

Т.В.Жгун

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ ФОРМИРОВАНИЯ СПРОСА НА РЫНКЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

It was researched how different factors influence the motivation for buying medicine in drug-store chain. A task model that defines the level of motivation for buying medicine was offered. The algorithm that defines the level of motivation for buying medicine according to input data was offered and algorithm of defining active factors according to the known value of motivation level. This method allows to estimate the supposed sales volume of medicine in a particular case.

При решении большинства задач, с которыми человек сталкивается повседневно, возникает необходимость приближенного задания условий и, соответственно, получаются столь же приближенные ответы. Это происходит в самых разных сферах деятельности. И требуется соответствующий инструмент, с помощью которого решение задачи должно быть получено достаточно быстро и с приемлемой точностью при непрерывно меняющихся входных значениях, а, кроме того, оно должно легко подстраиваться под изменение оценочных критериев.

Таким инструментом является нечеткая математика, начало которой положено статьей Лотфи А. Заде, профессора Калифорнийского университета в Беркли, в 1965 г. [1]. В настоящее время по ней опубликованы тысячи книг и статей, издается несколько международных журналов, выполнено множество теоретических и прикладных работ. Л.А.Заде рассматривал теорию нечетких множеств как аппарат анализа и моделирования гуманистических систем, т. е. систем, в которых участвует человек [2]. Его подход опирается на предположение о том, что элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых множеств или классов объектов, для которых переход от «принадлежности» к «непринадлежности» не скачкообразен, а непрерывен.

Задачей данной работы является исследование влияния различных факторов на мотивацию приобретения лекарственных средств в аптечной сети, направленное на повышение коммерческой эффективности работы аптечной сети. Исследование базируется на результатах анкетирования, проведенного среди покупателей аптек Великого Новгорода студенткой фармацевтического факультета Института медицинского образования НовГУ Марией Незнамовой зимой 2000/2001 г. В анкетировании приняли участие 102 человека. Обычно для обработки результатов статистических опросов используется метод экспертных оценок на основе теории вероятности. Однако традиционными методами нельзя предсказать изменение параметров, вызванное изменением внешних условий, так как предпосылкой использования статистических методов является именно неизменность этих условий. Подходы нечеткой математики дают возможность оперировать входными данными, непрерывно меняющимися во времени, и значениями, которые невозможно задать однозначно, такими, например, как результаты статистических опросов.

Задачи с помощью нечеткой логики решаются по следующему принципу: входные численные данные задачи (показания измерительных приборов, результаты анкетирования) фаззируются, т. е. переводятся в нечеткий формат — по значениям входных данных вырабатываются значения искомой функции по определенным правилам — выходные данные дефаззируются и в виде привычной информации подаются на выход.

Выходной переменной нашей задачи будет уровень мотивация потенциального покупателя к приобретению лекарственного средства. Введем лингвистическую переменную — «мотивация покупки лекарственных средств». Значения этой лингвистической переменной — термы:

— отсутствие мотивации,
 — слабая положительная мотивация, слабая отрицательная мотивация,
 — средняя положительная мотивация, средняя отрицательная мотивация,
 — сильная положительная мотивация, сильная отрицательная мотивация,
 — очень сильная положительная мотивация, очень сильная отрицательная мотивация.

Степень принадлежности четких значений к этим термам задается функцией принадлежности. В нашем случае графики этих функций имеют форму треугольников, положительная и отрицательная мотивация данного уровня представляется графиками, симметричными относительно оси ординат. Значения термов определяются по рис.1. Например, значения термина *отсутствие мотивации* лежат в диапазоне $[-0,2; 0,2]$, термов *слабая положительная мотивация* и *слабая отрицательная мотивация* — в симметричных диапазонах $[0,2; 0,6]$ и $[-0,6; -0,2]$ и т.д. Пусть значение функции принадлежности нулевой мотивации к терму *отсутствие мотивации* — единица, т. е. $\mu(0) = 1$; степень принадлежности крайних точек диапазона значений этого термина — нулевая, т. е. $\mu(\pm 0,2) = 0$.

