{если } 0{,}45 < x \leqslant 0{,}55; \\ 10\,(0{,}45 - g), & \text{если } 0{,}55 < x \leqslant 0{,}65 \end{cases}$
G_2 – высокая эффективность, $G_2 \in [0{,}55; 0{,}85]$	$\mu_2 = \begin{cases} 1 - 10\,(0{,}65 - g), & \text{если } 0{,}55 < x \leqslant 0{,}65; \\ 1, & \text{если } 0{,}65 < x \leqslant 0{,}75; \\ 10\,(0{,}85 - g), & \text{если } 0{,}75 < x \leqslant 0{,}85 \end{cases}$
G_1 – предельно высокая эффективность, $G_1 \in [0{,}75; 1]$	$\mu_1 = \begin{cases} 1 - 10\,(0{,}85 - g), & \text{если } 0{,}75 \leqslant x \leqslant 0{,}85; \\ 1, & \text{если } 0{,}85 < g \leqslant 1 \end{cases}$

Таблица 2 – Данные по показателям эффективности сайта

Показатели эффективности сайта	Декабрь 2019	Январь 2020	Нормированное значение Декабрь 2019	Нормированное значение Январь 2020
X_1 – среднее время пребывания на сайте (1 пользователь)	6	3	– 0,6469	– 0,64822
X_2 – количество новых зарегистрированных посетителей	1 452	967	– 0,01114	– 0,22438
X_3 – показатель отказов (% посетителей, ушедших с сайта, не успев зайти)	15	7	– 0,64294	– 0,64646
X_4 – количество отказов от сформированных покупок в корзине	57	29	– 0,62448	– 0,63679
X_5 – число оставленных заявок через форму обратной связи	1 436	870	– 0,01817	– 0,26703
X_6 – общее количество посетителей сайта	5 898	4 287	1,943634	1,235326

Верхнее основание трапеции соответствует полной уверенности эксперта в правильности своей классификации, а нижнее – уверенности в том, что никакие другие значения интервала (0; 1) не попадают в выбранное нечеткое подмножество.

Для проведения описания термов B_{ij} нашего примера необходимо составить таблицу функции принадлежности подмножеств термножества g. Полученное значение функции принадлежности – это значение функции истинности терма G_i. Заключение об эффективности сайта будем делать на основе показателей эффективности.

Определим систему из шести показателей: X_1 – среднее время пребывания на сайте; X_2 – количество новых зарегистрированных посетителей; X_3 – показатель отказов (% посетителей, ушедших с сайта, не успев зайти); X_4 – количество отказов от сформированных покупок в корзине; X_5 – число оставленных заявок через форму обратной связи; X_6 – общее число посетителей сайта.

Примем, что все показатели являются равнозначными для анализа ($r_i = 1/6$).

Каждый из этих показателей – это переменная, принимающая определенные значения на заданном промежутке времени. Каждую из этих переменных следует рассматривать как множество лингвистической переменной B_i, которая состоит из термов:

B_1 – очень низкий уровень показателя x_i;

B_2 – низкий уровень показателя x_i;

B_3 – средний уровень показателя x_i;

B_4 – высокий уровень показателя x_i;

B_5 – очень высокий уровень показателя x_i.

Сведем все данные в таблицу. Данные получены благодаря сервису Google Analytics и Яндекс.Метрика.

Так как шкалы существенно отличаются, проведем нормирование. Для этого в программе Excel воспользуемся функцией «Нормализация».

Для того, чтобы применить функцию «Нормализация», необходимо предварительно рассчитать среднее значение и стандартное отклонение. Проведем расчеты для выборки «Декабрь 2019»: среднее значение составляет 1 477,3333 и стандартное отклонение составляет 2 274,433. Для выборки «Январь 2020»: среднее значение составляет 494,895, стандартное отклонение – 312,7768.

Таким образом, нормированные значения позволяют создать стандартизированные единицы измерения (табл. 2).

