

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Диссертационный совет Д.05.11.030

На правах рукописи
УДК 62-50

Мусина Индира Рафиковна

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ В
УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Специальность 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек - 2013

Работа выполнена в Кыргызском государственном техническом университете им.И.Раззакова
и в Институте автоматики и информационных технологий НАН КР

Научный руководитель: кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Тен И. Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
доцент Миркин Е.Л.

кандидат технических наук,
доцент Бочкарев А. И.

Ведущая организация: Кыргызско-турецкий университет
«Манас», Кыргызская Республика,
720044, г.Бишкек, пр.Мира – 56.

Защита состоится «1» июня 2013г. в 10-00 часов на заседании Диссертационного совета Д.05.11.030 при Институте автоматики и информационных технологий Национальной академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г. Бишкек, пр.Чуй, 265, ауд. 118.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НАН КР.

Автореферат разослан «__» _____ 2013г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
к.т.н.



Брякин И.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Для предприятий, занимающихся комплектацией изделий по заказанной конфигурации и имеющих поставщиков деталей за рубежом и клиентов из различных отраслей промышленности, актуальна задача принятия решения по формированию объемов заказов на детали, которую сложно решить в условиях неопределенного спроса, тарифов на услуги, курса валюты. Ошибочное формирование заказов на комплектующие изделий может привести к увеличению расходов предприятия, потери экономической устойчивости предприятия и способности выживания в условиях конкуренции. В условиях неопределенностей решить эту задачу затруднительно.

Для решения такого рода задач применяются специально разрабатываемые системы поддержки принятия решений (СППР), которые позволяют повысить качество принимаемых решений. Поэтому становятся актуальными исследования на основе методов системного анализа, теории принятия решений и теории управления, направленные на разработку СППР для управления в условиях неопределенностей предприятиями, комплектующими продукцию на основе заказанной конфигурации, которые составляют большинство в нашей республике.

Связь темы диссертации с крупными научными программами. Исследования, представленные в диссертации, выполнены в рамках бюджетных НИР, проводившихся в Институте автоматизации и информационных технологий НАН КР по проектам «Исследование, разработка и внедрение систем с изменяющейся организацией, реализующих механизмы адаптации и самоорганизации» (1993-1995гг.), «Разработка теории и компьютерных средств децентрализованного управления в условиях неопределенности» (1998-2000гг.) и в КГТУ им. И.Раззакова по госбюджетной теме «Разработка информационной системы прогнозирования динамических показателей» в (2002-2012гг.).

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка на основе системного подхода и новых информационных технологий методов и алгоритмов, позволяющих менеджеру принимать обоснованные решения по управлению предприятием в условиях неопределенности.

Сформулированная цель предполагает решение следующих основных задач:

- разработка функциональных моделей организации управления и формализация задачи управления предприятием, изготавливающим изделия на основе комплектации по заказанной конфигурации; в условиях неопределенности;
- разработка алгоритмов поддержки принятия решений по управлению предприятием;
- разработка алгоритма для краткосрочного прогнозирования динамических показателей, представленных временными рядами, на основе принципа самоорганизации;

Объект исследования – процессы управления предприятиями, выпускающими продукцию путем доставки из-за рубежа комплектующих и сборки из них изделий по разнообразным конфигурациям, неизвестным на момент заказа комплектующих.

Предмет исследования – алгоритмы поддержки принятия решений по управлению предприятиями в условиях неопределенности, алгоритмы прогнозирования структурно-изменяющихся временных рядов, система поддержки принятия решений, реализующая эти алгоритмы.

Методы исследования. При анализе организации управления предприятиями, формировании требований к разрабатываемой СППР использовалась методология системного анализа, позволяющая исследовать свойства, структуру и функции объектов, процессов в целом, со всеми сложными межэлементными связями для выделения значимых параметров управления и возмущающих воздействий. Разработка алгоритмов поддержки принятия решения выполнена с использованием методов теории принятия решений. Разработка алгоритма для краткосрочного прогнозирования динамических показателей, представленных временными рядами, осуществлена на основе принципа самоорганизации.

