

Использование нечетких когнитивных карт при разработке экспериментальной модели автоматизации производственного учета материальных потоков

© 2019 г. Е.А. Алпеева, И.И. Волкова

Юго-Западный государственный университет,
305040, Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94

Рассмотрено построение экспериментальной модели автоматизации производственного учета материальных потоков на основе использования нечетких когнитивных карт. Представлен алгоритм когнитивного моделирования. Отмечены основные достоинства когнитивных инструментов: 1) возможность исследовать тонкую структуру управленческих решений (необходимая последовательность включения управленческих воздействий, необходимая степень активности этих воздействий, исследование динамической устойчивости стратегий и др.); 2) возможность исследовать динамику управленческих решений на качественном уровне, не привлекая для этой цели труднодоступную и не всегда достоверную количественную информацию, что крайне важно в условиях быстроменяющейся бизнес-среды и растущих темпов технологических инноваций.

Подчеркивается то, что вышеперечисленными возможностями не обладает ни одно из известных средств поддержки менеджмента. Когнитивный динамический анализ существенно расширяет инструментальную базу менеджмента, базирующуюся сегодня преимущественно на средствах статического ситуационного анализа и рецептурных схемах принятия решений.

При построении экспериментальной модели определены целевые факторы когнитивной карты, проведен анализ связанности и изучен процесс распространения возмущений на графе.

Проведенный анализ показал, что предложенная модель вполне работоспособна и может быть использована для прогнозирования хозяйственной деятельности и определения ожидаемых значений ряда параметров, которые необходимо контролировать для диагностики тенденций развития промышленного предприятия. Результаты работы следует рассматривать как решение ряда задач управления.

Ключевые слова: инновации, производственный учет, MES-система, когнитивная карта, нечеткие когнитивные модели, концепты, факторы, управленческие решения

Введение

Автоматизация управления предприятием на базе экономико-математических моделей, информационных технологий является одним из главных этапов развития для всех предприятий. Применение когнитивного моделирования позволяет принимать управленческие решения в условиях неопределенности.

В настоящее время одним из направлений роста эффективной деятельности промышленных предприятий является выход на принципиально новый уровень управления финансово-хозяйственной деятельностью через развитие инновационного потенциала, внедрение нововведений с использованием комплекса экономико-математических моделей,

информационных технологий, в том числе через автоматизацию производственного учета.

Проблемы развития предприятий отразили в своих работах многие ученые: Ю.П. Анисимов [1], И.Т. Балабанов, К.С. Бармашов [2], И.Л. Туккель [3], Л.Ю. Шипович [4], И.Ф. Рябцева [5], Т.С. Колмыкова [6] и др.

Построение экспериментальной модели автоматизации производственного учета материальных потоков в убойном цехе АО «Надежда» с помощью применения когнитивной карты

Задачи автоматизации производственного учета должны рассматриваться предприятием как

инвестиция средств, которые должны принести отдачу через улучшение управляемости, повышение эффективности производства, сокращение издержек и т.п. Значение автоматизации сравнимо с увеличением мощностей предприятия.

Автоматизация управления на базе экономико-математических моделей, информационных технологий и средств вычислительной техники практически для всех предприятий является важнейшим этапом развития, выводящим бизнес на качественно новый уровень управления [7].

К новейшим программным средствам относится, в первую очередь система управления производственными процессами (Manufacturing Execution System, **MES**), поднимающая культуру производства на более высокий уровень [8].

MES-система является обязательной составляющей организации производства западных компаний вне зависимости от отраслевой принадлежности. В России данная система используется пока редко. Именно MES-система должна стать технологической базой для внедрения производственных стандартов мирового класса для отечественных производителей независимо от используемого оборудования и квалификации рабочих, занятых на производстве [9].

Современные технологии управления базируются на проблемных знаниях и накопленном опыте компании, принятии решений в условиях неопределенности. Данные технологии учитывают не только накопленный опыт специалистов в определенных знаниях, но также формировании основы для компьютеризации систем управления, ориентированных на автоматизацию процесса управления.

Так, для структуризации информации и принятия решений в условиях неопределенности используется модель когнитивного моделирования.

Идеи когнитивного моделирования изложены в трудах В.А. Макаренко, М.В. Мальцевой [10], Р.А. Караева [11].

Когнитивное моделирование – это визуализированное построение причинно-следственных связей между сущностями, описывающими систему [12].

Для описания когнитивных моделей эффективно используется аппарат знаковых и взвешенных ориентированных графов. Веса дуг в чисто когнитивных моделях ищутся либо с помощью статистической обработки информации, либо экспертным путем. Изменения факторов проводятся по шагам до определения реакции системы, после этого с помощью многокритериального выбора определяется множество благоприятных сценариев, и они ранжируются.

Развитием классических когнитивных моделей являются нечеткие когнитивные модели (**НКМ**), в которых учитывается то, что взаимовлияния между факторами, вызванные наличием причинно-следственных связей, могут иметь различную интенсивность, при этом интенсивность любого влияния может изменяться с течением времени [13].

Когнитивная карта показывает только факт наличия влияний факторов друг на друга. В ней не

отражается ни детальный характер этих влияний, ни динамика изменения влияний в зависимости от изменения ситуации, ни временные изменения самих факторов. Учет всех этих обстоятельств требует перехода на следующий уровень структуризации информации, то есть к когнитивной модели.

