

КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ «ЛОЯЛЬНОСТЬ КЛИЕНТОВ»

В.А. Маренко¹

доцент, к.т.н., e-mail: marenko@ofim.oscsbras.ru

О.Н. Лучко²

профессор, к.п.н., e-mail: o_luchko@rambler.ru

М.И. Мальцева³

аспирант, e-mail: mi.165511@gmail.com

¹Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН

²Омская гуманитарная академия

³Омский государственный институт сервиса

Аннотация. В статье приведены этапы когнитивного моделирования проблемы малого бизнеса «Лояльность клиентов», такие как формирование проблемного поля, когнитивной карты, когнитивной модели. Показаны варианты структуры когнитивной модели «Лояльность клиентов», использованные для проведения вычислительного эксперимента. Приведены иллюстрации импульсной неустойчивости, возникающей при структурных изменениях когнитивной модели «Лояльность клиентов». Применение методологии когнитивного моделирования в решении прикладных задач даёт возможность формализовать изучаемую социально-экономическую проблему с применением субъективного опыта и повысить объективность принимаемых управленческих решений.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, граф, когнитивная модель, экспертиза, компьютерный эксперимент, устойчивость, лояльность клиентов.

Введение

Развитие сферы малого бизнеса является актуальной задачей, так как эффективность экономики в целом напрямую зависит от этого фактора. На предприятиях малого бизнеса, как одной из частей экономики, имеются различные проблемы, например, низкая прибыль, недостаточный уровень конкурентоспособности, малая потребительская лояльность и др. Для решения указанных проблем авторы применяют когнитивную методологию. Основная идея построения когнитивных моделей состоит в том, чтобы формализовать субъективное представление о реальности путём построения новых субъективных образов. Для этого необходимо выделить проблему, схематически представить информацию о ней, а затем провести её когнитивный анализ на основе опыта, знаний и интуиции специалистов.

Цель работы — применение экспертных знаний для построения и анализа когнитивных моделей в сфере малого бизнеса.

Процесс разработки когнитивной модели в любой сфере деятельности состоит из последовательности взаимосвязанных шагов: проведения SWOT и PEST анализов для выделения факторов, влияющих на объект исследования со стороны внешней и внутренней среды в целом. В результате анализа формируется проблемное поле, когнитивное отображение которого осуществляется в виде субъективной схемы — когнитивной карты. При анализе своих и чужих когнитивных карт как субъективных моделей проблемной области возможно улучшение качества и обоснованности рекомендаций по принятию управленческих решений.

Для формализации экспертных знаний используется понятие взвешенного ориентированного графа $G = \langle V, E \rangle$ и функционального графа $\Phi = (G, F, X)$. X — множества параметров вершин V , $X = \{X^{v_i}\}$, $i = 1, 2, \dots, k$; $X^{v_i} = \{x_g^i\}$, $g = 1, 2, \dots, n$; x_g^i — параметр вершины V_i , если $g = 1$, то $x_g^i = x_i$; $X : V \rightarrow R$, R — множества вещественных чисел; $F = F(X, E) = F(x_i, x_j, e_{ij})$ — функционал преобразования дуг, который ставит в соответствие каждой дуге знак, весовой коэффициент ω_{ij} или функцию $f(x_i, x_j, e_{ij}) = f_{ij}$.

Полученная структура является когнитивной динамической моделью, которая изменяется под действием множества разнородных взаимодействующих факторов [1]. Затем сформированная модель используется для проведения вычислительного эксперимента с применением численных методов. В ходе вычислительного эксперимента осуществляется поиск преобразований для получения устойчивых структур модели и определения виртуальных воздействий, приводящих к целевому состоянию [2].

Устойчивое развитие системы — это сложное динамическое свойство класса управляемости, определяемое следующим образом.

1. Попадание траектории развития за определённое время в целевое множество состояний.
2. Нет выхода системы на прогнозном интервале времени из некоторого множества «безопасных» состояний.
3. Почти монотонное возрастание некоторых показателей развития на определённом интервале времени с последующим сохранением их в заданных интервалах допустимых значений.
4. Асимптотическая устойчивость (стабилизируемость) программной траектории.
5. Гармонизация интересов сторон [3].

Обзор статей по проблеме показал, что основной инструмент исследователей проблем малого бизнеса — математическая статистика. Авторами применена когнитивная методология.