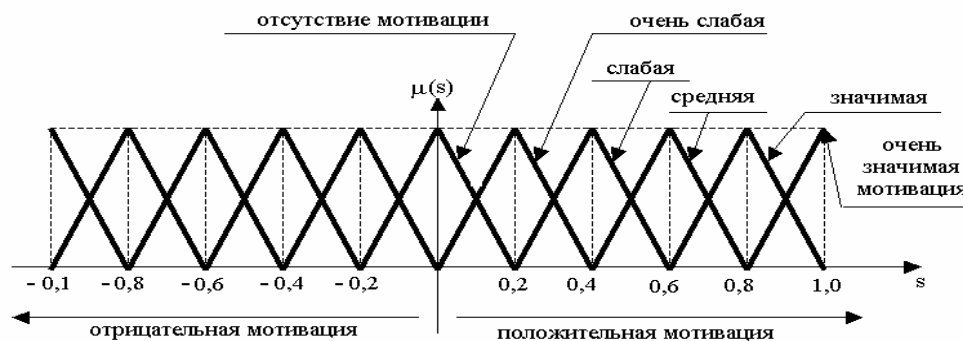


Рис.1. Функция принадлежности выходной переменной

Опишем теперь входные переменные. Будем считать, что на принятие решения о приобретении лекарственных препаратов влияют следующие факторы: доступность цены, эффективность препарата, рекомендация врача, рекомендация фармацевта, рекомендация знакомых, реклама, форма выпуска, побочные действия лекарственных средств, побочные действия лекарственных средств, не учтенные врачом. Каждый из этих факторов является входными данными задачи. Будем рассматривать суммарный вклад различных факторов в принятие/непринятие решения о покупке лекарственных средств. Введем для описания вклада в формирование целевой функции каждого из указанных факторов лингвистическую переменную «*влияние единичного фактора*». Для этой переменной надо задать лингвистические термы, соответствующие некоторым диапазонам четких значений. Значение этой лингвистической переменной — термы с диапазонами значений:

- очень слабое влияние — $[0; 0,4]$,
- слабое влияние — $[0,2; 0,6]$,
- среднее влияние — $[0,4; 0,8]$,
- значимое влияние — $[0,6; 1]$,
- очень значимое влияние — $[0,8; 1]$.

Степень принадлежности к этим термам зададим графически на рис.2. Скажем, влияние фактора со значением 0,3 с равной степенью принадлежности $\mu(0,3) = 0,5$ можно отнести к термам *слабое* и *очень слабое влияние*.

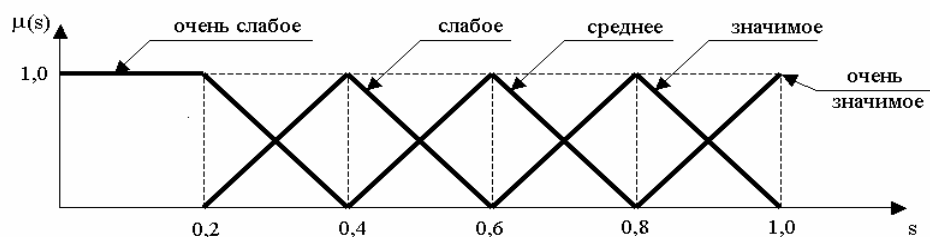


Рис. 2. Функция принадлежности переменной «влияние единичного фактора»

Очевидно, что необходимой предпосылкой к приобретению лекарственных средств является их доступная цена. Доступность цены является фактором субъективным, который определяется, прежде всего, уровнем дохода в семье и сложившимися семейными приоритетами, которые и определяют верхнюю планку приемлемой цены лекарственных средств. Следовательно, в каждом конкретном случае доступность цены определяется индивидуально. Для описания ежемесячного дохода введем лингвистическую переменную «уровень ежемесячного дохода на душу населения». Она будет иметь следующие значения — термы:

- *очень низкий* ежемесячный доход — $[0; 0,4]$,
- *низкий* ежемесячный доход — $[0,2; 0,6]$,
- *средний* ежемесячный доход — $[0,4; 0,8]$,
- *высокий* ежемесячный доход — $[0,6; 1]$,
- *очень высокий* ежемесячный доход — $[0,8; 1]$.

Степень принадлежности к этим термам зададим графически на рис.3.