На этом уровне каждая связь между факторами когнитивной карты раскрывается соответствующими зависимостями, каждая из которых может содержать как количественные (измеряемые) переменные, так и качественные (не измеряемые) переменные. При этом количественные переменные представляются естественным образом в виде их численных значений. Каждой же качественной переменной ставится в соответствие совокупность лингвистических переменных, отображающих различные состояния этой качественной переменной (например, покупательский спрос может быть «слабым», «умеренным», «ажитоажным» и т.п.), а каждой лингвистической переменной соответствует определенный числовой эквивалент в шкале – 0,1. По мере накопления знаний о процессах, происходящих в исследуемой ситуации, становится возможным более детально раскрывать характер связей между факторами [14].

Этот граф можно представить матрицей, которая, в свою очередь, также называется когнитивной [15].

В качестве примера использования **технологии когнитивного** моделирования проведено исследование автоматизации производственного учета материальных потоков в убойном цехе мясохолодильной АО «Надежда» (Курская область) для повышения уровня учета и использования информации в целях рационального функционирования подразделения предприятия и выбора эффективных управленческих решений. В качестве экспертов для построения рациональной процедуры интуитивно-логического мышления было проведено формирование экспертной группы в количестве 20 человек, обладающих необходимыми компетенциями в данной области.

На первом этапе экспертами были определены факторы, влияющие на автоматизацию производственного учета материальных потоков. В **табл. 1** систематизированы 20 факторов, влияющих на исследуемую проблему. Данные факторы объединены в семь групп по содержанию:

- 1) производство;
- 2) автоматизированная информационная система (**АИС**) производственного учета;
- 3) материально-техническое оснащение;
- 4) персонал;
- 5) государственная политика;
- 6) эффективность учетной информации;
- 7) управление эффективностью подразделения.

На втором этапе устанавливались причинно-следственные связи между концептами (факторами), учитывая их влияние на систему [16].

Следующим этапом стало определение значимости (весомости) каждого фактора, влияющего на

Таблица 1

Факторы, влияющие на автоматизацию производственного учета материальных потоков в убойном цехе АО «Надежда» [Factors affecting the automation of production accounting of material flows in the slaughterhouse of JSC «Nadezhda»]			
	Фактор		Фактор
	<i>Производство</i>		<i>Государственная политика</i>
1	Масштаб производства	10	Законодательное регулирование
2	Сложность производственного процесса	11	Лицензионная политика
	<i>АИС производственного учета</i>		<i>Эффективность учетной информации</i>
3	Количество автоматизированных рабочих мест – пунктов контроля	12	Оперативность
4	Технологичность АИС	13	Полнота
5	Требования по работе с Интернет-ресурсами	14	Аналитичность
	<i>Материально-техническое оснащение</i>	15	Достоверность
6	Аппаратное обеспечение компьютерной техники		<i>Управление эффективностью подразделения</i>
7	Дополнительное оборудование, интегрированное с информационной системой	16	Контроль использования ресурсов
	<i>Персонал</i>	17	Эффективность подразделения
8	Численность управленческого персонала	18	Уровень затрат подразделения
9	Квалификация персонала	19	Контроль качества
		20	Конкурентоспособность

автоматизацию производственного учета материальных потоков в убойном цехе АО «Надежда», которое проводилось экспертным методом. Были выделены два типа причинно-следственных связей: положительные и отрицательные. При положительной связи увеличение значения фактора-причины приводит к увеличению значения фактора-следствия, а при отрицательной связи увеличение значения фактора-причины приводит к уменьшению значения фактора-следствия.

Для установления причинно-следственных отношений определена шкала для оценки характера (положительный или отрицательный) и силы связи между базисными факторами [17]. В ней задаются значения соответствующих переменных; каждому из них ставится в соответствие число в интервале от минус – до плюс единицы (рис. 1).

После структуризации информации выполнено построение когнитивной матрицы (табл. 2).

– по строкам которой указаны концепты-причины, а по столбцам концепты-следствия;

– на пересечении строки и столбца содержится усредненная оценка интенсивности уровня влияния одного концепта на другой.

На основании матрицы построена когнитивная карта, отражающая причинно-следственную структуру системы (рис. 2).

Анализ полученной визуальной модели позволяет сделать ряд выводов. Наибольшее положительное влияние на систему, не испытывая при этом сильного влияния с ее стороны, оказывают концепты 4 и 9. Воздействуя на данные факторы, можно достичь более эффективного инновационного уровня производственного учета материальных потоков.