Проблема «Лояльность клиентов» на предприятии малого бизнеса по предоставлению ИТ-услуг населению

Согласно методике когнитивного моделирования в проведённом исследо-

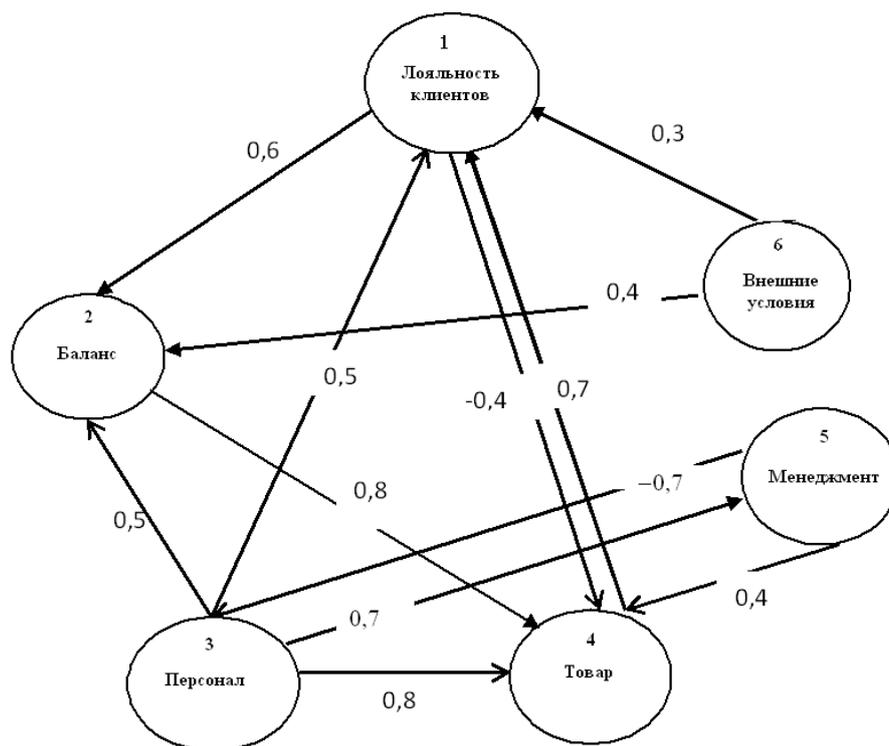


Рис. 1. Когнитивная карта «Лояльность клиентов» (вариант 1)

вании реализованы соответствующие процедуры: проведены PEST и SWOT анализы, сформировано проблемное поле и построена когнитивная карта. Её упрощённый вариант приведён на рисунке 1 [4].

Далее сформирована когнитивная модель в виде матрицы смежности, элементами которой являются экспертные оценки, прошедшие процедуру согласования с применением средств математической статистики (табл.).

На основе матрицы смежности реализуется вычислительный алгоритм, суть которого в том, что в одну или несколько вершин графа, являющихся управляющими факторами, вводятся импульсы и наблюдается их распространение по различным путям графа. Правило изменения значений параметров вершин следующее. Вершины знакового орграфа представляются совокупностью u_1, u_2, \dots, u_n . Каждая вершина u_i принимает значение $v_i(t)$ в дискретные моменты времени $t = 1, 2, \dots$. Значение $v_i(t+1)$ определяется значением $v_i(t)$ и информацией о том, увеличили или уменьшили свои значения другие вершины u_j , смежные с u_i , в момент времени t . Считаем, что единичное изменение в u_j влечёт единичное изменение в u_i на величину $p_j(t)$. Изменение $p_j(t)$, называемое импульсом, задаётся разностью $v_j(t) - v_j(t-1)$ при $t > 0$ с учётом начальных условий при $t=0$ и обозначений

Таблица 1. Когнитивная модель «Лояльность клиентов»

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	0	0,6	0	-0,4	0	0
a_2	0	0	0	0,8	0	0
a_3	0,5	0,5	0	0,8	0,7	0
a_4	0,7	0	0	0	0	0
a_5	0	0	-0,7	0,4	0	0
a_6	0,3	0,4	0	0	0	0

$$\operatorname{sgn}(u_j, u_i) = \begin{cases} 1, & \text{если дуга } (u_j, u_i) \text{ положительна,} \\ -1, & \text{если дуга } (u_j, u_i) \text{ отрицательна,} \\ 0, & \text{если дуга } (u_j, u_i) \text{ отсутствует.} \end{cases}$$

Тогда для $t \geq 0$

$$v_i(t+1) = v_i(t) + \sum_{j=1}^n \operatorname{sgn}(u_j, u_i) p_j(t). \quad (1)$$

Автономный импульсный процесс в знаковом орграфе определяется по правилу (1) с вектором начальных значений $V(0) = (v_1(0), v_2(0), \dots, v_n(0))$ и вектором импульсов $P(0) = (p_1(0), p_2(0), \dots, p_n(0))$, задающим внешний импульс $p_j(0)$, вносимый в каждую вершину u_j в нулевой момент времени.