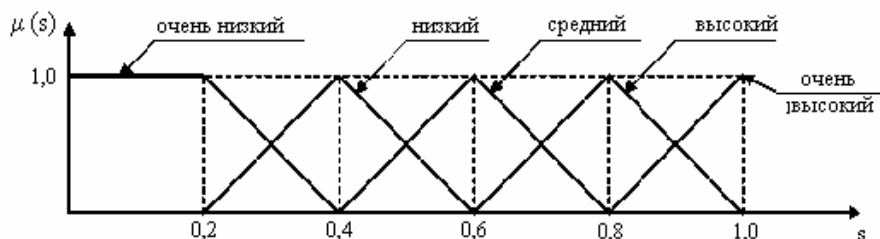


Рис. 3. Функция принадлежности переменной «уровень ежемесячного дохода»

Зададим теперь для наших термов диапазон значений в рублях на момент анкетирования. Пусть *очень низкий* ежемесячный доход — менее 300 рублей, *низкий* ежемесячный доход — от 300 до 500 рублей, *средний* ежемесячный доход — от 500 до 1000 рублей, *высокий* ежемесячный доход — от 1000 до 2000 рублей, *очень высокий* ежемесячный доход — свыше 2000 рублей.

Распределение респондентов по уровню ежемесячного дохода на душу населения: *очень низкий* — 4,3%, *низкий* — 17,4%, *средний* — 28,3%, *высокий* — 34,8%, *очень высокий* — 15,2%.

Определим на основе анкетирования значения лингвистической переменной «влияние единичного фактора» для фактора «доступность цены». Анализируя данные, видим, что лишь незначительная часть покупателей (около 10%) выражает готовность в экстренном случае приобрести лекарственные средства ценой выше своего ежемесячного дохода. Пусть лингвистическая переменная «влияние единичного фактора» для фактора «доступность цены» имеет значение *очень значимое* влияние в случае, если цена лекарственного средства выше ежемесячного дохода. Около 25% называют приемлемой максимальную цену, сравнимую с ежемесячным доходом. Пусть лингвистическая переменная «влияние единичного

фактора» для фактора «доступность цены» в случае такой цены имеет значение *значимое влияние*. Определим уровень значимости как *среднее влияние*, если максимальная цена примерно в два раза меньше ежемесячных доходов. Такую цену готовы платить примерно 25% респондентов и т.д. Численно значение каждого терма характеризуется функцией принадлежности этого единичного фактора (рис.2). Сведем полученные данные в таблицу.

Таблица 1
Значения лингвистической переменной «влияние единичного фактора — доступности цены»

Уровень значимости цены	Отношение цены к ежемесяч. доходу, примерно	Количество потенциальных покупателей, %
1,0	более 1	10
0,8	1	25
0,6	0,5	25
0,4	0,25	20
0,2	менее 0,25	20

Число факторов очень слабой значимости. Например: 101 — один фактор значимый и один очень слабой значимости; 012 — один фактор средней и слабой значимости и два очень слабой значимости.

Определим теперь связь между входными и выходными переменными. Обозначим цифрами уровень мотивации, соответствующий различным совокупностям факторов. Естественно положить нулевой мотивацию покупки самых дешевых лекарственных средств, если о них ничего хорошего не известно; 1 — мотивацию покупки дешевых лекарственных средств, совокупность оцениваемых факторов которых максимальна, и -1 — мотивацию покупки дорогих лекарственных средств, о которых нет дополнительной информации. Следовательно, мы рассматриваем значение нечеткой числовой функции $f(p, X)$ — уровня мотивации покупки лекарственного средства в зависимости от его цены p и совокупности факторов разной значимости $X = (x_1, x_2, x_3)$, где $x_i \in \{0, 1, 2\}$. Начальные условия нашей задачи: $f(0,2, (0, 0, k)) = 0$, $f(1, (0, 0, k)) = -1$, $f(0,2, (2, 2, k)) = 1$.