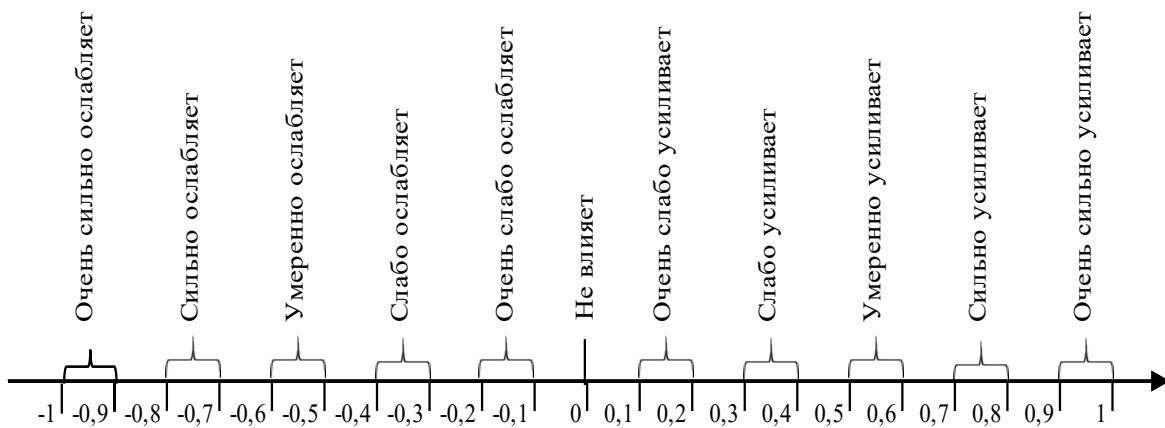


Рис. 1. Шкала для оценки значений и силы взаимовлияния факторов когнитивной карты
[Scale for assessing the values and the strength of the influence of factors of a cognitive map]

Таблица 2

Когнитивная матрица автоматизации производственного учета материальных потоков в убойном цехе АО «Надежда»
[Cognitive matrix of automation of production accounting of material flows in the slaughter shop of JSC «Nadezhda»]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,5	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,8	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
20	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0

В ходе анализа построенной карты выяснилось, что сама система оказывает наибольшее влияние на такие концепты, как 12, 13, 15, 19. Из этого следует, что она способна нейтрализовать высокое отрицательное влияние внешних факторов.

Анализ полученной визуальной модели позволяет сделать ряд выводов. Наибольшее положительное влияние на систему, не испытывая при этом сильного влияния с ее стороны, оказывают концепты 4 и 9. Воздействуя на данные факторы, можно достичь более эффективного инновационного уровня производственного учета материальных потоков.

В ходе анализа построенной карты выяснилось, что сама система оказывает наибольшее влияние на такие концепты, как 12, 13, 15, 19. Из этого следует, что она способна нейтрализовать высокое отрицательное влияние внешних факторов.

Для автоматизации производственного учета материальных потоков убойного цеха стратегические и тактические инструменты развития должны ориентироваться на факторы, оказывающие наиболее сильное воздействие на систему, а именно: технологичность автоматизированной информационной системы и квалификацию персонала.

Отрицательное влияние на систему оказывают концепты 2, 4, 7, 16, 18. С другой стороны, система отрицательно влияет на концепты 5, 9, 16, 17, 18. Поскольку в случае концептов 16 и 18 отрицательное влияние оказывается двусторонним, возникает отрицательный цикл. Это означает, что при положительном внешнем воздействии на этот концепт его негативное влияние на систему с течением времени будет возрастать. Если же на него воздействовать отрицательно, это приведет к положительному эффекту для системы в целом.

Обратим внимание, что фактор 4 находится в узле положительных и отрицательных взаимовлияний, указывая на то, что положительное воздействие на данный фактор желательно, но требует большой осторожности и тщательной оценки последствий.

Для исследования структуры системы и получения прогнозов ее поведения при различных управляющих воздействиях к построенной когнитивной карте следует применять методы аналитической обработки.

При анализе построенной схемы возможны постановки двух тесно взаимосвязанных задач: прямая – как будет развиваться ситуация при существо-