Научная новизна результатов заключается в следующем:

- разработана методика анализа и формализации задач управления предприятиями, выпускающими продукцию путем доставки из-за рубежа комплектующих и сборки из них изделий по разнообразным заранее неизвестным конфигурациям,
- разработана методика решения задачи управления предприятиями, занимающимися комплектацией продукции в условиях неопределенности спроса на количество и структуру конфигурации изделия;
- разработаны алгоритмы поддержки принятия управленческих решений, использующие прогнозируемые данные и статистические характеристики спроса на рынке продукции;
- разработан алгоритм краткосрочного прогнозирования структурно-изменяющихся временных рядов, основанный на принципе самоорганизации.

Практическая значимость полученных результатов. Модели и алгоритмы применены при разработке системы поддержки принятия решений по управлению предприятием в фирме “Hansa Flex Гидравлика Алматы” (Республика Казахстан). Эта фирма занимается завозом комплектующих из Германии и Китая для сборки рукавов высокого давления для авиации, пищевой, горнодобывающей промышленности.

Разработанные алгоритмы поддержки принятия решений и программные средства могут быть использованы при создании аналогичных автоматизированных систем управления предприятием.

Кроме того, результаты, полученные в работе, используются в учебном процессе КГТУ им. И.Раззакова и при проведении научно-исследовательских работ.

Экономическая значимость полученных результатов. СППР внедрена в фирму “Hansa Flex Гидравлика Алматы”. Предполагаемый прямой экономический эффект от ее внедрения составляет 50 тыс. евро в год. Он образуется за счет сокращения на 5%-7% затрат предприятия по транспортировке, вызванных экстренными незапланированными поставками комплектующих и уменьшением до 10% расходов предприятия по закупке и транспортировке на склад избыточного объема комплектующих. В свою очередь, этот прямой эффект от сокращения объема склада имеет дальнейший мультипликативный эффект, в виде сокращения затрат на логистические услуги, персонал, выплаты НДС, повышения оборачиваемости товара.

Основные результаты, выносимые на защиту:

- модели управления предприятиями, выпускающими изделия путем доставки из-за рубежа комплектующих и сборки из них изделий по разнообразным неизвестным на момент заказа конфигурациям;
- методика решения задачи управления предприятиями, занимающимися комплектацией изделий в условиях неопределенности спроса на количество и структуру конфигурации изделия;
- алгоритмы поддержки принятия управленческих решений;
- самоорганизующийся алгоритм краткосрочного прогнозирования структурно-изменяющихся временных рядов;
- система поддержки принятия решения, позволяющая выдавать менеджеру обоснованные рекомендации по управлению предприятиями в условиях неопределенности.

Личный вклад автора. Основные результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично. В работах [2], [4], [7] - [9], [12], [13] соавтору Тену И.Г. принадлежат постановка задачи и направление ее решения. В совместной работе [4] соавтор Муратпаева Ж.Н. приняла участие в разработке компьютерной программы для исследования алгоритмов.

Апробация работы. Основные результаты выполненной работы представлены на следующих научных конференциях международного и республиканского уровня:

- 1) Научно-техническая конференция «Проблемы управления и информатики» (Бишкек, сентябрь 2000);
- 2) Международная конференция «Телекоммуникационные и информационные технологии. Состояние и проблемы развития» (Бишкек, июль 2001);
- 3) Международная конференция «Телекоммуникационные и вычислительные системы: состояние и перспективы развития» (Бишкек, сентябрь 2002);
- 4) International Conference on Electronics and Computer in Kyrgyzstan (Бишкек, апрель 2004);
- 5) Международная конференция «Телекоммуникационные и информационные технологии: состояние и перспективы развития» (Бишкек, сентябрь 2008);

6) Юбилейная научно-методическая конференция «Современные проблемы информационных технологий и профессиональное образование» (Бишкек, КРСУ, июнь 2009);

7) Международная конференция «Информационные технологии и математическое моделирование в науке, технике и образовании» (Бишкек, сентябрь, 2009);

8) Научно-практическая конференция «Подготовка научных кадров и специалистов новой формации в свете инновационного развития государства» (Душанбе, 30-31 октября и 1 ноября 2010);

9) Международная конференция «Информационные технологии и математическое моделирование в науке и образовании» (Бишкек, октябрь 2011).

