

Гибридный подход к построению системы поддержки принятия решений при продвижении товаров на региональный рынок

А.Н. Полетайкин

В статье рассматривается гибридный подход к построению системы поддержки принятия решений при продвижении товаров на региональный рынок на основе нечёткой имитационно-оптимизационной модели, которая на основании трудноформализуемых исходных данных вырабатывает прогноз реализации товара потребителю, оптимальный по социальным и экономическим показателям. Эффективность применения разработанной модели подтверждается исследованием эффективности её функционирования в структуре системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: продвижение товара на рынок, имитационно-оптимизационная модель, гибридный подход к поддержке принятия решений, оценивание эффективности решений.

1. Введение

Любой социально-экономический процесс предполагает обработку большого количества информации из многих областей деятельности человека как основного звена этого процесса. Объём информации, накопившийся к настоящему времени в социально-экономической сфере, практически не поддаётся учёту. В связи с этим приобретает особую значимость задача информатизации указанных процессов с целью эффективного принятия решений для получения оптимальных результатов.

Одним из основных социально-экономических процессов в сфере торговли является процесс продвижения товаров народного потребления на региональном рынке – многомерный процесс, тесно связанный с регистрацией и обработкой социальной и экономической информации, которая представляет собой совокупность явлений, событий и фактов, имеющих место в социально-экономической среде рынка. Продвижение товара предполагает, в том числе, проведение маркетинговых исследований и прогнозирование потребительского спроса, планирование поставок и реализаций товара, а также различные коммуникационные и продвиженческие виды маркетинговой деятельности [1]. Результатом процесса является достижение генеральной цели, которая определяется двояко: получение положительного эффекта: 1) социального – удовлетворение потребности рынка в товаре, и 2) экономического – получение прибыли. Кроме того, современный рынок товаров народного потребления, особенно имеющих большое социальное значение (продукты питания, одежда, медицинские препараты, галантерея и др.), при рациональной его организации обеспечивает постоянное опосредствованное влияние на прогрессивное развитие рыночной экономики Российской Федерации. Особенно это актуально в условиях внешнего экономического давления со стороны стран Запада, которое имеет место в последнее время, с тенденцией наращивания санкций в отношении ряда секторов экономики, в том числе ориентированных и на товары первой необходимости. В то же время традиционные подходы к построению моделей рыночных отношений не учитывают сложившуюся объективную реальность, связанную с функциони-

рованием производственно-экономических систем, в том числе влияние человеческого фактора и последствия современной геополитической инженерии, и характеризуемую такими качествами, как нелинейность, изменчивость, непредсказуемость и высокая неопределённость. Поэтому создание принципиально новых моделей и информационных технологий, учитывающих вышеуказанные трудноформализуемые факторы, является актуальной научной задачей, имеющей большое социальное и экономическое значение.

2. Обзор существующих подобных информационных технологий

Существующие на современном рынке информационные технологии для комплексного решения задач такого масштаба относятся к классу корпоративных информационных систем, особенностями которых являются комплексность охвата функций управления, упорядоченность бизнес-процессов, массовость операций; эффективность использования информационных ресурсов, адаптивность функциональной и инструментальной структуры системы к особенностям объекта. К этому классу относятся, например, такие системы, как 1С-Предприятие, Галактика и Парус, которые, однако, не имеют функциональных возможностей обеспечения проектирования оптимальных схем поставок в заданные сроки по наиболее низким ценам с учётом широкого спектра неценовых факторов. Использование этих систем для решения подобных задач требует разработки специальной системы поддержки принятия решений (СППР) менеджера, базирующейся на разработке ряда альтернативных решений, из которых менеджер может выбирать наиболее приемлемое на данный момент. Примером такой СППР является отечественная ERP система прогнозирования спроса РТС (Санкт-Петербург) [2]. Использование системы позволяет повысить точность планирования поставок и закупок товаров. Её важными особенностями являются самообучаемость, способность учитывать неценовые факторы спроса, учёт экономических и логистических рисков и др. Недостатками являются высокая стоимость (порядка миллионов рублей, включая техническую поддержку) и поэтому строгая ориентация на финансовый результат от использования прогнозов с целью быстрой окупаемости, которая декларируется продвигающими их компаниями как преимущество. Решение оптимизационных задач, оперирующих множеством значений неценовых факторов (зачастую трудноформализуемых) также требует специальной реализации встроенными средствами разработки ERP-систем. К тому же, задачи такой сложности чаще требуют привлечение к их оптимальному решению компетентных специалистов в соответствующей предметной области, вооружённых современными средствами поддержки решений. Поэтому особую актуальность приобретает создание и внедрение новых информационных технологий, а именно построения гибридных синергетических имитационно-оптимизационных моделей, учитывающих положительный опыт применения таких технологий в других сложных областях, таких как биология, физика и даже философия [3]. В частности, авторами [4] предложен универсальный подход, основанный на совместном использовании имитационной модели этой системы и аппарата эволюционных алгоритмов. В адаптации к данной задаче продвижения товаров на рынок суть этого подхода состоит в моделировании процесса удовлетворения потребности на региональном рынке как динамической системы данных о потребителе, реализаторе, товаре, рынке, и использовании этой модели для оценивания эффективности субоптимальных решений, полученных посредством применения многопараметрической оптимизации в структуре специальной СППР.

3. Постановка задачи

Анализ применения маркетинговых исследований и методов прогнозирования спроса на региональном рынке позволил выделить следующие классы исходных данных для решения задачи продвижения товаров на региональный рынок:

1. ретроспективная информация о поставках, реализациях, доходах, расходах, динамике остатков, и пр.;
2. текущие статистические оценки спроса на региональном рынке;
3. входные документы, отображающие сущность предметной области (счета-фактуры, накладные, ведомости, история реализаций и пр.);
4. экспертные оценки характеристик процесса реализации товара, такие как:
 - формальные способы представления основных показателей реализации в условиях неопределённости;
 - принципы классификации и кодирования товарных единиц (ТЕ);
 - формально-логические правила продвижения товара на рынок;
 - особенности предполагаемых решений задачи продвижения товара потребителю и пр.