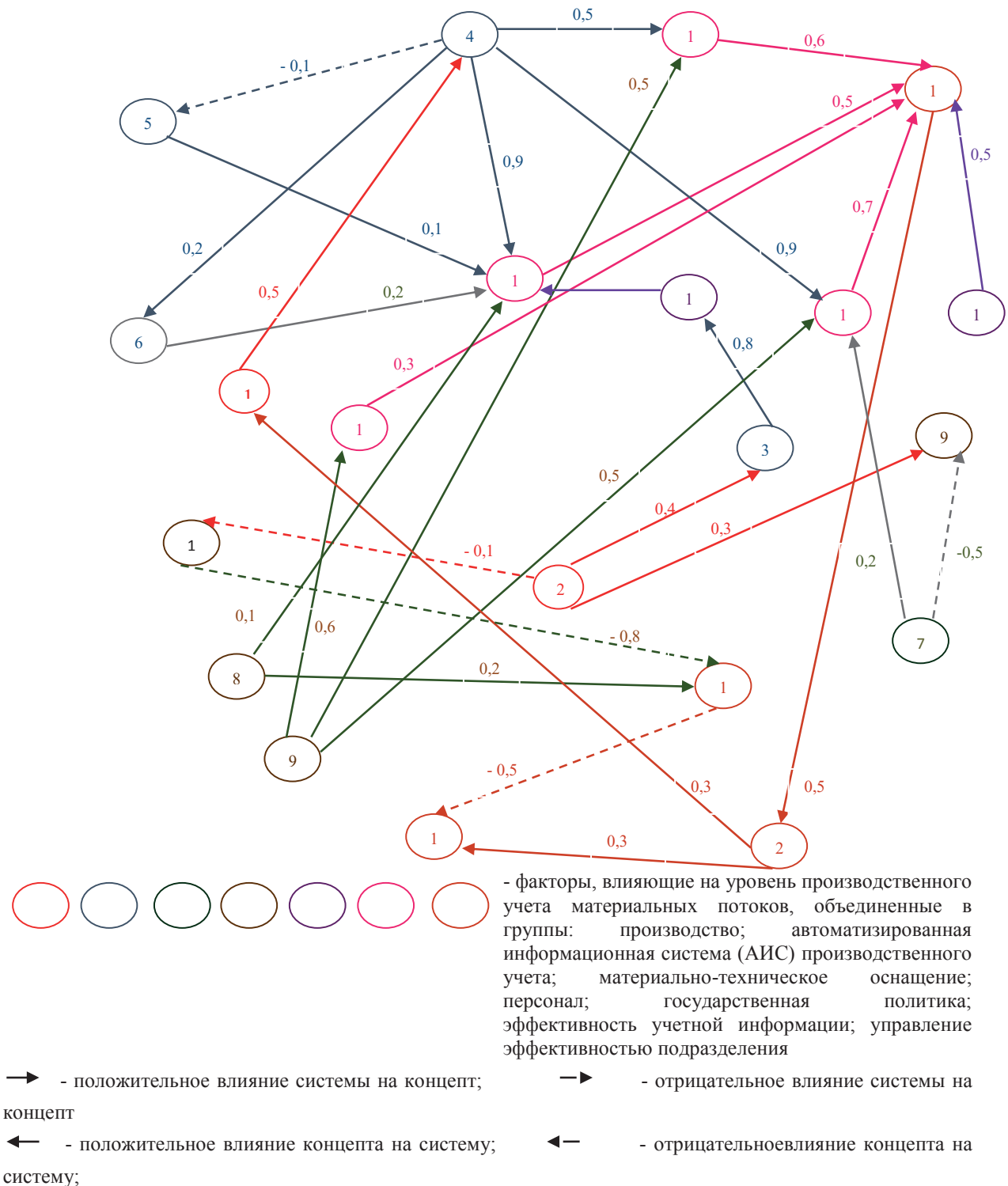


Рис. 2. Модель нечеткой когнитивной карты автоматизации производственного учета материальных потоков в убойном цехе АО «Надежда»
 [Model of a fuzzy cognitive map of automation of production accounting of material flows in the slaughterhouse of JSC «Nadezhda»]

ющих внешних воздействиях; обратная – какие воздействия выбрать, чтобы получить требуемое состояние.

Для анализа выделяются целевые факторы – те факторы, изменения которых в нужную сторону необходимо добиться. Затем выделяются рычаги воздействия – те факторы, которые можно менять в определенных пределах. Проводится анализ различных сценариев.

Наиболее распространенным является интерпретация матрицы как преобразования процентных изменений причин в процентные изменения следствий. К примеру, есть на когнитивной карте связь $A \rightarrow B$ с весом $+0,8$ – это значит, что если величина фактора A возрастет на 10% , то величина фактора B возрастет (знак «+») на 8% ($= 10\% \cdot 0,8$). Это позволяет рассматривать на одной модели факторы, не заботясь о единицах измерения [18]. Разумеется, такой подход не слишком точен, но количественные оценки не очень важны для качественных выводов – просто необходимо понять, какой рычаг надо двигать вверх, какой вниз. Или оценить, насколько конечный результат зависит от этого рычага, и насколько от другого [19].

Для повышения уровня производственного учета материальных потоков убойного цеха целью менеджмента АО «Надежда» является поиск и реализация такого управления (изменения управляемых факторов), которое приводило бы к росту факторов «оперативность», «полнота», «достоверность», «контроль качества» и «конкурентоспособность». На возможность достижения указанных целей влияют:

1) начальное состояние внутренних и внешних факторов, формирующих анализируемый фрагмент стратегии;

2) управление, которое реализуется за счет изменения динамики управляемых факторов.

Проведем имитационные эксперименты для выявления изменения управляющей и управляемой подсистемы. Суть эксперимента в том, что в одну или несколько вершин графа в момент времени t

вводится возмущение. Состояние вершин в момент времени $t + 1$ определяется из соотношения [20] (1):

$$X(t + 1) = X(t) + P(t + 1), \quad (1)$$

где $P(t + 1)$ – вектор приращений значений факторов в вершинах графа в момент времени $t + 1$; $X(t)$, $X(t + 1)$ – состояния факторов в моменты времени t , $t + 1$.

Рассмотрим сценарий, в котором оперативность обрабатываемой информации должна вырасти на 50% . Т.е., в качестве целевого фактора выберем переменную «оперативность», а в качестве управляющих факторов примем переменные «технологичность АИС», «требования по работе с Интернет-ресурсами», «аппаратное обеспечение компьютерной техники», «численность управленческого персонала», «лицензионная политика».

Результат эксперимента показывает: для увеличения оперативности обрабатываемой информации на 50% , необходимо повысить технологичность АИС на $45,0\%$, усилить мощность аппаратного обеспечения компьютерной техники на $10,0\%$, увеличить требования по работе с Интернет-ресурсами (протоколами, которые нужны для передачи данных) на $5,0\%$, расширить численность управленческого персонала с функциями подготовки и контроля отчетности на $5,0\%$ и, соответственно, приобрести дополнительное количество лицензий на рабочие места в АИС на $5,0\%$ больше от уже имеющегося количества (рис. 3).