Кроме того, результаты вошли в отчеты НИР по бюджетной тематике лаборатории дискретных автоматизированных систем Института автоматики и информационных технологий НАН КР и кафедры программного обеспечения компьютерных систем КГТУ им. И. Раззакова.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 16 работах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня условных обозначений, списка использованных источников и приложений. Содержание работы изложено на 128 страницах. Диссертация содержит 33 рисунка и 21 таблицу.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложены актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, представлена ее структура и практическая значимость.

В первой главе выполнен обзор существующих автоматизированных систем, применяемых для поддержки принятия управленческих решений на предприятии. На основе системного подхода к управлению объектом, предприятие следует рассматривать как некоторую целостность, состоящую из взаимозависимых частей, каждая из которых вносит свой вклад в характеристики целого: производство, реализация продукции, склад комплектующих деталей.

Рассмотрены проблемы управления предприятием на примере фирмы «Hansa Flex Гидравлика Алматы» (Республика Казахстан), которая завозит комплектующие детали из-за границы (Германия, Китай) и собирает из них готовые изделия для предприятий различных отраслей промышленности.

При появлении заказа на продукцию в отсутствии необходимых для нее деталей, чтобы не потерять клиентов, фирма вынуждена идти на дополнительные расходы по быстрой доставке комплектующих (самолетом). Во избежание лишних расходов по транспортировке, фирма заранее запасается большими объемами комплектующих, доставив их дешевым видом транспорта.

Однако это приводит к увеличению затрат на аренду дополнительных площадей, оплату штрафов за невозвращенные кредиты и «замораживанию» средств предприятия в случае отсутствия спроса на привезенные комплектующие. В результате предприятие теряет прибыль. Очевидно, что потери предприятия происходят из-за неверного принятия управленческого решения по объемам заказов комплектующих.

С целью выявления источника причин, приводящих к потерям для подобного типа предприятий, и нахождения способа их исправления был изучен процесс организации работы фирмы, разработана функциональная модель существующего процесса управления.

Анализ модели и ее декомпозиции выявили, что решение об объемах пополнения склада комплектующих принимается путем сопоставления данных об остатках на складе запчастей и имеющихся на текущий момент заказов клиентов с так называемой точкой заказа (объемом комплектующих, который, по мнению менеджера, всегда должен быть на складе на случай поступления неожиданного заказа на изделия). Это происходит от того, что менеджеру невозможно учесть все факторы, влияющие на состояние предприятия. После принятия решения об объемах комплектующих, оформляется заявка поставщику и выбирается вид их транспортировки на склад с учетом срочности выполнения заказов. Существующая на фирме технология управления, построенная только на субъективных оценках менеджера, может привести к значительным расходам и потере прибыли, и, в конечном счете, к разорению предприятия на высококонъюнктурном рынке.

В диссертационной работе предприятие рассматривается с позиций методологии системного анализа и теории управления. Управляющим воздействием является заказ объемов комплектующих. При этом спрос на комплектующие, курс валюты, тарифы на транспортировку и хранение комплектующих являются возмущающими переменными, а емкость склада, имеющиеся заказы, время погашения долгов за невозвращенные кредиты – ограничивающими факторами.

Проблема управления предприятием связана с принятием решения по формированию заказа объемов комплектующих в условиях неопределенности. Современное направление теории и практики управления предприятиями в условиях неопределенности предполагает разработку и применение СППР как основу для повышения качества управления предприятием.

На рис. 1 представлена предлагаемая схема технологии управления предприятием в условиях неопределенности на основе СППР, системы учета и системы прогнозирования. Здесь ЛПР - лицо, принимающее решение (менеджер предприятия). Управляющим воздействием являются объемы поставляемых комплектующих на склад предприятия. В качестве объекта управления выступает предприятие, которое занимается комплектацией изделий по заданной клиентом конфигурации.