Эти классы составляют две группы исходных данных: 1) количественные, получаемые из имеющихся данных, которыми располагает объект, при помощи автоматизированной обработки, и 2) качественные, составляющие «кристаллизованную» информацию о предметной области в виде документации и компетентности экспертов. Для построения модели предметной области очень важно понимать природу именно качественных данных, интерпретация которых существенно зависит от порядка их появления во времени, что особенно важно при моделировании причинно-следственных отношений между ними, среди которых также выделяются причинные, определительные, корреляционные. С использованием приведённой в [5] методики анализа свойств качественных данных удалось установить их классификационную структуру, влияющую на принятие решений при продвижении товара на региональный рынок. В основном, такие данные обильны, хотя и не полностью определены (выделяется класс стохастических данных о влиянии на спрос товара таких, например, факторов, как сезонность, погодные условия, социальная температура и пр.), недостаточны ввиду ограниченной численности конечных потребителей, задействованных на рынке, неполны и недостаточно согласованы и подлежат постоянному обновлению и согласованию.

Влияние на процесс реализации неценовых факторов и принципы их моделирования широко рассмотрены в [6]. В большинстве своём это стохастически-детерминированные социально-экономические показатели, которые можно разделить на три класса.

Класс 1 – показатели, которые могут быть адекватно описаны с использованием теории вероятностей и математической статистики и, как следствие, смоделированы статистическими методами (например, частота требования товаров, наличие денег у потребителя, и др.).

Класс 2 – показатели, которые в силу определённых обстоятельств (высокая степень неопределённости, затруднения при определении законов описания) не могут быть адекватно описаны ни статистически, ни законами теории вероятностей (например, погодные условия);

Класс 3 – показатели, которые принципиально не могут быть оценены количественно при помощи каких-либо математических методов (например, цели использования товара).

Учитывая такое разнообразие исходных данных, большинство из которых характеризуется высокой степенью неопределённости, была предпринята попытка их имитационного моделирования на основе статистических данных, полученных путём долговременного наблюдения за динамикой этих данных на примере реализации компьютерной техники [7]. Однако, как показало исследование адекватности данной модели, выдвинутые гипотезы относительно вероятностной природы исходных данных (законы распределения, марковские цепи, векторы полной группы событий, и т.д.) оказались несостоятельными и не давали адекватных результатов моделирования искомых выходных характеристик. В результате разработанная имитационно-оптимизационная модель управления процессом реализации компьютерной техники показала низкую адекватность.

В связи с этим выдвинута гипотеза о том, что неопределённость входных параметров можно погасить посредством аппарата нечёткой логики, априори приняв тот факт, что социально-экономические показатели класса 2 можно описать как нечёткие величины, ввиду доказанного обстоятельства, что сложный динамический процесс адекватно описывается при помощи нечеткой логики [8]. Для проверки этой гипотезы в структуру СППР, в которой

предполагается использовать модель, необходимо ввести нечёткую базу правил и процедуру применения этих правил для формирования значений основных параметров процесса реализации товара, используемых при выработке оптимальных решений, в соответствии с такими основными допущениями:

- для каждого параметра вводится нечёткая модель, характеризуемая функцией принадлежности $\mu(\omega)$, которая может быть задана таблично или графически программными средствами, реализованными в подсистеме вывода;
- процесс классификации и оценивания параметров выполняют эксперты при помощи специального программного интерфейса с использованием четырёх типов нечётких чисел: трапециевидного, треугольного, S-образного и Z-образного;
- использование в качестве составляющих предусловий правил продукции чётких переменных, основанных на чётких множествах семантических значений показателей класса 3, а также значений признака классификации ТЕ, например, по группам;
- механизм нечёткого вывода осуществляется с применением модификации Мамдани;
- результат нечёткого вывода – набор вероятностных оценок процесса реализации товара на рынке, характеризующих такие важнейшие характеристики процесса, как вероятности реализации определённой группы товаров или конкретной ТЕ (Pq_1), покупательская способность (Pq_2), а также вероятность посещения магазина (Pq_3).

Результат решения задачи продвижения товара на рынок представляет собой прогноз продаж – документ табличного формата с тремя полями (дата, наименование, количество), содержащий прогнозные сведения о количестве конкретных ТЕ, которые могут быть реализованы в сложившихся условиях за соответствующий период. Оптимальный вариант такого решения ввиду бесконечности области допустимых решений и большого количества параметров, влияющих на решение, исходя из выводов исследования [4], может быть получен комбинаторно при помощи аппарата генетических алгоритмов (ГА). В данном случае имеет место задача многокритериальной оптимизации при принятии решений, опыт решения которых, методологически изложенный в [9], обосновывает следующие принципы построения генетического алгоритма применительно к задаче имитационно-оптимизационного моделирования продвижения товаров на региональный рынок.

1. Стохастический способ генерации начальной популяции с соблюдением таких необходимых ограничений, как неотрицательные количественные и временные характеристики прогноза, а также соответствие прогноза номенклатуре реализуемых товаров.
2. Матричный способ представления хромосомы, где строки матрицы представляют собой corteжи, содержащие сведения о реализации одной ТЕ в определённом количестве по определённому каналу реализации. При этом каждая конкретная особь кодирует в себе весь прогноз реализации, а каждое значение атрибута является элементарной генетической единицей.
3. Матричный принцип построения проблемно-ориентированных операторов ГА, предполагающий процедуру рекомбинации. При этом генотипы потомков определяются общим состоянием генотипов родительских особей с учетом их целевой функции (ЦФ).
4. Формирование значения целевой функции ГА с применением имитационного моделирования, используя в качестве ресурса вероятностные модели влияющих на систему факторов и вероятностные оценки процесса реализации $Pq_1 - Pq_3$, образующиеся посредством нечёткого вывода, по критериям как социальной, так и экономической эффективности (количество отказов при обслуживании, задержки товара и выполнения заказов потребителей, точность предложения товара и т.п.).
5. Использование для получения интегрального значения ЦФ метода функции расстояния, который основан на сравнении значений $F_i(x)$, приведенных к единому масштабу, с заданными значениями $Y_i \in [0; 1]$ согласно выражению (1) в евклидовой метрике размерности 2.

$$F(x) = \left(\sum_{i=1}^k |F_i(x) - Y_i|^2 \right)^{1/2}. \quad (1)$$

6. Использование специальной функции годности, ориентированной на соблюдение требований, предъявляемых к прогнозу реализации товара, а также на необходимые ограничения (см. п.1).
7. Цикличность работы ГА до получения приемлемого значения ЦФ, субъективно определяемого лицом, принимающим решения (ЛПР).