	A	B	C	D	E	F
1	дек.19					
2	выборка	норм. значение		2274,433	станд.откл.	
3	6	-0,646901105		1477,333	сред. Знач.	
4	1452	-0,011138306				
5	15	-0,642944075				
6	57	-0,624477935				
7	1436	-0,018173026				
8	5898	1,943634447				
9						
10	янв.20					
11	выборка	норм. значение		1657,759	станд.откл.	
12	3	-0,648220115		1027,167	сред. Знач.	
13	967	-0,224378249				
14	7	-0,646461435				
15	29	-0,636788695				
16	870	-0,267026238				
17	4287	1,235326101				
18						

Рисунок 3 – Нормирование данных

Таблица 3 – Экспертные оценки термов B_{ij}

Показатель	**Терм**				
	B_{i1}	B_{i2}	B_{i3}	B_{i4}	B_{i5}
x_1	(–∞; –∞; –1; –0,9)	(–1; –0,9; –0,7; –0,5)	(–0,7; –0,5; –0,3; –0,2)	(–0,3; –0,2; 0; 0,1)	(0; 0,1; 0,3; +∞)
x_2	(–1; –0,5; –0,3; –0,1)	(–0,3; –0,1; –0,07; –0,02)	(–0,07; –0,05; 0,02; 0,03)	(0,02; 0,03; 0,04; 0,05)	(0,04; 0,05; 0,1;1)
x_3	(–∞; –∞; –1; –0,9)	(–1; –0,9; –0,8; –0,7)	(–0,8; –0,7; –0,6; –0,5)	(0; –0,5; –0,2; –0,1)	(–0,2; –0,1; 0; +∞)
x_4	(–∞; –∞; –1; –0,9)	(–1; –0,9; –0,6; –0,5)	(–0,6; –0,5; –0,4; –0,3)	(–0,4; –0,3; –0,2; –0,1)	(–0,2; –0,1; 0; +∞)
x_5	(–∞; –1; –0,5; –0,1)	(–0,5; –0,1; –0,05; –0,03)	(–0,05; –0,03; –0,01; 0,1)	(–0,01; 0,1; 0,2; 0,3)	(0,2; 0,3; 1; +∞)
x_6	(0; 1,6; 1,7; 1,8)	(1,7; 1,8; 1,9; 2)	(1,9; 2; 2,1; 2,2)	(2,1; 2,2; 2,3; 2,4)	(2,3; 2,4; 2,5; +∞)