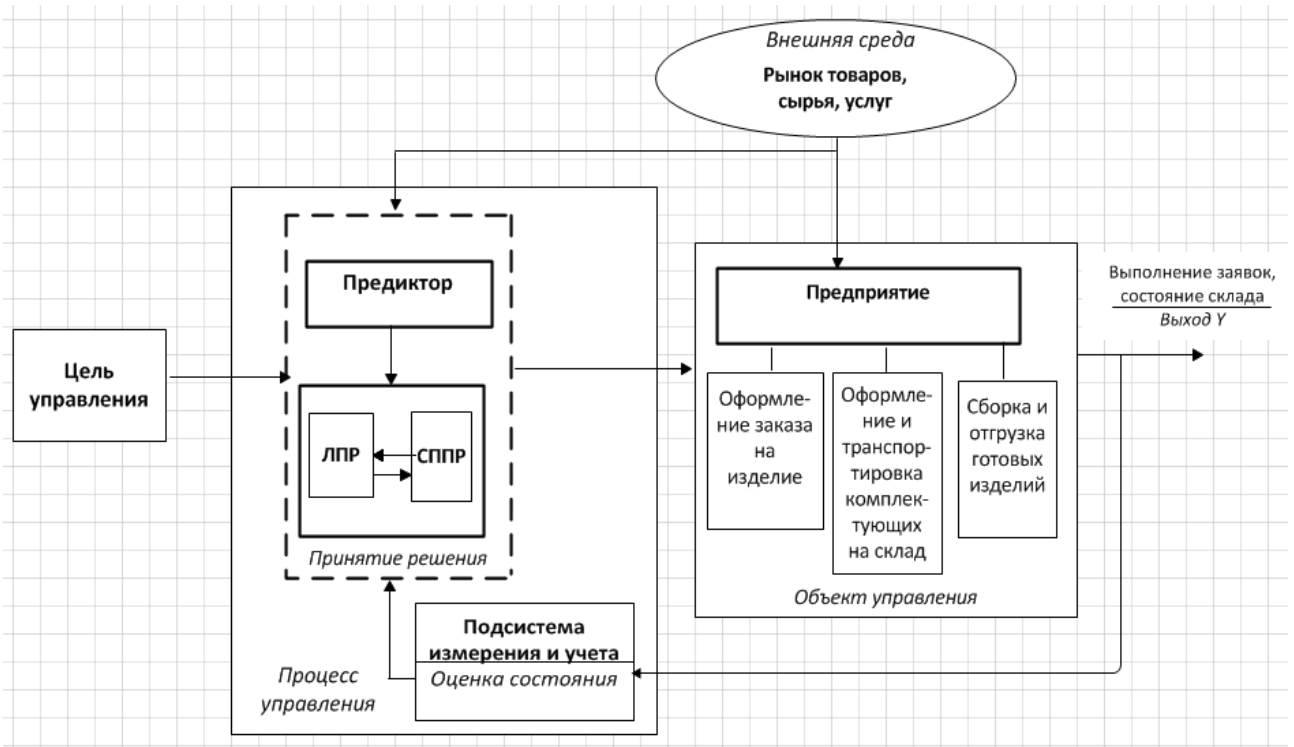


Рис.1. Система управления предприятием в условиях неопределенности.

С помощью СППР, на основании цели (максимизации прибыли), ЛПР принимает решение об объемах комплектующих, которые необходимо заказать поставщику. Сотрудники предприятия оформляют заявку на поставку комплектующих, обеспечивают их доставку и размещение на складе. Согласно заявкам клиентов предприятие осуществляет сборку изделий по заявленной конфигурации. Система учета накапливает и обрабатывает данные об используемых комплектующих и выполненных заявках, которые затем используются при принятии управленческого решения.

Для проектирования СППР сформированы предварительные требования к разрабатываемой системе. Построены модели ТО-ВЕ («как будет»), которые демонстрируют, как СППР будет использоваться ЛПР при принятии решения по формированию списка заказов комплектующих. На рис. 2 представлена модель процесса «Принятие решения о пополнении склада комплектующих» в виде диаграммы ТО-ВЕ 2-ого уровня.

Процесс принятия решения по пополнению склада комплектующих должен включать в себя следующие работы (процессы), выполняемые СППР: «Формирование вариантов сочетаний возможных объемов спроса на комплектующие и возможных действий ЛПР», «Оценки каждого варианта сочетания действия ЛПР по заказу и события по спросу», «Анализ расчетов и выбор оптимального варианта действий», «Выдача рекомендаций по пополнению склада». Заключительный процесс – «Составление заявки на поставку комплектующих» – выполняется самим ЛПР на основании полученных рекомендаций.

Вторая глава посвящена разработке методике и алгоритмов поддержки принятия решения для управления предприятием в условиях неопределенностей.