4. Методика оценивания эффективности решений

На сегодняшний день существует множество методов оценивания состояния экономических систем, однако большинство из них применяются в относительно простых системах. В сложных случаях либо используют очень упрощённые модели, либо учитывают ограниченный набор факторов, существенные из которых часто остаются вне области внимания. Следовательно, актуальной научной задачей является выявление закономерностей функционирования объекта информатизации с целью определения и использования на практике наиболее эффективных процессов, лежащих также и в социальной сфере рыночных отношений. Проведённые в [6] исследования показали, что оптимизация системы только по экономическим показателям не всегда даёт оптимальный результат из-за постоянной изменчивости потребностей человека. Для того чтобы учесть этот аспект, потребовалось сформулировать интегральный критерий эффективности, учитывающий частные показатели по актуальным для данной задачи потребностям человека и имеющий две составляющие.

Социальная составляющая интегрального критерия представляет собой функционал F_1 (2), отражающий минимизацию времени обслуживания L заявок потребителя (оперативность) при ограничении (3):

$$F_1 = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L (T_{B_l} - T_{3_l}) \rightarrow \min_{T_3, T_B}, \quad (2)$$

$$T_{B_l} - T_{3_l} \geq 0, \quad (3)$$

где T_{3_l} – момент поступления l -й заявки, T_{B_l} – момент выполнения l -й заявки при общей вероятности отказов $P_{\text{ОТК}} \rightarrow 0$ – функционал F_2 , выражающий качество обслуживания при ограничении (5), где $L_{\text{ОТК}}$ – количество необслуженных заявок:

$$F_2 = \frac{L_{\text{ОТК}}}{L} \rightarrow 0, \quad (4)$$

$$L_{\text{ОТК}} \leq L. \quad (5)$$

Экономическая составляющая предполагает определение точности принятия решений, выражаемой функционалами F_3 и F_4 . F_3 (6) задаёт минимизацию времени простоя номенклатуры N товарных единиц при ограничении (7):

$$F_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (T_{Pi} - T_{Pi}) \rightarrow \min_{T_P, T_{Pi}}, \quad (6)$$

$$T_{Pi} - T_{Pi} \geq 0, \quad (7)$$

где T_{Pi} и T_{Pi} – моменты поступления и реализации i -й ТЕ. Также вводится функционал F_4 (8), отражающий повышение точности предложения номенклатуры M товарных единиц при ограничениях (9):

$$F_4 = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \sqrt{\frac{Q_{D_k}^2 - Q_{S_k}^2}{Q_{D_k}^2}} \rightarrow \min_{Q_D, Q_S}, \quad (8)$$

$$Q_{D_k} \geq 0, \quad Q_{S_k} \geq 0, \quad (9)$$

где Q_{D_k} и Q_{S_k} – величины спроса и предложения на k -ю товарную единицу. Выражения (2), (4), (6) и (8) вычисляются для каждой ТЕ, в связи с чем агрегируются в суммарные показатели. Интегральное влияние критериев образуется с помощью функции расстояния (1). Значения критериев F_2 и F_4 находятся в пределах единичного отрезка, а для приведения к нему значений критериев F_1 и F_3 предлагается использовать методику теории возможностей [5], в соответствии с которой возможность $\pi(F_i)$ утверждения размещения $h^a = F_i$ на допустимом интервале $[h^o; h^*]$ определяется по формуле (10):

$$\pi(F_i) = \begin{cases} 0, & \text{если } h^a \geq h^o \\ \frac{h^a - h^o}{h^* - h^o}, & \text{если } h^* < h^a < h^o \\ 1, & \text{если } h^a \leq h^* \end{cases} \quad (10)$$

Теория возможностей основывается на предположении, что эксперт может указать интервал идеальной области $[h^o; h^*]$ значений критерия h , который соответствует высказанному желанию выбрать, например, «хороший» объект. $\pi(F_i) = 0$. Полученная функция называется распределением возможностей и представляет собой нечёткое ограничение на критерий F . Определение функции возможности целесообразно осуществлять при помощи экспертных интервальных оценок. Учитывая, что минимальной реальной (граничащей с идеальной областью) величиной временного интервала, отводимого на манипуляции с товаром с учётом человеческого фактора, является значение $h^* = 10$ минут (в идеале такой же интервал, по мнению экспертов, должен иметь место между поступлением товара на склад и его отгрузкой клиенту), а граница, определяющая «плохую» область, должна (исходя из мнения экспертов, которые утверждают, что выполнение заказа клиента более чем за сутки является неприемлемой ситуацией) находиться на отметке $h^o = 1440$ минут, значение критерия $\pi(F_i)$ целесообразно устремить к единице.

5. Формирование нечёткой модели

Для проверки гипотезы о том, что неопределённость входных данных для решения задачи продвижения товара на рынок можно погасить путём использования аппарата нечёткой логики, в структуре СППР формируется база правил, которая может включать более 100 нечётких продуктов (содержание базы определяется сегментом рынка), оперирующих несколькими десятками входных и тремя выходными нечёткими переменными. Также в СППР выделяется подсистема вывода, осуществляющая нечёткое моделирование вероят-

ностных параметров процесса реализации. Структура такого процесса представлена на рис. 1.