Таблица 4 – Значение функции принадлежности μ

Значение показателя x		**Трапезоидные числа**	**Интерпретация термов** B_i	**Значение функции принадлежности** μ
Декабрь 2019	Январь 2020			
$X_1 = -0{,}647$	$X_1 = -0{,}648$	$B_{12} = (-1; -0{,}9; -0{,}7; -0{,}5)\|_{\text{декабрь 2019}}$	низкий уровень показателя x_1	$\mu_{12} = 0{,}265$
		$B_{13} = (-0{,}7; -0{,}5; -0{,}3; -0{,}2)\|_{\text{декабрь 2019}}$	средний уровень показателя x_1	$\mu_{13} = 0{,}265$
		$B_{12} = (-1; -0{,}9; -0{,}7; -0{,}5)\|_{\text{январь 2020}}$	низкий уровень показателя x_1	$\mu_{12} = 0{,}265$
		$B_{13} = (-0{,}7; -0{,}5; -0{,}3; -0{,}2)\|_{\text{январь 2019}}$	средний уровень показателя x_1	$\mu_{13} = 0{,}265$
$X_2 = -0{,}011$	$X_2 = -0{,}224$	$B_{22} = (-0{,}3; -0{,}1; -0{,}07; -0{,}02)\|_{\text{декабрь 2019}}$	низкий уровень показателя x_2	$\mu_{22} = 0{,}56$
		$B_{23} = (-0{,}07; -0{,}05; 0{,}02; 0{,}03)\|_{\text{декабрь 2019}}$	средний уровень показателя x_2	$\mu_{23} = 0{,}56$
		$B_{21} = (-1; -0{,}5; -0{,}3; -0{,}1)\|_{\text{январь 2020}}$	очень низкий уровень показателя x_2	$\mu_{21} = 0{,}38$
		$B_{22} = (-0{,}3; -0{,}1; -0{,}07; -0{,}02)\|_{\text{январь 2020}}$	низкий уровень показателя x_2	$\mu_{22} = 0{,}38$
$X_3 = -0{,}643$	$X_3 = -0{,}646$	$B_{33} = (-0{,}8; -0{,}7; -0{,}6; -0{,}5)\|_{\text{декабрь 2019}}$	средний уровень показателя x_3	$\mu_{33} = 0{,}57$
		$B_{33} = (-0{,}8; -0{,}7; -0{,}6; -0{,}5)\|_{\text{январь 2020}}$	средний уровень показателя x_3	$\mu_{33} = 0{,}57$
$X_4 = -0{,}624$	$X_4 = -0{,}637$	$B_{42} = (-1; -0{,}9; -0{,}6; -0{,}5)\|_{\text{декабрь 2019}}$	низкий уровень показателя x_4	$\mu_{42} = 0{,}85$
		$B_{42} = (-1; -0{,}9; -0{,}6; -0{,}5)\|_{\text{январь 2020}}$	низкий уровень показателя x_4	$\mu_{42} = 0{,}9$
$X_5 = -0{,}018$	$X_5 = -0{,}267$	$B_{53} = (0{,}05; -0{,}03; -0{,}01; 0{,}1)\|_{\text{декабрь 2019}}$	средний уровень показателя x_5	$\mu_{53} = 0{,}6$
		$B_{51} = (-\infty; -1; -0{,}5; -0{,}1)\|_{\text{январь 2020}}$	очень низкий уровень показателя x_5	$\mu_{51} = 0{,}58$
		$B_{52} = (-0{,}5; -0{,}1; -0{,}05; -0{,}03)\|_{\text{январь 2020}}$	низкий уровень показателя x_5	$\mu_{52} = 0{,}58$
$X_6 = 1{,}944$	$X_6 = 1{,}235$	$B_{62} = (1{,}7; 1{,}8; 1{,}9; 2)\|_{\text{декабрь 2019}}$	низкий уровень показателя x_6	$\mu_{62} = 0{,}44$
		$B_{63} = (1{,}7; 1{,}8; 1{,}9; 2)\|_{\text{декабрь 2019}}$	средний уровень показателя x_6	$\mu_{63} = 0{,}44$
		$B_{61} = (0; 1{,}6; 1{,}7; 1{,}8)\|_{\text{январь 2020}}$	очень низкий уровень показателя x_6	$\mu_{61} = 0{,}77$

Таблица 5 – Расчет веса терм-множества для периода «Декабрь 2019 г.»

Вес терма p_i лингвистической переменной	**Терм G_k**	**Середина промежутка G_k**	$g_i = p_i \bar{g}_i$
$p_5 = 0$	$G_5 \in [0; 0{,}25]$	0,125	0
$p_4 = 0$	$G_4 \in [0{,}15; 0{,}45]$	0,3	0
$p_3 = 0{,}362$	$G_3 \in [0{,}35; 0{,}65]$	0,5	0,181
$p_2 = 0{,}3525$	$G_2 \in [0{,}55; 0{,}85]$	0,7	0,247
$p_1 = 0{,}278$	$G_1 \in [0{,}75; 1]$	0,0875	0,243
		$\sum =$	0,671

Принадлежность каждого показателя к оценке состояния предприятия из пяти гипотез определяют степень влияния каждого $_i$ фактора на эффективность сайта с учетом нормированных значений. Сведем в таблицу экспертные оценки термов B_{ij}, определим их границы по каждому из показателей (табл. 3).

Тогда $\mu_{22} = \frac{x-(-0{,}05)}{-0{,}02-(-0{,}05)} = 0{,}56$ – это оценка истинности $\mathbf{B_{22}}$.

Остальные значения функции принадлежности μ вычислены в таблице 4.