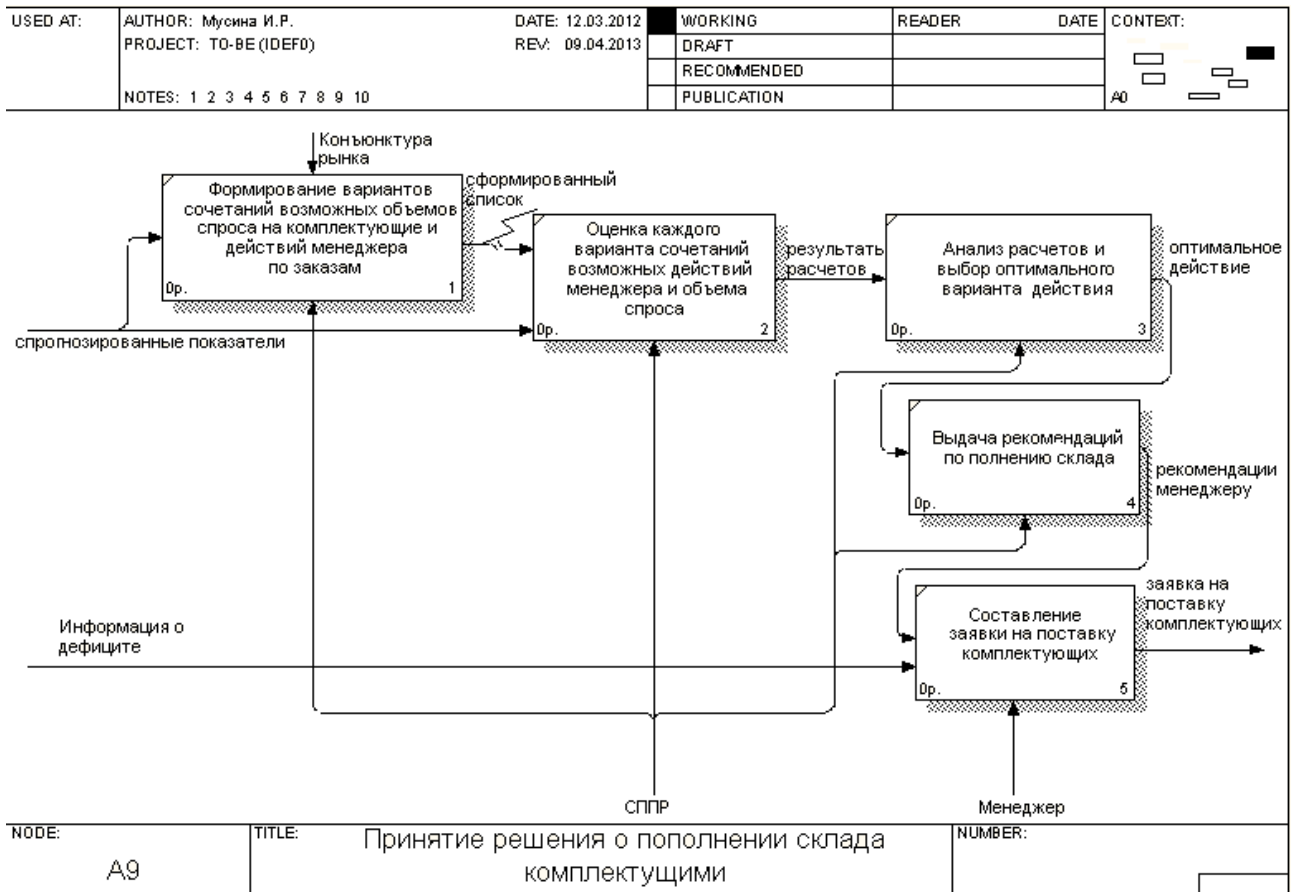


Рис.2. Детализация процесса составления заявки на комплектующие.