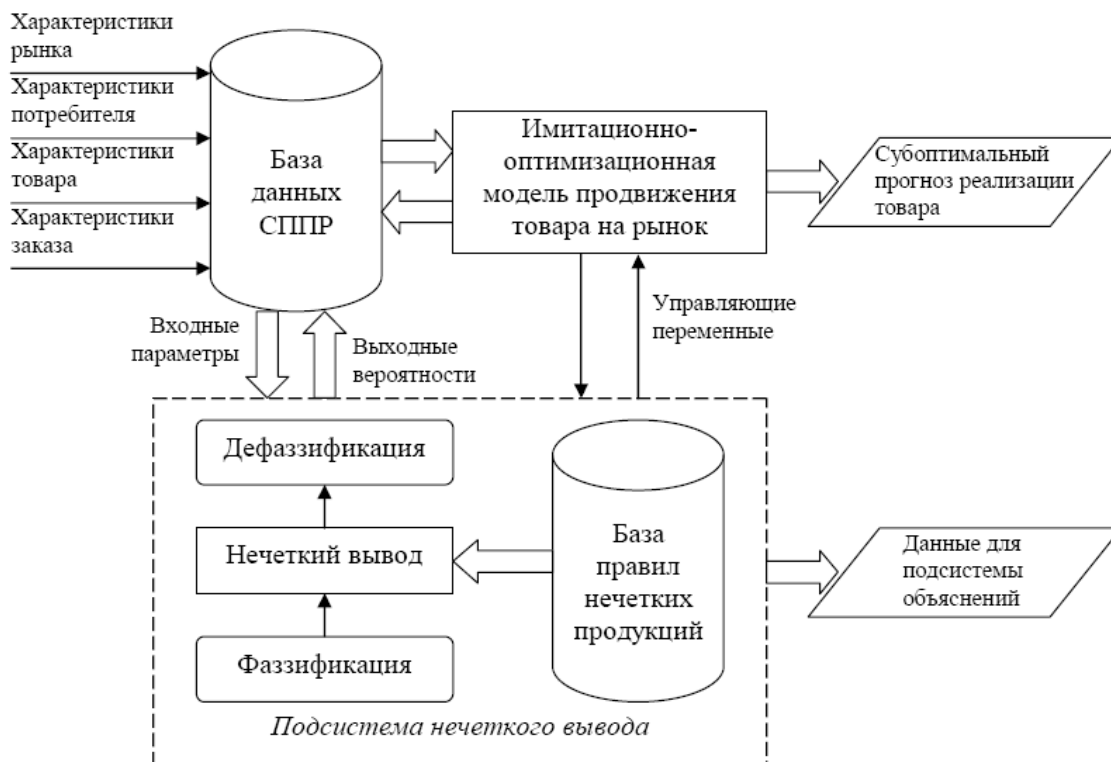


Рис. 1. Структура процесса нечёткого моделирования параметров реализации товара

Здесь фактические значения входных величин поступают в базу данных СППР, где поддерживаются в актуальных значениях на протяжении одной итерации цикла продвижения товара. На каждой итерации актуальные значения из БД подаются на вход подсистемы вывода, которая под воздействием управляющих сигналов из имитационно-оптимизационной модели осуществляет нечёткое моделирование параметров реализации, результатом которого является набор актуальных значений характеристик процесса реализации товара. Логика определения значений этих характеристик представлена экспертами в виде формально-логических правил типа «ЕСЛИ Географическое расположение в жилом районе И Возраст до 40 лет И Ассортимент хороший ТО Вероятность покупки – высокая», которые, наряду с формализованными входными данными классов 2 и 3 представляют собой исходные данные для построения базы правил системы нечёткого вывода. В состав antecedentes входят нечёткие переменные β (например, переменная β_1 Возраст потребителя с терм-множеством {VL, L, BA, A, H}, функция принадлежности которой включает Z-образную (VL), трапециевидную (L, BA), треугольную (A) и S-образную (H) составляющие, график данной функции показан на рис. 2). Чёткие переменные α (например, географическое расположение магазина), а также значения классификации ТЕ по группам S_{gr} , используются для формирования предикатов, входящих в состав предусловий. Собственно вывод осуществляется по модификации Мамдани, формальное описание которой изложено, например, в [10]. Результатом работы подсистемы вывода является набор запрашиваемых из имитационно-оптимизационной модели вероятностей $Pq_1 - Pq_3$, сформированных путём дефаззификации аккумулированных выходных переменных – нечётких вероятностей ω с терм-множеством {VL, L, BA, A, AA, H, VH}. Пример нечёткой продукции R_1 и её интерпретации в соответствии с семантикой задействованных переменных представлен в табл. 1.

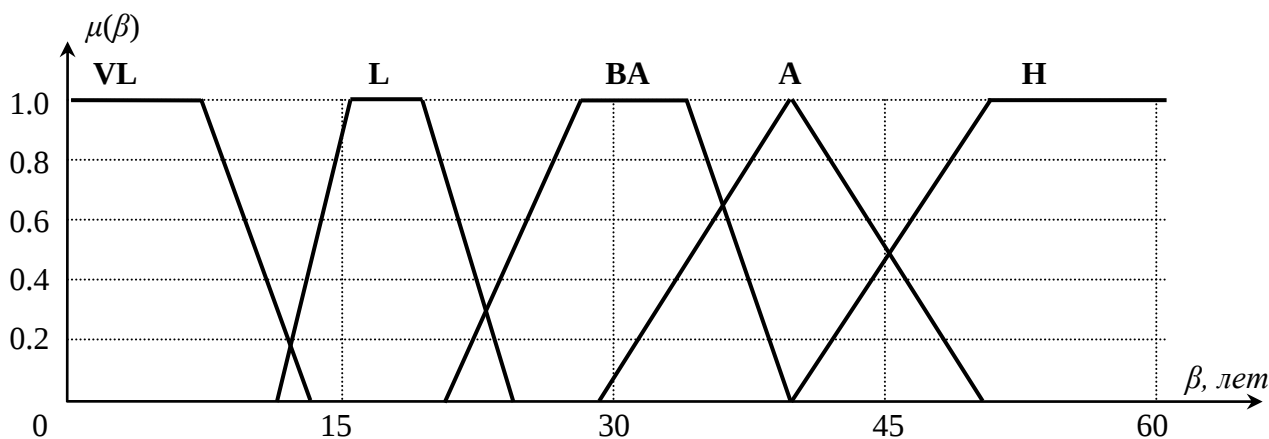


Рис. 2. График функции принадлежности нечёткого множества «Возраст потребителя»

Таблица 1. Пример формального нечёткого правила вывода

Имя	Предусловие	Формулировка
R_1	$S_{cp} \text{ IS } s_1 \text{ AND } \alpha_1 \text{ IS } s_1$	IF NOT ($\beta_1 \text{ IS A OR } \beta_1 \text{ IS H}$) AND $\beta_2 \text{ IS H THEN } \omega_1 \text{ IS H}$
<u>Интерпретация правила R_1</u> ДЛЯ группы товара «Овощи и фрукты» И Географическое расположение – в жилом районе ЕСЛИ Возраст потребителя – ниже среднего или меньше И Ассортимент – широкий ТО Вероятность реализации товаров данной группы – высокая.		

6. Построение имитационно-оптимизационной модели

Имитационно-оптимизационная модель состоит из двух взаимосвязанных между собой компонентов: статистической имитационной модели системы массового обслуживания потребителей на региональном рынке и оптимизационного генетического алгоритма, вырабатывающего субоптимальные решения относительно продвижения товаров потребителю. Более детально структура данной модели представлена на рис. 3, а. Материалом для анализа является множество прогнозов реализации, кодируемых в хромосомах. Имитационная модель включает в себя модели потребителя и подсистемы реализации товара и осуществляет моделирование процесса реализации с параметрами, полученными из хромосом ГА. Результатом имитационного моделирования являются значения целевой функции (ЦФ). Результатом имитационно-оптимизационной модели является прогноз реализации товара, который используется менеджером для принятия решений.