Построим список нечетких правил формирования уровня мотивации покупки лекарственных средств в зависимости от цены лекарственных средств и суммарной совокупности всех других факторов. Естественно предположить, что уровень мотивации есть монотонная функция, значение которой падает с увеличением цены p и увеличивается с увеличением числа оцениваемых факторов. Поэтому цифры по столбцу должны убывать (не возрастать), а по строке — возрастать (не убывать). Используя введенные условия и предположения о монотонности, занесем в таблицу 2 значения функции $f(p, X)$. Каждая запись в данной таблице соответствует своему нечеткому правилу. Например, если для потенциального покупателя «доступность цены» — средняя и (имеются 2 фактора значимых) и (имеется 0 факторов средней значимости) и (имеются или отсутствуют факторы малой значимости), то «мотивация покупки лекарственного средства» — сильная положительная. Или, другими словами, при значениях входных данных $p = 0,6$ и $X = (2, 0, k)$ значение функции $f(p, X) \geq 0,8$. Следовательно, если доступность цены для потенциального покупателя оценивается как *средняя*, т. е. цена лекарственного средства примерно вдвое менее ежемесячного дохода в семье (по табл.1), то значимый уровень мотивации $f = 0,8$ к покупке лекарственных средств для такого влияния цены начинается со случая $X = (2, 0, 0)$ — два значимых фактора.

Прочие действующие факторы разобьем по значимости на следующие три группы: значимые и очень значимые; средней и слабой значимости; очень слабой значимости. Количество факторов в каждой группе — от 0 до двух. Совокупность действующих факторов будем обозначать abc , где a, b, c — цифры от 0 до 2. При этом a — суммарное количество значимых факторов, положительных и отрицательных; b — суммарное количество факторов средней и слабой значимости; c — суммарное количество факторов очень слабой значимости.

Таблица 2

Значения выходной функции в зависимости от цены и совокупности других факторов

Цена p	Действующие факторы X								
	00k	01k	02k	10k	11k	12k	20k	21k	22k
0,2	0	0,2	0,4	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,4	– 0,2	0	0,2	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
0,6	– 0,4	– 0,2	0	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0
0,8	– 0,6	– 0,4	– 0,2	0	0	0,2	0,4	0,6	0,8
1,0	– 1,0	– 0,8	– 0,6	– 0,2	– 0,2	0	0,2	0,4	0,6

Если мы рассматриваем цену, сравнимую с ежемесячным доходом ($p = 0,8$), и лингвистическая переменная «*влияние единичного фактора*» для фактора «*доступность цены*» в случае такой цены имеет значение *значимое влияние*, то в этой ситуации уровень мотивации будет низким: $f = 0,4$ — «*мотивация покупки лекарственного средства*» принимает значение *слабая положительная мотивация*. Все части правила объединяются по «и», следовательно, по правилам нечеткой логики [3,4], степень принадлежности выходной переменной будет определяться минимумом из значений функции принадлежности входных переменных.

Итак, предложен алгоритм определения значений целевой функции по известным входным данным и определения действующих входных данных по известному значению целевой функции.

Определим теперь значения входных переменных на основании анкетирования и выводов экспертов. При обработке анкет были получены следующие частоты встречаемости действующих факторов: эффективность препарата — 0,83, доступная цена — 0,41, рекомендация врача — 0,74, рекомендация фармацевта — 0,41, рекомендация знакомых — 0,09, реклама — 0,50, форма выпуска — 0,24, побочные действия лекарственных средств — 0,13, побочные действия лекарственных средств, не учтенные врачом — 0,06.

Эффективность препарата и рекомендации врача отметили как фактор выбора 83% и 74% опрошенных соответственно. Следовательно, переменные «*рекомендация врача*» и «*эффективность препарата*» оценим как значимые факторы. Факторы «*реклама*» (50%) и «*рекомендация фармацевта*» (41%) оценим как среднезначимый.

Форма выпуска, побочные действия, рекомендации знакомых влияют на выбор менее 25% опрошенных. Оценим значимость лингвистических переменных «*форма выпуска*» и «*побочные действия лекарственных средств*» как слабую. И как очень слабую нужно оценить по результатам анкетирования значимость лингвистических переменных «*рекомендация знакомых*» и «*побочные действия лекарственных средств, не учтенные врачом*».

Проанализировав данные анкет, получим совокупности факторов, определивших в действительности покупку лекарственных средств, и частоты встречаемости таких факторов.

Таблица 3

Относительная встречаемость (в %) совокупности реальных факторов X

X	100	110	111	120	121	200	201	202	210	211	212	220	221	222
%	8,7	4,4	19,6	2,2	4,4	15,2	2,2	4,4	8,7	15,2	4,5	2,1	6,5	6,5

Как видим, подавляющее число опрошенных (63,3%) указали, что на их выбор повлияли два значимых фактора, а на выбор почти половины (48,1%) повлияли два значимых фактора при наличии факторов меньшей значимости.