При этом, управляющие факторы с течением времени улучшаются.

Для достижения поставленной цели необходимо повышать активность всех факторов, но в разной последовательности и в разной степени. Изменения факторов проводятся по шагам до определения реакции системы, после этого с помощью многокритериального выбора определяется множество благоприятных сценариев, и они ранжируются. Прежде всего, надо значительно увеличивать технологичность используемой АИС. Основные усилия должны быть направлены на опережающий рост этого фактора: активность фактора должна расти быстрее и в

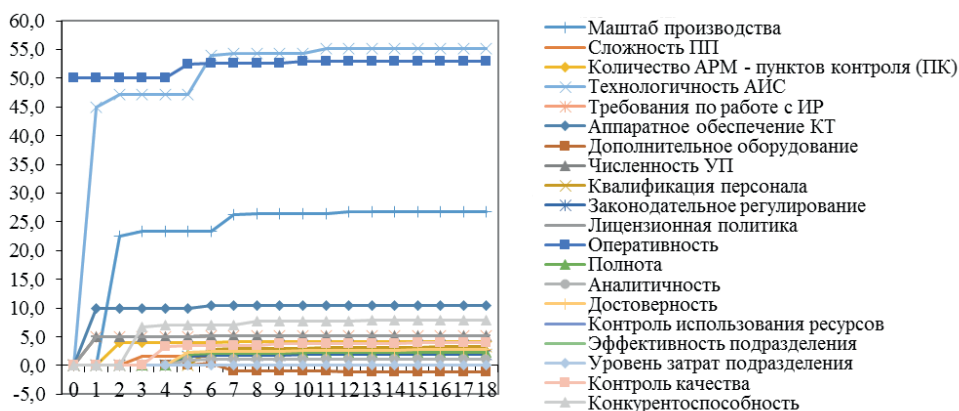


Рис. 3. Результаты расчета сценария увеличения оперативности
[The results of the calculation of the scenario of increasing efficiency]

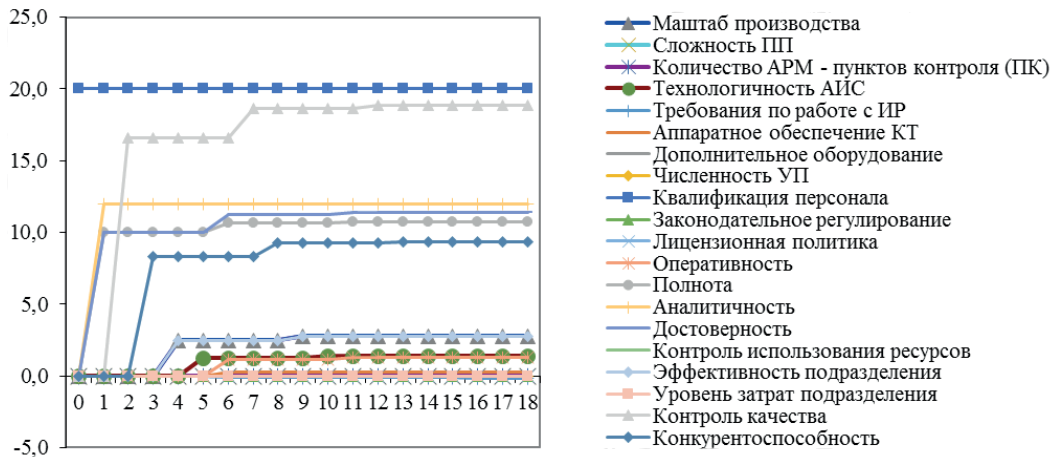


Рис. 4. Результаты расчета сценария при увеличении управляющего фактора «Квалификация персонала»
 [The results of the scenario calculation with an increase in the controlling factor «Staff qualification»]

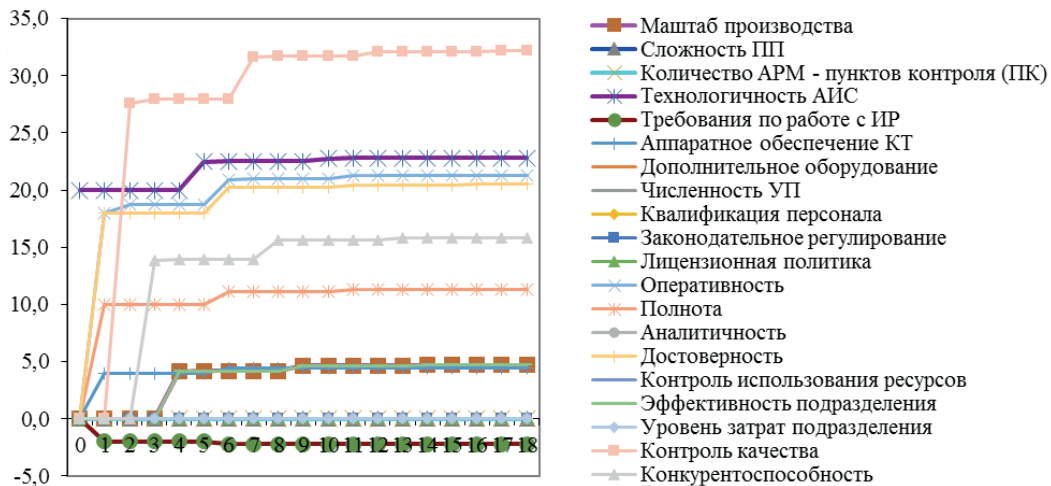


Рис. 5. Результаты расчета сценария при увеличении управляющего фактора «Технологичность автоматизированной информационной системы»
 [The results of the scenario calculation with an increase in the controlling factor “Technological effectiveness of the automated information system”]

большей степени (до уровня 55,2 %) к концу периода моделирования – 18-му шагу.