Оптимизационный алгоритм основан на классическом ГА с матричным целочисленным кодированием хромосом, который уточнён для решения задачи продвижения товара на рынках путём использования имитационной модели для вычисления ЦФ. Хромосомная матрица (табл. 2) представляет собой закодированный прогноз в виде множества кортежей $R_1\{S_1, \dots, S_5\} \dots R_M\{S_1, \dots, S_5\}$, где атрибуты S_i отражают параметры реализации: код товара, количество, канал, дата и способ реализации. Каждый атрибут представляет собой ген, несущий семантику определённого слоя знаний в терминах объектно-структурного анализа.

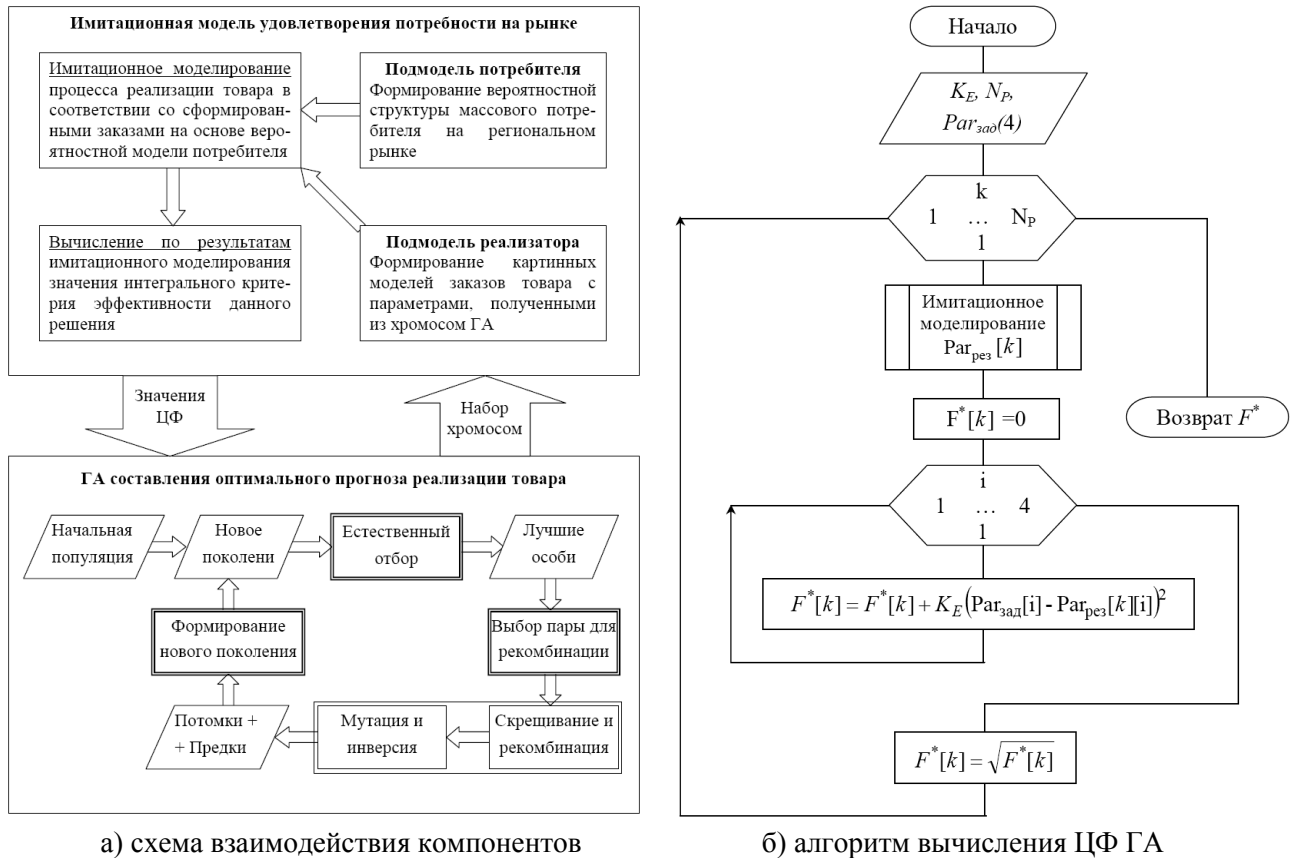


Рис. 3. Имитационно-оптимизационная модель продвижения товара на региональный рынок

Таблица 2. Структура развёрнутого прогноза реализации товара

Ген	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Тип знаний	ЧТО	СКОЛЬКО	ГДЕ	КОГДА	КАК
Кортеж R_i	$\{T\}$	$Q(T)$	$\{C\}$	$\{D\}$	$\{H\}$

Алфавит всех параметров, за исключением S_2 , есть конечное множество значений, определяемое в случае параметра S_1 из номенклатуры реализуемого товара $\{T\}$; для S_3 – из структуры пункта реализации товара $\{C\}$; для S_4 – из прогнозируемого периода, определяющего множество $\{D\}$ возможных дат. Параметр S_5 характеризует способ реализации товара из множества $\{H\}$ мощностью 3 (крупный опт, мелкий опт, розница). Параметр S_2 описан вероятностным распределением $Q(T)$ по экспертно определённом закону Пуассона.

Параметрическая целевая функция (ЦФ) строится на основе интегрального критерия (1) и представляет собой сумму квадратов разностей по частным показателям эффективности (2), (4), (6), (8), которую предполагается устремить к минимуму (11), достигая так оптимального решения:

$$F^* = \sqrt{\sum_{i=1}^4 K_{E_i} \left(\text{par}_{i_{\text{зад}}} - \text{par}_{i_{\text{рез}}} \right)^2} \rightarrow \min_{\text{par}_{i_{\text{рез}}}}. \quad (11)$$

В этой функции $\text{par}_{i_{\text{зад}}}$ – заданные пользователем значения параметров; $\text{par}_{i_{\text{рез}}}$ – параметры, выделенные из очередного решения ГА путём имитационного моделирования. Блок-схема алгоритма вычисления массива ЦФ для популяции мощность N_P представлена на рис. 3, б. Задача оптимизации сводится к задаче определения варианта картины реализа-

ции, при фактическом выполнении которой потребность населения в товаре удовлетворялась бы в наибольшей степени.

Модели потребителя и реализатора реализованы с использованием теории систем массового обслуживания, в терминах которой указанные модели являются моделями заявки и её обслуживания соответственно.