Приведена общая формулировка задачи определения управленческого решения для предприятий, занимающихся комплектацией изделий в условиях неопределенности, которая заключается в следующем. Предприятие собирает изделия по заказанной конфигурации клиентов. Комплектующие собираемых изделий закупаются за рубежом в валюте иностранного государства. Обычная доставка их на склад предприятия осуществляется автотранспортом (дешевым видом транспортировки). Если на складе на момент поступления заказа нет требуемых для сборки комплектующих, то их доставка осуществляется специальным заказом (более дорогим видом транспортировки). Предполагается, что затраты на хранение комплектующих будут вдвое меньше, если они доставляются спецзаказом. Комплектующие приобретаются у поставщика в кредит. В случае если деталь находится на складе больше определенного времени, то начисляется штраф. При расчете транспортных расходов учитываются следующие виды затрат по транспортировке: от поставщика до склада временного хранения (СВХ), от СВХ до склада предприятия. Спрос на комплектующие, тарифы на их доставку, хранение на складах, курс валюты заранее не известны. Закон, по которым они изменяются, также не известны. Имеются лишь накопленные данные за прошедшее время. Кроме того, известны:

SP – номинальная цена продажи комплектующей клиенту (или в составе собранной продукции);

PP - цена покупки комплектующей у поставщика;

z_i – объем комплектующей на складе, приобретенный у поставщика в i -ый плановый период, $i = 1, 2, \dots, m$, где m – число месяцев, в которые приобреталась комплектующая;

T – период (число месяцев), по истечении которого предприятие начинает платить штраф за несвоевременность реализации комплектующей;

k_l – размер штрафа за несвоевременную реализацию комплектующей, приобретенной l месяцев назад, $k_l = 0$, если $l \leq T$;

Zak – имеющийся на настоящий момент объем заказов на комплектующие.

Спрос на один вид комплектующей не зависит от спроса на другой. Поэтому управленческое решение принимается отдельно для каждого вида комплектующей. Требуется определить, каковы должны быть оптимальные объемы комплектующих на складе, чтобы удовлетворить будущий спрос на них.

Разработана методика решения поставленной задачи, которая заключается в том, что определение объемов запасов комплектующих обеспечивается ниже следующими задачами.

Задача 1. Формирование возможных действий ЛПП и возможных событий, связанных с будущим спросом на комплектующие.

Задача 2. Определение действия ЛПП по объемам закупки комплектующих, минимизирующее значение средних ожидаемых потерь.

Задача 3. Определение закона распределения вероятности, которым подчиняется спрос на комплектующие.

Задача 4. Прогнозирование спроса на комплектующие, тарифов на их доставку, хранение на складах, курса валюты.

Для решения задач 1-4 были разработаны соответствующие алгоритмы. В настоящей главе приводятся алгоритмы, разработанные для решения задач 1-3, в главе 3 приведен алгоритм для решения задачи 4.

Для описания алгоритмов введем следующие обозначения:

N – количество возможных действий ЛПП по пополнению склада предприятия;

M – количество возможных событий;

$A(i)$ – действие “Заказать комплектующую в объеме X_i ”, $i = 1, 2, \dots, N$;

$E(j)$ – это событие “Спрос на комплектующую в объеме Y_j ”, $j = 1, 2, \dots, M$;

$P(E(j))$ – вероятность появления события $E(j)$;

$Kurs$ – прогноз курса валюты на будущий период;

ODC – прогноз всех планируемых затрат на доставку комплектующей дешевым видом транспорта;

SDC – прогноз всех планируемых затрат на доставку комплектующей спец.заказом (самолетом);

SP_PR – прогнозируемые затраты на хранение комплектующих на складе предприятия;

$WOL(E(j)/A(i))$ – взвешенные возможные потери при комбинации события $E(j)$ и действия $A(i)$;

$EOL(A(i))$ – средние ожидаемые потери предприятия при выборе действия $A(i)$;
 $COL(E(j)|A(i))$ – условные возможные потери при данной комбинации события $E(j)$ и действия $A(i)$;

$CPmax(E(j))$ – максимальное значение условной прибыли по каждому событию $E(j)$;

$CP(E(j)|A(i))$ – условная прибыль; $WP(E(j)|A(i))$ – взвешенная прибыль.

Ниже представлен разработанный алгоритм для поддержки принятия решения поставленной задачи (*алгоритм А1*).

Шаг А1.1. Формирование множества возможных событий $E(j), j=1, 2 \dots, M$.

Шаг А1.2. Формирование множества возможных действий $A(i), i=1, 2 \dots, N$.