Остальные факторы по степени их влияния на результат распределяются следующим образом. Вторым по значимости является фактор «мощность аппаратного обеспечения». Равнозначное влияние оказывают факторы «требования по работе с Интернет-ресурсами», «численность управленческого персонала», «лицензионная политика».

После шестого шага требования к активности данных факторов можно ослабить, так как после этого момента темпы роста их активности выравниваются – достигают максимума.

Внеся 20%-ное возмущение в вершину графа, соответствующему управляющему фактору «квалификация персонала» (рис. 4), наблюдаем увеличение целевых факторов «аналитичность» на 12 %,

«полнота» на 10 %, «достоверность» на 10 %. При этом, наиболее активно растет фактор «достоверность», достигнув в конце моделирования 11,4 %. Требования к активности всех факторов можно ослабить на одиннадцатом шаге моделирования, когда темпы роста их активности выравниваются (все показатели достигают своего максимума).

Внеся 20%-ное возмущение в вершину графа, соответствующему управляющему фактору «Технологичность автоматизированной информационной системы» (рис. 5), наблюдаем увеличение целевых факторов «оперативность» до 21,3 %, «достоверность» до 20,5 %, «полнота» до 11,3 %, «аппаратное обеспечение компьютерной техники» до 4,5 %, «требования по работе с Интернет-ресурсами» – снижение до 2,2 %.

Результаты экспериментов показали, что существенным управляющим фактором для обеспечения роста целевых факторов «оперативность», «полнота», «достоверность» является фактор «Технологичность автоматизированной информационной системы». В свою очередь, факторы «оперативность», «полнота», «достоверность» оказывают существенное влияние на «контроль качества», а «контроль качества» на «конкурентоспособность».

Таким образом, можно сделать вывод о том, что руководству предприятия необходимо рекомендовать обратить первоочередное внимание на повышение фактора «Технологичность автоматизированной информационной системы». Автоматизация производственного учета материальных потоков убойного цеха АО «Надежда» целесообразна.

В случае автоматизации производственного учета материальных потоков в убойном цехе МХБ АО «Надежда» новая модель бизнес-процессов будет в полной мере учитывать требования системы управления качеством и обеспечения безопасности на основе принципов ХАССП [21] и стандартов серии ИСО [22].

От автоматизации ожидаются следующие эффекты:

- на 61 % снижение объема бумажной работы в цеху;
- на 0,85 % снижение потерь убойного веса;
- на 27 % уменьшение количества срыва сроков выполнения плана.

Срок внедрения – 6 месяцев. Срок окупаемости – 6,66 месяцев.

Заключение

Когнитивные инструменты открывают широкие возможности для решения важных для современного менеджмента задач.

Одним из главных достоинств когнитивных инструментов является открываемая ими возможность исследовать структуру управленческих стратегий (последовательность управленческих воздействий, степень их активности, исследование динамической устойчивости и др.). Такими возможностями не обладает ни одно из известных средств поддержки. Когнитивное моделирование существенно расширяет инструментальную базу менеджмента, основывающуюся преимущественно на средствах статического ситуационного анализа и рецептурных схемах принятия решений.

Предложенная модель автоматизации производственного учета материальных потоков в убойном цехе мясохладобойни АО «Надежда» с учетом взаимовлияния факторов на основе использования нечетких когнитивных карт отражает тенденции развития экономической и производственной ситуации на предприятии. Данную модель можно использовать для прогнозирования хозяйственной деятельности и для определения ожидаемых значений ряда параметров, которые необходимо контролировать для диагностики тенденций развития.