Подмодель потребителя (модель заявки) реализована на основе экспертно оцененных параметров, выражающих 1) состояние потребителя и 2) характера потребителя, в соответствии с вероятностными характеристиками которых определяются оценки, выражающие покупательскую способность. Кроме того, модель учитывает систему базовых (БП) и второстепенных (ВП) потребностей человека в товаре, модельная статическая характеристика которых показана на рис. 4, в соответствии с которой определяется одна из важнейших характеристик потребителя – стимул действия, определяющий исход функционального акта, связанного с удовлетворением потребности в товаре. В качестве потребностей, в зависимости от специфики товара, в соответствии с пирамидальной моделью А.Х. Маслоу, могут быть выбраны разные наборы витальных, социальных, экономических, духовных потребностей, адекватно отображающих картинную модель потребителя товара данной специфики. Поскольку удовлетворение потребностей высших уровней в модели Маслоу возможно лишь при удовлетворении потребностей более низших уровней, человек достигнет оптимального удовлетворения только при условии актуализации всех потребностей модели и понижения стимула действия на всех уровнях пирамиды. Например, для моделирования потребности в компьютерной технике отобраны такие (рис. 4, а) второстепенные потребности: в лидерстве (ВП1), в развлечении (ВП2), в медиапространстве (ВП3) и впечатлениях (ВП4), а также социальные потребности в самовыражении (ВП5), в подражании (ВП6), в демонстрации (ВП7) и обладании (ВП8). Все они, наряду с особенностями психики, тесно с ними взаимодействуя, оказывают влияние на удовлетворение базовых потребностей, в качестве которых выступают как социальные: в общении (БП1), в инфообмене (БП2), так и познавательные и эстетические: в понимании (БП3), в исследовании (БП4), в красоте (БП5) и гармонии (БП6). Вершину пирамиды составляют социально-значимые потребности в творчестве (БП7), сопричастности (БП8) и самоактуализации (БП9).

Модельная статическая характеристика потребности заимствована из [11] и показана на рис. 4, б. На шкале абсцисс отложена величина Π – так называемая «плата» (термин Н.М. Амосова [11]), – выражающая внешнее воздействие, которое призвано удовлетворять потребность. Ось абсцисс «нулевого чувства» удовлетворения потребности делит ось ординат, на которой откладывается размерность чувства (величина $\mathcal{U}$), соответствующего потребности в универсальной шкале и выражающего активность соответствующего нервного центра с компонентами приятно – вверх ($\Pi p+$) или неприятно – вниз ($\Pi p-$). Пример: голод – вниз, насыщение – вверх. На рис. 4, б проведена основная кривая – характеристика потребности в координатах плата-чувство. В каждый момент состояние удовлетворения потребности можно отметить точкой на этой характеристике, например, точка A показывает, что личность не удовлетворена, но не очень сильно. По мере насыщения приращение приятного на единицу платы уменьшается и приближается к нулю. Для некоторых потребностей возможна другая ветвь, показанная точками, – уменьшение приятного от перенасыщения. Полное насыщение отмечено точкой B на верхней горизонтали. Плата, соответствующая ей, называется максимальной потребностью или уровнем притязаний. Это очень важный показатель для социологических моделей. Точка B очень условна, поскольку максимальные притязания не конечны – человеку многое хочется. Поэтому имеет смысл пользоваться реальными притязаниями – некой точкой B , не дающей полного удовольствия, но приблизительно соответствующей «половине счастья». Приращение платы от точки A до точки B – реальная потребность данного индивида, выраженная в масштабе платы ($\Delta\Pi$), а её удовлетворение обязательно создаст приращение приятного $\Delta\mathcal{U}$ – именно эта величина представляет собой фактический стимул действия.

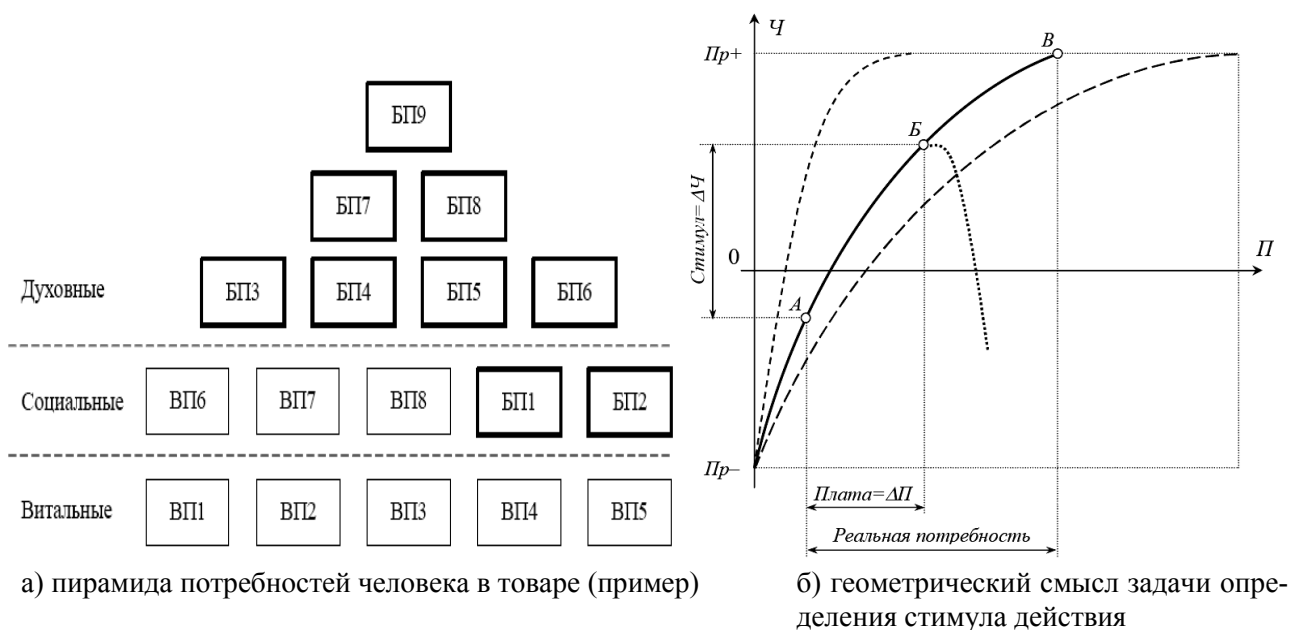


Рис. 4. Система потребностей человека в товаре

Если притязания последовательно удовлетворяются, то этот уровень платы уже не даёт счастья и удовольствие уменьшается. Так проявляется адаптация. Для максимума счастья нужна другая, повышенная плата. В модельном выражении адаптация выражается перемещением точки B вправо – возрастанием уровня притязаний (кривая длинным пунктиром на рис. 4, б). И наоборот, если плата систематически снижается, то сначала человек чувствует себя очень неудовлетворённым, потом привыкает, и его уровень притязаний уменьшается – точка B смещается влево (кривая коротким пунктиром на рис. 4, б). Пределы адаптации для разных потребностей также неодинаковы. Так, к голоду адаптироваться очень трудно, а к неэстетичному виду – можно.