Проведем расчеты значений функции принадлежности лингвистической переменной g – «эффективность сайта» за декабрь 2019 года. Для этого необходимо провести ранжирование всех показателей эффективности по весу, используя правило Фишберна [2]:

$$r_i = \frac{2(n-i+1)}{n-1^n}. \qquad (3)$$

При равноправных показателях, применим формулу:

$$r_i = \frac{1}{n}. \qquad (4)$$

Следовательно, $r_i = 1/6$.

Проведем расчеты весов термов лингвистической переменной g по формуле:

$$p_i = \sum_{i=1}^{6} r_i \mu_{ki}, \quad \text{где } k = 2, 3, 4, 5. \qquad (5)$$

Например, вычислим вес терма G_2 – «низкая эффективность»:

$$p_2 = \sum_{i=1}^{6} r_i \mu_{j2} = \frac{1}{6} \cdot (\mu_{12} + \mu_{22} + \mu_{32} + \mu_{52}) = \frac{0{,}265 + 0{,}56 + 0{,}85 + 0{,}44}{6} = 0{,}3525.$$

Таблица 6 – Расчет веса терм-множества для периода «Январь 2020 г.»

Вес терма p_i лингвистической переменной	**Терм G_k**	**Середина промежутка G_k**	$g_i = p_i \bar{g}_i$
$p_5 = 0$	$G_5 \in [0; 0{,}25]$	0,125	0
$p_4 = 0$	$G_4 \in [0{,}15; 0{,}45]$	0,3	0
$p_3 = 0{,}32$	$G_3 \in [0{,}35; 0{,}65]$	0,5	0,16
$p_2 = 0{,}31$	$G_2 \in [0{,}55; 0{,}85]$	0,7	0,217
$p_1 = 0{,}172$	$G_1 \in [0{,}75; 1]$	0,0875	0,015
		$\sum =$	0,392

Проведем расчеты и найдем значения функции принадлежности $\mu_k(g)$ для $g = 0{,}671$. Так как $g = 0{,}671$ лежит в интервале $[0{,}55; 0{,}85]$, следовательно $\mu_3(0{,}671) = 1$. G_2 – высокая эффективность, $G_2 \in [0{,}55; 0{,}85]$.

$$\mu_2 = \begin{cases} 1 - 10\,(0{,}65 - g), & 0{,}55 < x \leqslant 0{,}65; \\ 1, & 0{,}65 < x \leqslant 0{,}75; \\ 10\,(0{,}85 - g), & 0{,}75 < x \leqslant 0{,}85. \end{cases}$$

Проведем описание эффективности сайта: вычисленное $G_2(\mu_2 = 1)$ – «Декабрь 2019 г.» показывает высокую эффективность сайта.

Проведем аналогичные вычисления для января 2020 года.

Значение функции принадлежности $\mu_k(g)$ для $g = 0{,}392$ (G_3 – средняя эффективность, $G_3 \in [0{,}35; 0{,}65]$):

$$\mu_3 = \begin{cases} 1 - 10\,(0{,}45 - g), & 0{,}35 < x \leqslant 0{,}45; \\ 1, & 0{,}45 < x \leqslant 0{,}55; \\ 10\,(0{,}45 - g), & 0{,}55 < x \leqslant 0{,}65. \end{cases}$$

Имеем $\mu_3 = 10\,(0{,}45 - 0{,}392) = 0{,}58$. Вычисленное $G_3(\mu_3 = 1)$ – «Январь 2020 г.» показывает среднюю эффективность сайта.