Библиографический список

1. Анисимов Ю.П., Журавлев Ю.В., Куксова И.В., Куклинов В.А. Условия развития инновационного потенциала. Воронеж: ВГУИТ, 2011. 450 с.
2. Бармашов К.С., Бармашова Л.В., Викторова Т.С. Формирование экономического механизма инновационно-инвестиционного процесса в условиях устойчивого развития предприятия. Вязьма: филиал ФГБОУ ВПО «МГИУ» в г. Вязьме, 2013. 120 с.
3. Туккель И.Л. Управление инновационными проектами. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 416 с.
4. Шипович Л.Ю. Инновации как инструмент преодоления кризиса и основа экономического развития // Вестник Челябинского государственного университета. 2011. № 32. С. 15–21.
5. Алеева Е.А., Рябцева И.Ф. Прогресс и инновации: анализ системной обусловленности // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 18(273). С. 37–41.
6. Артемов Р.В., Колмыкова Т.С., Широкова Л.В., Харченко Е.В. Управление развитием малого и среднего бизнеса в регионе в условиях секторальной дивергенции. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2015. 151 с.
7. Автоматизация процессов управления: повышаем эффективность компании. URL: <https://www.gd.ru/articles/9757-avtomatizatsiya-protsesov-upravleniya> (дата обращения: 22.12.2018).
8. Дильман А. Мифы и реальность внедрения MES-систем // Директор информационной службы. 2012. № 1.
9. Загидуллин Р.Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP. Старый Оскол: ТНТ, 2011. 372 с.
10. Маренко В.А., Мальцева М.И. Применение когнитивного моделирования для анализа проблем малого бизнеса // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2015. Т. 25. № 6. С. 1014–1024.
11. Караев Р.А., Микаилова Р.Н., Сафарли И.И., Садыхова Н.Ю., Имамвердиева Х.Ф. Когнитивные инструменты для динамического анализа бизнес-стратегий предприятий // Бизнес-информатика. 2018. № 1(43). С. 7–16. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.1.7.16
12. Савчук О.В., Ладанюк А.П., Герасименко Т.М. Нечеткое когнитивное моделирование в системах управления технологическим процессом молокоперерабатывающего предприятия // Новый Университет. Серия: технические науки. 2015. № 1-2(35-36). С. 13–19. DOI: 10.15350/2221-9552.2015.1-2
13. Кулинич А.А. Система когнитивного моделирования «Канва» URL: <http://www.raai.org/about/persons/kulinich/pages/kanva2003.html> (дата обращения: 21.01.2019).
14. Максимов В.И., Корноушенко Е.К., Качаев С.В. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений URL: <http://www.iis.ru/events/19981130/maximov.ru> (дата обращения: 05.01.2019).

15. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО – РЕС, 1995. 228 с.

16. Широкова Л.Ю., Алпеева Е.А. Совершенствование инструментов и механизмов инновационного развития корпоративных форм бизнеса в регионе. // Социально-экономические явления и процессы. 2014. Т. 9. № 11. С. 185–193.

17. Макаренко Д.И. Модели и методы стратегического управления оборонно-промышленным комплексом: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. М., 2006. 24 с.

18. Василенко Т.Г. О. Генри и когнитивные карты. Образовательный портал ООО «Организация Времени. URL: <http://www.improvement.ru/zametki/cognitive/> (дата обращения 22.12.2018).

19. Строчкова Л.А. Использование нечетких когнитивных карт при разработке расчетных моделей

оснований // Известия Томского политехнического университета. 2009. Т. 314. № 5. С. 95–100.

20. Маренко В.А., Мальцева М.И. Применение когнитивного моделирования для анализа проблем малого бизнеса // Известия Байкальского Государственного Университета. 2015. Т. 25. № 6. С. 1014–1024. DOI: 10.17150/1993-3541.2015.25(6).1014-1024

21. ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования». М.: Стандартиформ, 2013.

22. ГОСТ Р ИСО 22000-2007 «Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции». М.: Стандартиформ, 2013.

Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics

2019, vol. 12, no. 1, pp. 97–106

ISSN 2072-1633 (print)

ISSN 2413-662X (online)

**The use of fuzzy cognitive maps
in the development of an experimental model
of automation of production accounting
of material flows**

E.A. Alpeeva – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, alpeeva@yandex.ru

I.I. Volkova – Graduate Student

The Southwest State University (SWSU), 94 Ul. 50
Let Oktyabrya, Kursk 305040, Russia

Abstract. Automation of enterprise management on the basis of economic and mathematical models, information technology is one of the main stages of development for all enterprises. The use of cognitive modeling allows making management decisions under uncertainty. The article considers the construction of an experimental model of automation of production accounting of material flows based on the use of fuzzy cognitive maps. The algorithm of cognitive modeling is presented. The main advantages of cognitive tools are noted: 1) the ability to study the fine structure of management decisions (the necessary sequence of management actions, the necessary degree of activity of these actions, the study of the dynamic stability of strategies, etc.); 2) the opportunity to explore the dynamics of management decisions at a qualitative level, without attracting for this purpose hard-to-access and not always reliable quantitative information, which is extremely important in a rapidly changing business environment and the growing pace of technological innovation.

It is emphasized that none of the known management support tools has the above capabilities. Cognitive dynamic analysis significantly expands the tool base of management, based today mainly on the means

of static situational analysis and prescription schemes of decision-making.

In the construction of the experimental model, the target factors of the cognitive map are determined, the connectivity analysis is carried out and the process of propagation of disturbances on the graph is studied.

The analysis showed that the proposed model is quite efficient and can be used to predict economic activity and determine the expected values of a number of parameters that need to be monitored to diagnose trends in the development of an industrial enterprise. The results of the work should be considered as a solution to a number of management tasks.

Keywords: innovation, production accounting, MES-system, cognitive map, fuzzy cognitive models, concepts, factors, management decisions

References

1. Anisimov Y.P., Zhuravlev Yu.V., Kuskov I.V., Chuklinov V.A. *Usloviya razvitiya innovatsionnogo potentsiala* [Conditions of development of innovative potential]. Voronezh: UGUET, 2011. 450 p. (In Russ.)