Следует заметить, что нельзя рассматривать потребности и исходящие от них стимулы изолированно от входов – внешних раздражителей-плат и выходов – собственных действий. Функциональный акт (как будет показано далее, основной элемент деятельности потребителя) включает образы, чувства и действия. Поэтому основная гипотеза о модели личности включает количественное выражение всех трёх элементов. Рассмотрим суть этой модели более подробно.

Подмодель реализации товара реализуется как вероятностный автомат, субстрат которого представлен двухуровневым набором состояний. Состояния первого уровня — материальная основа, отражающая фактические возможности предложения. Второй уровень воспроизводит состояние внешней среды: рынка, потребителя с его предпочтениями, субъективными и массовыми, состояние среды вообще. Результатом моделирования является множество характеристик симитированного процесса реализации, выражающие величины критериев эффективности (2), (4), (6), (8).

Расчет итоговых показателей производится с использованием статистической обработки текущих показателей процесса реализации, рассматриваемый в виде последовательности функциональных актов, совокупное влияние которых на модель потребителя реализуется посредством обратных связей.

Подробное рассмотрение данной имитационной модели применительно к компьютерной технике представлено в статье [7].

Имитационно-оптимизационная модель продвижения товара сформирована как взаимодействие моделей, имитирующих процесс реализации, и оптимизационного алгоритма. Проверка адекватности модели проводится на основании экспериментальной информации, полученной на этапе тестирования системы. Прежде всего, параметр S_2 в хромосоме проверяют на соответствие заданному закону распределения по критерию согласия Пирсона. Если гипо-

теза не подтверждается, прогноз оказывается вне области адекватности. Также выборка анализируется по частотному распределению каналов реализации (S_3), по равномерности реализации (S_4) и соответствию прошлым временным рядам относительно способа реализации (S_5). Так как прогноз должен удовлетворять номенклатуре, параметр S_1 всегда содержит корректные значения.

Следует отметить, что ввиду специфики рыночной экономики, не всегда есть возможность измерения отклика реальной системы, в связи с чем оценку адекватности модели проводят на основе субъективного суждения должностного лица о возможности использования результатов, полученных с использованием этой модели, при выполнении им служебных обязанностей. В таких условиях под адекватностью принято понимать степень доверия ЛПР к результатам моделирования, используемым для принятия решений.

7. Место модели в структуре СППР менеджера торгового предприятия

Структурная схема СППР при продвижении товара потребителю показана на рис. 5.

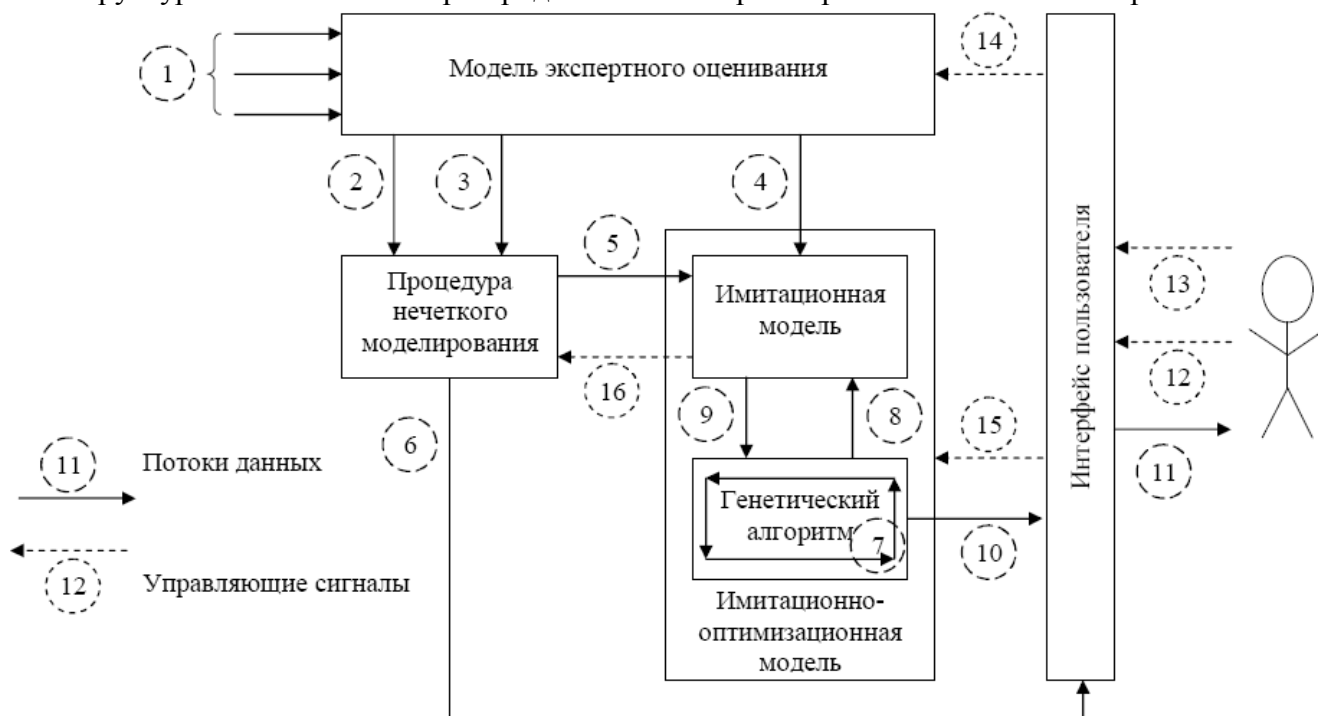


Рис. 5. Структурная схема СППР при продвижении товара потребителю

Здесь линии связи 1 – 11 отображают потоки данных, а линии 12 – 16 представляют управляющие сигналы. Вся совокупность показателей реализации товара (1) посредством модели экспертного оценивания при участии ЛПР (14) подвергается дифференцированной формализации на три класса (см. выше). Вероятностные данные класса 1 (4) поступают непосредственно в имитационную модель, определяя характеристики заявок и подмодели реализации. Остальные трудноформализуемые данные (2) и (3) служат исходными данными для нечёткого моделирования, инициируемого запросом (16), в результате которого вырабатываются основные вероятностные параметры имитационной модели (5), в том числе стимул действия потребителя, а также пояснения ЛПР (6). Оптимизационный цикл (7) по запросу (15) генерирует результирующие субоптимальные решения (10), которые транслируются ЛПР в виде альтернатив (11) прогнозов реализации товара по запросу (12) при управлении (13). Потоки (8) и (9) дублируют соответствующие данные на рис. 3, а.