Проиллюстрируем предложенный алгоритм на примере. Рассмотрим реализацию витаминного препарата стоимостью 100 рублей и противокашлевого препарата стоимостью около 300 рублей. Эффективность первого оценим как среднюю (0,5), второго — как значимую (0,8). Стоимость 100 рублей для *среднего ежемесячного дохода* (до 1000 рублей на

члена семьи на момент анкетирования) является фактором очень слабой значимости (0,2), так как отношение цены к ежемесячному доходу менее 0,25 по табл.1, а 300 рублей — фактором средней значимости (0,4), так как отношение цены к ежемесячному доходу лежит в диапазоне 0,25 – 0,5.

Значимый уровень мотивации $f = 0,8$ к покупке лекарственных средств для слабого влияния цены $p = 0,2$ начинается со случая $X = (1,0,0)$ — один положительный значимый фактор и отсутствие положительных факторов меньшей значимости. Поскольку эффективность в данном случае является фактором средней значимости, для покупки нужен другой значимый фактор, например совет врача, все остальные факторы ситуацию существенно не изменяют. А вот при приобретении противокашлевого препарата со средним уровнем стоимости $p = 0,4$ значимый уровень мотивации начинается со случая $X = (1,1,0)$, т.е. один значимый фактор уже в наличии. Следовательно, для значимой мотивации к покупке достаточно дополнительно хотя бы одного фактора средней значимости, например рекламы препарата или совета фармацевта. По рис.2 вычислим значения функций принадлежности в точках, соответствующих частотам встречаемости действующих факторов, кроме фактора рекламы, влияние которой оценивалось на основе экспертных заключений: $\mu(0,83) = 0,85$, $\mu(0,74) = 0,74$, $\mu(0,41) = 0,95$, $\mu(0,24) = 0,74$, $\mu(0,13) = 1$. Минимум из этих значений — 0,74. Это и есть вероятность предложенного решения. Следовательно, можно сделать вывод: для реализации сравнительно недорогого препарата стоимостью 100 рублей нужно приложить больше усилий, чем для реализации препарата существенно большей стоимости 300 рублей.

При изменении ситуации (например, улучшилось материальное положение покупателей, увеличилась или уменьшилась в глазах покупателей оценка эффективности лекарственного средства) изменится и уровень мотивации к покупке. Нужно отметить, что оценка эффективности того или иного препарата является отдельной задачей, причем нужно учитывать и влияние рекламы на формирование этого фактора.

Подчеркнем еще раз, что входным параметром является не стоимость лекарственного средства, а оценка покупателем этой стоимости, зависящая от дохода. Препарат одной стоимости может быть оценен разными покупателями и как дешевый, и как крайне дорогой. Поэтому выводы из конкретных примеров сохраняют справедливость только для рассмотренной ситуации. Рассмотрим, например, какая доля покупателей готова купить хорошо разрекламированный препарат стоимостью около 1000 рублей. Реклама позволяет субъективно оценить эффективность препарата как значимый фактор, а влияние рекламы нужно оценить как фактор средней значимости, т.е. в наличии один значимый фактор и один фактор средней значимости. Значимый уровень мотивации $f = 0,8$ в этом случае (по табл.2), если доступность цены имеет слабое (0,4) или очень слабое (0,2) влияние. По табл.1 отношение цены к ежемесячному доходу должно быть того же уровня значимости — 0,2 или 0,4 (менее 50%, т.е. ежемесячный доход более 2000 рублей), причем выражают готовность приобрести лекарственное средство такой цены 40% опрошенных. Как указывалось выше, такой — очень высокий — уровень дохода наличествует у 15,2% опрошенных. Значит, с вероятностью 0,8 доля потенциальных покупателей такого лекарственного средства среди всех потенциальных покупателей лекарственных средств составит $0,4 \cdot 0,15 = 0,06$ или 6%.

Предложенная методика позволяет оценить, как видим, и предполагаемый объем продаж лекарственных средств.

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение для принятия приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.
2. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений: Сб. статей / Пер. с англ.; Под ред. И.Ф.Шахнова. М., 1976. С.172-215.
3. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н.Борисов, А.В.Алексеев, Г.В.Меркурьева и др. М.: Радио и связь, 1989. 305 с.
4. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.