Шаг А1.3. Идентификация закона распределения вероятности для событий $E(j)$ и определение $P(E(j))$ для $j=1, 2 \dots, M$.

Шаг А1.4. Прогнозирование курса евро валюты. Определение значения $Kurs$.

Шаг А1.5. Прогнозирование тарифов затрат на поставку обычным транспортом (автотранспортом или железнодорожным видом транспорта) и специальным заказом (самолетом) на планируемый период, а также на хранение;

Шаг А1.6. Расчет ODC и SDC .

Шаг А1.7. Расчет условных прибылей:

$$CP(E(j) | A(i)) = \begin{cases} Y_j SP - (Y_j PP + X_i ODC + (Y_j - X_i) SDC + X_i SP_PR / 2 + \\ + \sum_{l=1}^m k_l z_l PP) * Kurs, \text{ если } X_i \leq Y_j; \\ Y_j SP - (X_i PP + X_i ODC + Y_j SP_PR / 2 + (X_i - Y_j) SP_PR + \\ + \sum_{l=1}^m k_l z_l PP) * Kurs, \text{ если } X_i > Y_j. \end{cases} \quad (1)$$

Шаг А1.8. Расчет максимального значения условной прибыли по каждому событию $E(j)$:

$$CP \max(E(j)) = \max \{CP(E(j) | A(i)), i = 1, 2, \dots, N\} \forall j = 1, 2 \dots M. \quad (2)$$

Шаг А1.9. Расчет условных потерь для каждого события $E_j (j=1, 2, \dots, M)$:

$$COL(E(j) | A(i)) = CP \max(E(j)) - CP(E(j) | A(i)) \forall i = 1, 2 \dots N. \quad (3)$$

Шаг А1.10. Расчет взвешенных потерь:

$$WOL(E(j) | A(i)) = P(E(j)) * COL(E(j) | A(i)) \quad \forall i = 1, 2 \dots N; j = 1, 2 \dots M. \quad (4)$$

Шаг А1.11. Расчет средних ожидаемых потерь:

$$EOL(A(i)) = \sum_{j=1}^M WOL((E_j) | A(i)); \quad \forall i = 1, 2, \dots, N. \quad (5)$$

Шаг А1.12. Нахождение минимального значения средних ожидаемых потерь:

$$Min_EOL = \min \{EOL(A(i)), \text{ для } i = 1, 2, \dots, N\}. \quad (6)$$

Результатом работы алгоритма является выдача рекомендации ЛПР вида «Выбрать действие A^* », которое соответствует пополнению склада

предприятия на начало планируемого периода запасами комплектующей в объеме X^* , обеспечивающее значение Min_EOL .

С учетом запасов на складе предприятия на начало планируемого периода объем заказа комплектующих поставщику составит:

$$V = \begin{cases} 0 & , \text{если } X^* \leq \sum_{l=1}^m z_l, \\ X^* - \sum_{l=1}^m z_l, & \text{если } X^* > \sum_{l=1}^m z_l. \end{cases} \quad (7)$$

Обобщенный алгоритм принятия решения представлен на рис. 3. Здесь серым цветом выделены блоки, отличающие разработанный алгоритм от известных.

Разработан алгоритм формирования возможных действий ЛПР и событий (*алгоритм А2*, шаги *А1.1-А1.2*). При разработке алгоритма принято допущение, что возможные действия ЛПР $A(i)$ напрямую зависят от спроса на комплектующую. Ниже представлен *алгоритм 2* формирования возможных действий ЛПР и событий, где принято допущение, что $N=M$ и вектор X совпадает с вектором Y .

Шаг А2.1. Определяется X_{max} - прогноз спроса на комплектующую, полученный на основе данных за предыдущие плановые периоды с использованием самоорганизующегося алгоритма краткосрочного прогнозирования, приведенного в главе 3.

Шаг А2.2. Формируется множество возможных значений спроса на комплектующую формируем по формулам (8) или (9):

$$Y_1=Zak, Y_2=Zak+1, Y_3=Zak+2, \dots, Y_M=2 * X_{max}, \text{ если } Zak \leq 2 * X_{max}; \quad (8)$$

$$Y_1=Zak, Y_2=Zak+1, Y_3=Zak+2, \dots, Y_M=2 * Zak, \text{ если } Zak > 2 * X_{max} \quad (9)$$

Шаг А2.3. Формируется список возможных событий. $E(j)$ соответствует событию того, что на комплектующую имеется спрос в объеме $Y_j, j=1, 2 \dots, N$.