Таким образом, проведенный анализ с использованием теории нечетких множеств, позволил дать более точную оценку эффективности. Особенность предложенной модели заключается в том, что, меняя сценарий «что, если», можно выбрать лучший вариант для принятия управленческих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов В.В. Основы теории нечетких множеств. М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2014.
2. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. М.: Изд-во «Горячая Линия – Телеком», 2012.
3. Конышева Л.К. Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств. Питер, 2011.
4. Молодецкая С.Ф. Теория нечетких множеств как инструмент стратегического планирования ресурсов // Управленец. 2012. № 1. С. 58–69.
5. Пожарская Г.И. Оценка риска планирования прибыли методом нечеткого моделирования в среде Mathcad // Материалы Международной научно-практической очно-заочной конференции «BI-технологии в оптимизации бизнес-процессов». Екатеринбург, 2015. С. 47–54.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2013.
7. Таганов А.И. Основы идентификации, анализа и мониторинга проектных рисков качества программных изделий в условиях нечеткости. М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2012.
8. Тадеусевич Р., Боровик Б., Гончаж Т., Леппер Б. Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ. М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2011.
9. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2004.
10. Ухоботов В.И. Избранные главы теории нечетких множеств. Челябинск: Челябинский государственный университет, 2011.
11. Чернов В.Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств. М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2007.
12. Чернов В.Г. Основы теории нечетких множеств. Владимир: Владимирский государственный университет, 2010.

EVALUATION OF THE WEBSITE EFFECTIVENESS BASED ON THE TECHNOLOGY OF FUZZY CONTROL

S.F. Molodetskaya
Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Ekaterinburg, Russia

T.F. Shitova
Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Ekaterinburg, Russia

ABSTRACT:
In the modern world, management decisions require knowledge about the system of promotion of goods and services. Research areas related to preliminary identification and classification of potential consumers are being developed. The study and accumulation of knowledge on this issue has led to the emergence of various methods of analysis, in particular, the Churchman-Ackoff method, the method of systematic comparison, the probability method, the Saati method, and fuzzy sets. The article presents the advantages of using fuzzy control methods to determine the effectiveness of the site.

The purpose of this work is to develop a technology for evaluating the effectiveness of the site based on the fuzzy set theory. The data obtained as a result of installation Yandex.Metrics and Google.Analytics on the site is used for calculating the evaluation. To analyze the sales dynamics of the products sold by LLC "Raduga", data from two periods is provided. The linguistic variable g – "site development efficiency" is defined. The universal set for the variable g is defined as the segment $[0, 1]$, and the set of values of the variable g is the segment $G = \{G1, G2, G3, G4, G5\}$. A table of the membership function of subsets of the term set g is compiled. The conclusion about the site's effectiveness is based on performance indicators.

Each of these indicators is a variable that takes certain values for a given period. Since the scales differ significantly, Excel has normalized them. Expert estimates of terms are defined. The values of the membership function of the linguistic variable *g* – "site efficiency" for December 2019 and January 2020 are calculated, taking into account the ranks according to the Fishburne method. The author made the conclusions on the effectiveness of using the site for doing business via the Internet.

The proposed method of evaluation based on the fuzzy control technology allows you to determine the effectiveness of using the site most accurately when building a business via the Internet, because the qualitative evaluation of the values of criteria is considered, which allows you to more scrupulously assess the effectiveness of the site.

KEYWORDS: fuzzy sets, uncertainty, fuzzy logic, linguistic variable, site performance evaluation criteria, fuzzy control technology, term set, membership function, probabilistic method, Saati method, Churchman-Ackoff method.

AUTHORS' INFORMATION:
Svetlana F. Molodetskaya, Ural Institute of Management, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,
16a, Chapaev Str., Ekaterinburg, 620142, Russia, molodezkayasf@mail.ru

Tatiana F. Shitova, Cand. Sci. (Sociological), Associate Professor, Ural Institute of Management, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,
29, Stepan Razin Str., Ekaterinburg, 620142, Russia, shitovatat@yandex.ru

FOR CITATION: Molodetskaya S.F., Shitova T.F. Evaluation of the website effectiveness based on the technology of fuzzy control // Management issues. 2020. № 2 (63). P. 39–49.

REFERENCES

1. Borisov V.V. Fundamentals of the theory of fuzzy sets. Moscow: Publishing House "Hotline – Telecom", 2014. [Borisov V.V. Osnovy teorii nechetkikh mnozhestv. M.: Izd-vo «Goryachaya liniya – Telekom», 2014.] – (In Rus.)

2. Borisov V.V., Kruglov V.V., Fedulov A.S. Fuzzy models and networks. Moscow: Publishing House "Hotline – Telecom", 2012. [Borisov V.V., Kruglov V.V., Fedulov A.S. Nechetkie modeli i seti. M.: Izd-vo «Goryachaya Liniya – Telekom», 2012.] – (In Rus.)