2. Barmashov K.S., Barmashov L.V., Viktorova T.S. *Formirovanie ekonomicheskogo mehanizma innovatsionno-investitsionnogo protsessa v usloviakh ustoychivogo razvitiya predpriyatiya* [The formation of the economic mechanism of innovative-investment process in terms of sustainable development of the enterprise]. Vyazma: filial FGBOU VPO «MGIU», 2013. 120 p. (In Russ.)

3. Tukkel I.L. *Upravlenie innovatsionnymi proektami* [Management of innovative projects]. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2011. 416 p. (In Russ.)

4. Sipowicz L.Yu. Innovations as the tool of overcoming of crisis and the basis of economic development. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo*

universiteta = *Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2011. No. 32. Pp. 15–21. (In Russ.)

5. Alpeyeva E.A., Ryabtseva I.F. Progress and innovation: an analysis of system condition. *Economicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic analysis: theory and practice*. 2012. № 18(273). Pp. 37–41. (In Russ.)

6. Artemov R.V., Kolmykova T.S., Shirokova L.V., Kharchenko E.V. *Upravlenie razvitiem malogo i srednego biznesa v regione v usloviyah sectoral'noi divergentsii* [Management of development of small and medium-sized businesses in the region in terms of sectoral divergence]. Kursk: Yugo-Zapadnyi gosudarstvennyi universitet, 2015. 151 p. (In Russ.)

7. Automation of management processes: we increase the efficiency of the company. Available at: <https://www.gd.ru/articles/9757-avtomatizatsiya-protssosov-upravleniya> (accessed: 22.12.2018). (In Russ.)

8. Dilman A. Myths and reality of implementation of MES-systems. *Direktor informatsionnoy sluzhbi = Director of Information Services*. 2012. No. 1. (In Russ.)

9. Zagidullin R.R. *Upravlenie mashinostroitel'nim proizvodstvom s pomosh'yu sistem MES, APS, ERP* [Management of machine-building production with the help of MES, APS, ERP systems]. Stary Oskol: TNT, 2011. 372 p. (In Russ.)

10. Marenko V.A., Maltseva M.I. Cognitive modeling application for analyzing small businesses problems. *Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi akademii = News of the Irkutsk State Economic Academy*. 2015. Vol. 25. No. 6. Pp. 1014–1024. (In Russ.)

11. Karayev R.A., Mihailova R.N., Safarly I.I., Sadikhova N.Y., Imamverdiyeva X.F. Cognitive tools for dynamic analysis of enterprise business strategies. *Business-Informatika = Business Informatics*. 2018. No. 1(43). Pp. 7–16. (In Russ.). DOI: 10.17323/1998-0663.2018.1.7.16

12. Savchuk O.V., Ladanyuk A.P., Gerasimenko T.M. Fuzzy cognitive modeling in the control system of technological complexes dairy industry. *Novyi Universitet. Seriya: tekhnicheskie nauki = New University. Technical sciences*. 2015. № 1-2(35-36). Pp. 13–19. (In Russ.). DOI: 10.15350/2221-9552.2015.1-2

13. Kulinich A.A. System of cognitive modeling Kanva. Available at: <http://www.raai.org/about/persons/>

kulinich/pages/kanva2003.html (accessed: 21.01.2019). (In Russ.)

14. Maksimov V.I., Karnausenko E.K., Kachaev S.V. Cognitive technologies for support of managerial decision-making. Available at: <http://www.iis.ru/events/19981130/maximov.ru>. (accessed: 05.01.2019). (In Russ.)

15. Silov V.B. *Prinyatie strategicheskikh resheni v nechetkoi obstanovke* [The strategic decision-making in a fuzzy environment]. Moscow: INPRO – RES, 1995. 228 p. (In Russ.)

16. Shirokova L.V., Alpeyeva E.A. Improvement of tools and mechanisms of innovative development of corporate forms of business in the region. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy = Social and Economic Phenomena and Processes*. 2014. Vol. 9. No. 11. Pp. 185–193. (In Russ.)

17. Makarenko D.I. Models and methods of strategic management of the military-industrial complex. Summary of Cand. Diss. (Econ.). Moscow, 2006. 24 p. (In Russ.)

18. Vasilenko T.G. O. Henry and cognitive maps. Education portal, LLC «Organization of Time». Available at: <http://www.improvement.ru/zametki/cognitive> (accessed: 22.12.2018). (In Russ.)

19. Strokova L.A. Use of fuzzy cognitive maps when developing base rated models. *Izvestiya tomskogo polytechnicheskogo universiteta = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2009. Vol. 314. No. 5. Pp. 95–100. (In Russ.)

20. Marenko V.A., Maltseva M.I. Cognitive modeling application for analyzing small businesses problems. *Izvestiya Baikal'skogo Gosudarstvennogo Universiteta = Bulletin of Baikal State University*. 2015. Vol. 25. No. 6. Pp. 1014–1024. (In Russ.). DOI: 10.17150/1993-3541.2015.25(6).1014-1024

21. GOST R 51705.1-2001 «Quality Systems. Food quality management based on HACCP principles. General requirements». Moscow: STANDARTINFORM, 2013. (In Russ.)

22. GOST R ISO 22000-2007 «Food safety management Systems. Requirements for organizations involved in the food chain». Moscow: STANDARTINFORM, 2013. (In Russ.)