Условие (1) для автономного импульсного процесса обобщается в правило изменения значений для автономного импульсного процесса во взвешенном орграфе:

$$v_i(t+1) = v_i(t) + \sum_{j=1}^n w(u_j, u_i) p_j(t). \quad (2)$$

Если имеется дуга из u_j в u_i с весом $w = w(u_j, u_i)$ и значение вершины u_j возрастает в момент времени t на k единиц, то в результате значение вершины в момент времени $t+1$ возрастает на $k+w$ единиц. Используя систему конечно-разностных уравнений с параметрами $w(u_j, u_i)$ и учётом $v_i(t+1) - v_i(t) = p_i(t+1)$, уравнение (2) можно переписать в виде [5]:

$$p_i(t+1) = \sum_{j=1}^n w(u_j, u_i) p_j(t).$$

Далее проводится вычислительный эксперимент. В вершины графа вводятся возмущения и рассматривается прохождение «волны возмущений» по различным путям в графе. Результаты вычислительного эксперимента приведены на

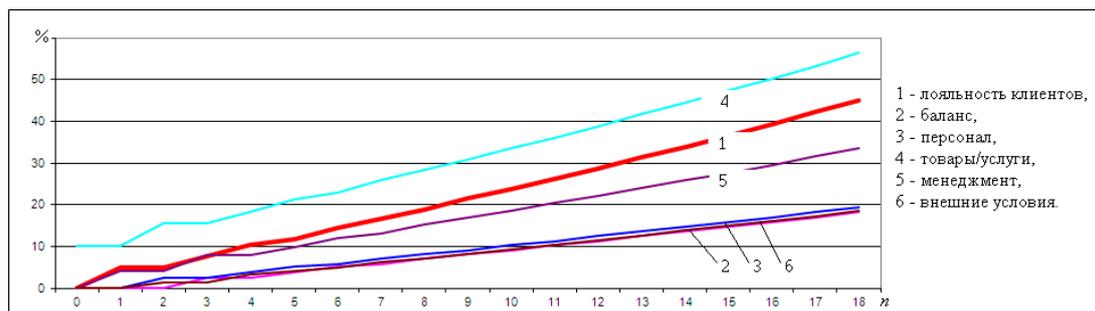


Рис. 2. Иллюстрация линейного резонанса

рисунке 2 для первого варианта когнитивной карты. Результаты вычислений неудовлетворительные, т.к. наблюдалась импульсная неустойчивость. Значения факторов имеют тенденцию к постоянному увеличению. Такое состояние соответствует линейному резонансу.

Согласно теории — это нежелательное явление, для борьбы с которым теоретики советуют осуществлять структурную перестройку графа [2].

В нашем исследовании структурная перестройка графа состояла в том, что произведено изменение взаимовлияния факторов (рис. 3).

Указанная структурная перестройка привела к возникновению экспоненциального резонанса, который также является нежелательным явлением. В этом случае значения факторов изменяются экспоненциально (рис. 4).

Для ликвидации наблюдаемой импульсной неустойчивости граф представляется «розой» с «мостом» в одной вершине. Лепестки «розы» должны повысить устойчивость и уравновесить сформированную структуру. Следующие преобразования привели к устойчивой структуре (рис. 5).

Результаты вычислительного эксперимента при увеличении на десять процентов управляющего фактора «товар» приведены на рисунке 6.

Из графика видно, что увеличение фактора «товар» (4) больше всего приводит к увеличению управляющего фактора «менеджмент» (5) и целевого фактора «лояльность клиентов» (1). Через некоторое время значения факторов стабилизируются. Серия экспериментов выявила существенные факторы, влияющие на проблему «лояльность клиентов». Ими являются факторы «баланс» и «товар».

Заключение

Управление в социально-экономических системах является сложной процедурой, которая обусловлена многофакторностью процессов, происходящих на объектах исследования: отсутствием достаточной информации о динамике процессов, изменчивостью характера процессов во времени и др. В этих условиях принятие управленческих решений существенно зависит от интуиции лица, принимающего решения, и обоснованности предлагаемых исследователями рекомендаций. Хорошие результаты получаются при использовании когнитивного моделирования.