8. Анализ результатов

Исследование гибридной СППР, подобной рассмотренной в этой статье, представлено в [12]. В работе решена задача разработки и исследования комплекса моделей и алгоритмов, функционирующих в структуре гибридной системы поддержки принятия решений при продвижении компьютерной техники потребителю.

При тестировании СППР на протяжении 55 циклов управления процессом продвижения товара потребителю общей продолжительностью 4.5 года (с апреля 2008 г. по ноябрь 2012 г.) выявлено повышение эффективности решений, принятых при поддержке СППР, по значениям частных показателей эффективности F_1 (2), F_2 (4), F_3 (6), F_4 (8). Значения этих параметров, усреднённые на начальном и конечном интервале длиной в 10 циклов управления, представлены в табл. 3. Из таблицы видно, что качество обслуживания и точность прогнозирования реализации компьютерной техники существенно повышаются.

Таблица 3. Усреднённые значения показателей эффективности решений, принятых при поддержке СППР

Наименование показателя	Средние значения показателей на интервале		Величина эффекта (множитель)
	Циклы 1–10	Циклы 46–55	
F_1 Нормированная оперативность обслуживания потребителей	0.232	0.970	× 4.188
F_2 Вероятность отказов при реализации товаров потребителю	0.285	0.093	× 3.051
F_3 Нормированное среднее время простоя товара (залёживаемость)	0.098	0.929	× 9.479
F_4 Средняя точность предложения товаров потребителю	0.758	0.209	× 3.627

Данные этой таблицы показывают не менее чем трёхкратное повышение качества обслуживания потребителей, сокращение времени пребывания товара на складах и повышение точности принятия решений в 3.6 и 9.5 раз соответственно. Такие результаты свидетельствуют о значительном преимуществе использования разработанной гибридной экспертной системы для поддержки принятия решений при продвижении компьютерной техники потребителю. Таким образом, можно констатировать, что выдвинутая в постановке задачи гипотеза о том, что неопределённость показателей процесса реализации товаров на региональном рынке можно погасить путём использования аппарата нечёткой логики, нашла экспериментальное подтверждение.

9. Заключение

В работе предложена концепция системы поддержки принятия решений при продвижении товаров на региональный рынок, в основу построения которой положен гибридный подход, заключающийся в использовании имитационно-оптимизационной модели для выработки решений и применении аппарата нечёткой логики для снятия неопределённости исходных данных. Определена структура и выявлено взаимодействие компонентов системы поддержки принятия решений, приведены принципы их построения, описаны основные функциональные особенности и место моделей в гибридной структуре системы поддержки принятия решений менеджера торгового предприятия. Показана эффективность применения подобной гибридной СППР для решения задачи продвижения компьютерной техники потребителю на региональном рынке г. Донецка и Донецкой области.

Литература

1. *Попов Е.В.* Продвижение товаров и услуг. – М.: Финансы и статистика, 2002, 320 с.
2. Прогнозирование продаж и ERP-автоматизация с использованием логистического подхода. – [Электронный ресурс] Режим доступа к документу: <http://rts-logistic.ru/upravlenie/> (дата обращения: 26.04.2014).
3. *Христиановский В.В.* Построение гибридных моделей принятия решений при управлении функционированием производственных систем // Вестник социально-экономических исследований, выпуск №1(38), 2010. – с. 367 – 371. [Электронный ресурс]. Режим доступа к документу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Soc_Gum/Vsed/2010_38/38/367-371.pdf (дата обращения: 21.10.2014).
4. *Лаздынь С.В., Землянская С.Ю.* Многокритериальная оптимизация корпоративных информационных систем // Научные работы Донецкого национального технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация, выпуск 12 (118). – Донецк: ДонНТУ, 2007. – с. 74–82.
5. Технологии анализа данных. / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.
6. *Спорыхин В.Я., Полетайкин А.Н.* Построение модели экспертной оценки факторов реализации компьютерной техники // Научные работы Донецкого национального технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация, выпуск 15 (121). – Донецк, 2007. – С. 65–71.
7. *Полетайкин А.Н.* Имитационная модель процесса удовлетворения потребности в компьютерной технике. / А.Н. Полетайкин // Научные работы Донецкого национального технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация, выпуск 12 (118). – Донецк: ДонНТУ, 2007. – С.92–101.
8. *Каргин А.А., Семенихина Е.А.* О нечётких моделях в задаче идентификации процессов // Системные технологии: Региональный межвузовский сборник научных трудов – Днепропетровск, ДНВП, Днепропетровск, 2008. – С. 91 – 98.
9. *Лотов А.В.* Многокритериальные задачи принятия решений / А.В. Лотов, И.И. Поспелова – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.
10. *Леоненков А.В.* Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fluzzyTECH. – СПб.: БХВ Петербург, 2005. – 736 с.: ил.
11. *Амосов Н.М.* Природа человека / Николай Михайлович Амосов. – К.: Наук. думка, 1983. – 223 с.
12. *Полетайкин А.Н.* Экспертная система поддержки принятия решений при продвижении компьютерной техники потребителю. – Рукопись. Текст. : автореф. дис. канд. тех. наук: 05.13.06 – Информационные технологии. – Донецк, 2013. – 20 с.

*Статья поступила в редакцию 13.10.2014;
переработанный вариант – 14.11.2014.*

Полетайкин Алексей Николаевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры математического моделирования бизнес-процессов СибГУТИ (630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, д. 86), тел. (383) 2-698-391, e-mail: polietaikin@sibsutis.ru.

Hybrid approach to system construction of decision support while promoting products on regional market**A. Polietaikin**

In this article, we consider hybrid approach to system construction of decision support while promoting products on regional market on the basis of fuzzy simulation-optimization model, which makes the forecast of realization of goods to consumer for the reason of difficult to formalize data, which is optimum according to social and economic factors. Efficiency of using the developed models is confirmed by the research of efficiency of its operation in structure of decision support system.

Keywords: promotion of goods on market, simulation-optimization model, hybrid approach to decision support, evaluation of the decisions efficiency.