3. Konysheva L.K. Nazarov D.M. Fundamentals of the theory of fuzzy sets. Publishing House "Piter", 2011. [Konysheva L.K. Nazarov D.M. Osnovy teorii nechetkikh mnozhestv. Piter, 2011.] – (In Rus.)

4. Molodetskaya S.F. Theory of fuzzy sets as a tool for strategic resource planning // Manager. 2012. No. 1. Pp. 58–69. [Molodetskaya S.F. Teoriya nechetkikh mnozhestv kak instrument strategicheskogo planirovaniya resursov // Upravlenets. 2012. № 1. S. 58–69.] – (In Rus.)

5. Pozharskaya G.I. Risk assessment of profit planning using fuzzy modeling in the Mathcad environment // Papers of the International Research to Practice conference "Bi-technologies in business process optimization". Ekaterinburg, 2015. Pp. 47–54. [Pozharskaya G.I. Otsenka riska planirovaniya pribyli metodom nechetkogo modelirovaniya v srede Mathcad // Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy ochno-zaochnoy konferentsii «BI-tekhnologii v optimizatsii biznes-protsessov». Ekaterinburg, 2015. C. 47–54.] – (In Rus.)

6. Rutkovskaya D., Pilinsky M., Rutkovsky L. Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems. Moscow: Publishing House "Hotline – Telecom", 2013. [Rutkovskaya D., Pilin'skiy M., Rutkovskiy L. Neyronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy. M.: Izd-vo «Goryachaya liniya – Telekom», 2013.] – (In Rus.)

7. Taganov A.I. Bases of identification, analysis and monitoring of project risks of quality of software products under fuzzy conditions. Moscow: Publishing House "Hotline – Telecom", 2012. [Taganov A.I. Osnovy identifikatsii, analiza i monitoringa proektnykh riskov kachestva programmnykh izdeliy v usloviyakh nechetkosti. M.: Izd-vo «Goryachaya liniya – Telekom», 2012.] – (In Rus.)

8. Tadeusevitch R., Borovik B., Gonchazh T., Lepper B. Elementary introduction to neural network technology with examples of programs.

Moscow: Publishing House “Hotline – Telecom”, 2011. [Tadeusevich R., Borovik B., Gonchazh T., Lepper B. Elementarnoe vvedenie v tekhnologiyu neyronnykh setey s primerami programm. M.: Izd-vo «Goryachaya liniya – Telekom», 2011.] – (In Rus.)

9. Uskov A.A., Kuzmin A.V. Intelligent control technologies. Artificial neural networks and fuzzy logic. Moscow: Publishing House “Hotline – Telecom”, 2004. [Uskov A.A., Kuz’min A.V. Intellektual’nye tekhnologii upravleniya. Iskusstvennye neyronnye seti i nechetkaya logika. M.: Izd-vo «Goryachaya liniya – Telekom», 2004.] – (In Rus.)

10. Ukhobotov V.I. Selected chapters of the theory of fuzzy sets. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University, 2011. [Ukhobotov V.I. Izbrannye glavy teorii nechetkikh mnozhestv. Chelyabinsk: Chelyabinskiy gosudarstvennyy universitet, 2011.] – (In Rus.)

11. Chernov V.G. Models of decision support in investment activity based on the apparatus of fuzzy sets. Moscow: Publishing House “Hotline – Telecom”, 2007. [Chernov V.G. Modeli podderzhki prinyatiya resheniy v investitsionnoy deyatel’nosti na osnove apparata nechetkikh mnozhestv. M.: Izd-vo «Goryachaya liniya – Telekom», 2007.] – (In Rus.)

12. Chernov V.G. Fundamentals of fuzzy set theory. Vladimir: Vladimir State University, 2010. [Chernov V.G. Osnovy teorii nechetkikh mnozhestv. Vladimir: Vladimirskiy gosudarstvennyy universitet, 2010.] – (In Rus.)