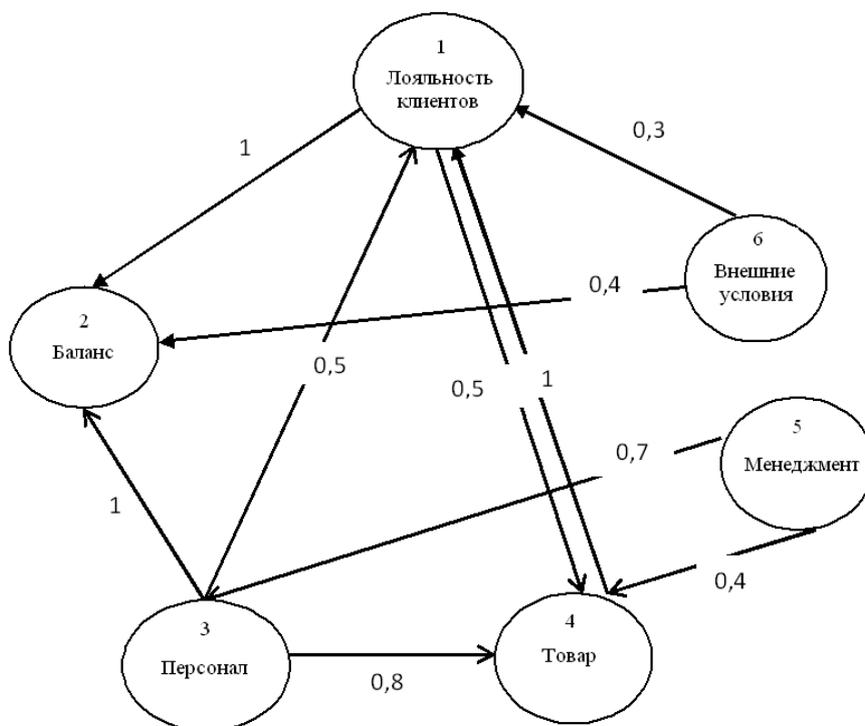


Рис. 3. Когнитивная карта «Лояльность клиентов» (вариант 2)

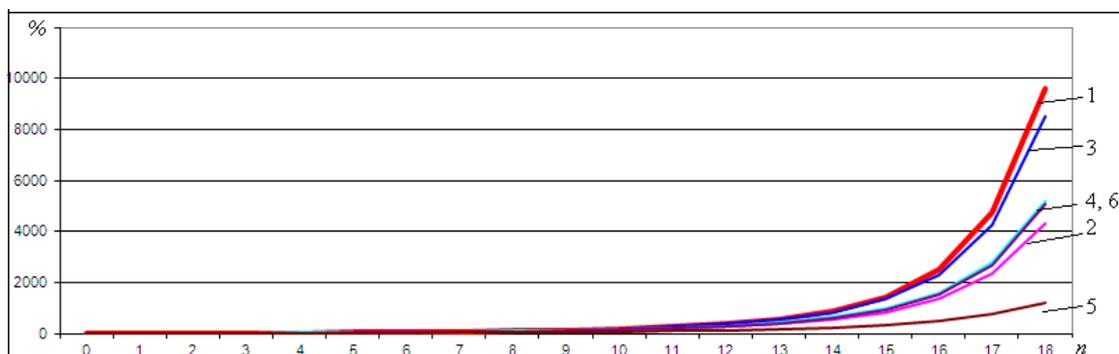


Рис. 4. Иллюстрация экспоненциального резонанса

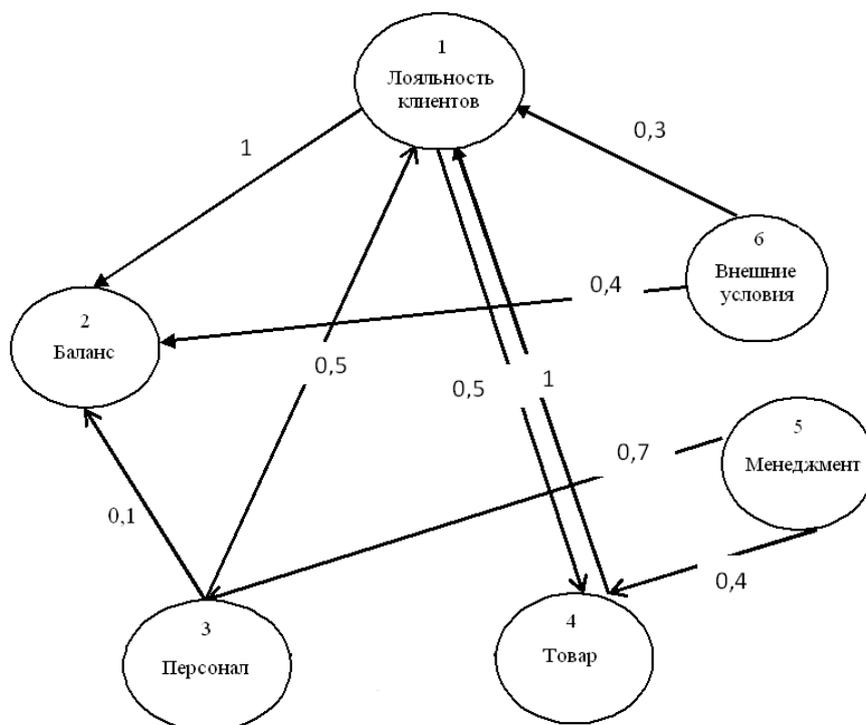


Рис. 5. Когнитивная карта «Лояльность клиентов» (вариант 3)

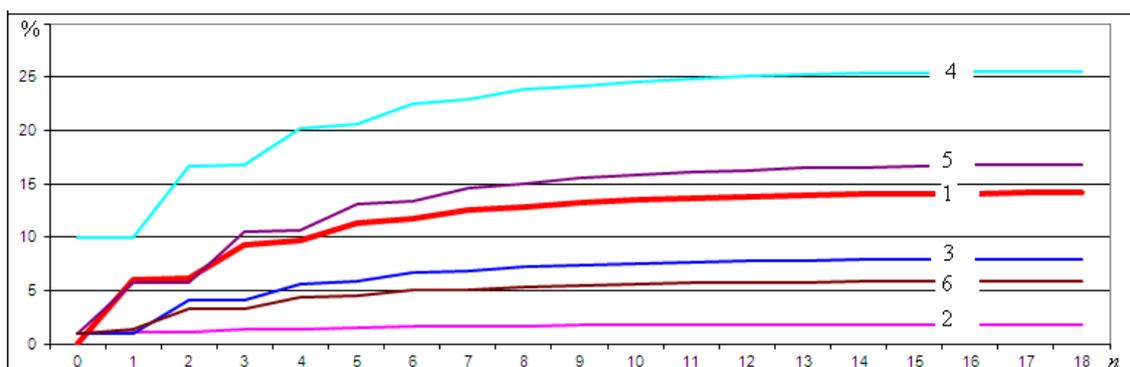


Рис. 6. Результаты вычислительного эксперимента

Когнитивный подход к поддержке принятия решений ориентирован на то, чтобы активизировать мыслительные процессы специалистов и помочь им зафиксировать своё представление проблемной ситуации с опорой на субъективные модели, повышающие адекватность принимаемых решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов О.П., Кулинич А.А., Марковский А.В. Анализ влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт. Сб. Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.А. Абрамовой, К.С. Гинсберга, Д.А. Навикова. М. : КомКнига, 2006. С. 313–344.
2. Кононов Д.А., Косяченко С.А., Кульба В.В. Формирование и анализ сценариев развития социально-экономических систем с использованием аппарата операторных графов // Автоматика и телемеханика. 2007. № 1. С. 121–136.
3. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д : Изд-во РГУ, 2006. 332 с.
4. Лучко О.Н., Маренко В.А. Когнитивное моделирование как инструмент поддержки принятия решений. Новосибирск : СО РАН, 2014. 118 с.
5. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М. : Наука, 1986. 496 с.

MODEL "LOYALTY OF CLIENTS"

V.A. Marenko¹

Ph.D. (Engin.), e-mail: marenko@ofim.oscsbras.ru

O.N. Luchko²

Ph.D. (Ped.), Associate Professor, e-mail: o_luchko@rambler.ru

M.I. Maltseva²

Postgraduate Student, e-mail: mi.165511@gmail.com

¹Sobolev Institute of Mathematics Siberian Branch of the Russian Academy Sciences

²Omsk State Institute of Service

Abstract. Stages of cognitive modeling of a small business problem "Loyalty of clients", such as formation of a problem field, cognitive map, cognitive model are given. The options of structure of the cognitive model "Loyalty of Clients" used for carrying out computing experiment are shown. Illustrations of the pulse instability arising at structural changes of the cognitive model "Loyalty of Clients" are given. Application of methodology of cognitive modeling in the solution of applied tasks gives the chance to formalize the studied social and economic problem with application of subjective experience and to increase objectivity of the made administrative decisions.

Keywords: cognitive modeling, graph, cognitive model, examination, computer experiment, stability, loyalty of clients..