Шаг А2.4. Формируется список возможных действий. $A(i)$ – это действие того, что ЛПР закажет комплектующую в объеме $X_j = Y_j, j=1, 2 \dots, N$.

Разработан алгоритм идентификации закона распределения вероятности спроса на комплектующие, знание которого позволяет в условиях неопределенности вычислить значение $P(E(j))$ (*алгоритм А3*, шаг *А1.3*). Алгоритм *А3* заключается в следующем.

Шаг А3.1. *Формирование множества гипотез о законах распределения генеральной совокупности.* Выдвигаются гипотезы о предполагаемом распределении генеральной совокупности по спросу за предыдущее время.

В качестве возможных законов распределения рассматриваются нормальный, показательный, равномерный, Пуассона.

Шаг А3.2. *Отбор гипотез в конечное множество.* Гипотезы отбираются с помощью критерия согласия χ^2 К.Пирсона. Шаг *А3.2* детализируется на шаги *А3.2.1 – А3.2.4*.



Рис.3. Обобщенный алгоритм принятия решения по объемам заказа комплектующих.

Шаг А3.2.1. Формируется статистическое распределение эмпирических частот для спроса на комплектующие на основании накопленных данных за предыдущие плановые периоды.

Шаг А3.2.2. Рассчитываются выборочная средняя и среднеквадратическое отклонение ряда.

Шаг А3.2.3. Рассчитываются теоретические частоты по закону распределения из множества, сформированного на шаге А3.1.

Шаг А3.2.4. Оценивается близость эмпирических и теоретических частот по критерию, выбранному на шаге А3.2.

Шаг А3.3. Оценивание законов распределения вероятности по выбранному критерию.

В качестве критерия оценки закона выбирается значение $e(i)$ - отклонение наблюдаемого значения критерия Пирсона от критического, вычисляемое по следующей формуле:

$$e(i) = |\chi_{набл}^2 - \chi_{кр}^2(i)|, \quad (11)$$

где $\chi_{кр}^2(i)$ - критическое значение критерия χ^2 (табличное), полученное при уровне значимости $\alpha = 0,05$ для i -ого закона распределения $i=1,2,\dots,d$ (d – количество законов в конечном множестве).

Шаг А3.4. Выбор гипотезы, наилучшим образом отображающей закон распределения вероятности генеральной совокупности.

Определяется минимальное значение e_{min} :

$$e_{min} = \min\{e(1), e(2), \dots, e(d)\}. \quad (12)$$

Выбирается закон распределения, у которого отклонение наблюдаемого значения критерия Пирсона от критического, совпадает со значением e_{min} . В качестве выборочной средней при вычислении вероятности берется значение прогноза спроса на комплектующую X_{max} .

Разработанные алгоритмы на основе обработки априорной и апостериорной информации позволяют получать управленческие решения в условиях неопределенности.

Третья глава посвящена разработке алгоритма прогнозирования структурно-изменяющихся временных рядов. Для прогнозирования стационарных процессов математический аппарат хорошо разработан. Однако, как показывает практика, далеко не все наблюдаемые процессы являются стационарными. Кроме того, в будущем могут произойти непредвиденные события, существенно деформирующие структуру изучаемого процесса. Все влияющие факторы заранее учесть очень трудно, а порой и невозможно. Поэтому на практике не всегда удается построить адекватные модели нестационарных временных рядов. Этому препятствует и изменяющаяся со временем статистическая структура, и недостаточный объем наблюдений временного ряда. В подобных ситуациях одним из реальных подходов к построению прогнозов является разработка и применение адаптивных и самоорганизующихся алгоритмов прогнозирования.

В данной главе приведены результаты разработки самоорганизующегося алгоритма прогнозирования (САП). Идея алгоритма представлена на рис.4 и состоит в следующем. Задается некоторое множество известных прогнозных моделей со своими параметрами. Задается диапазон изменений этих параметров. Будущее значение временного ряда вычисляется по каждой из моделей со всеми значениями ее параметра.

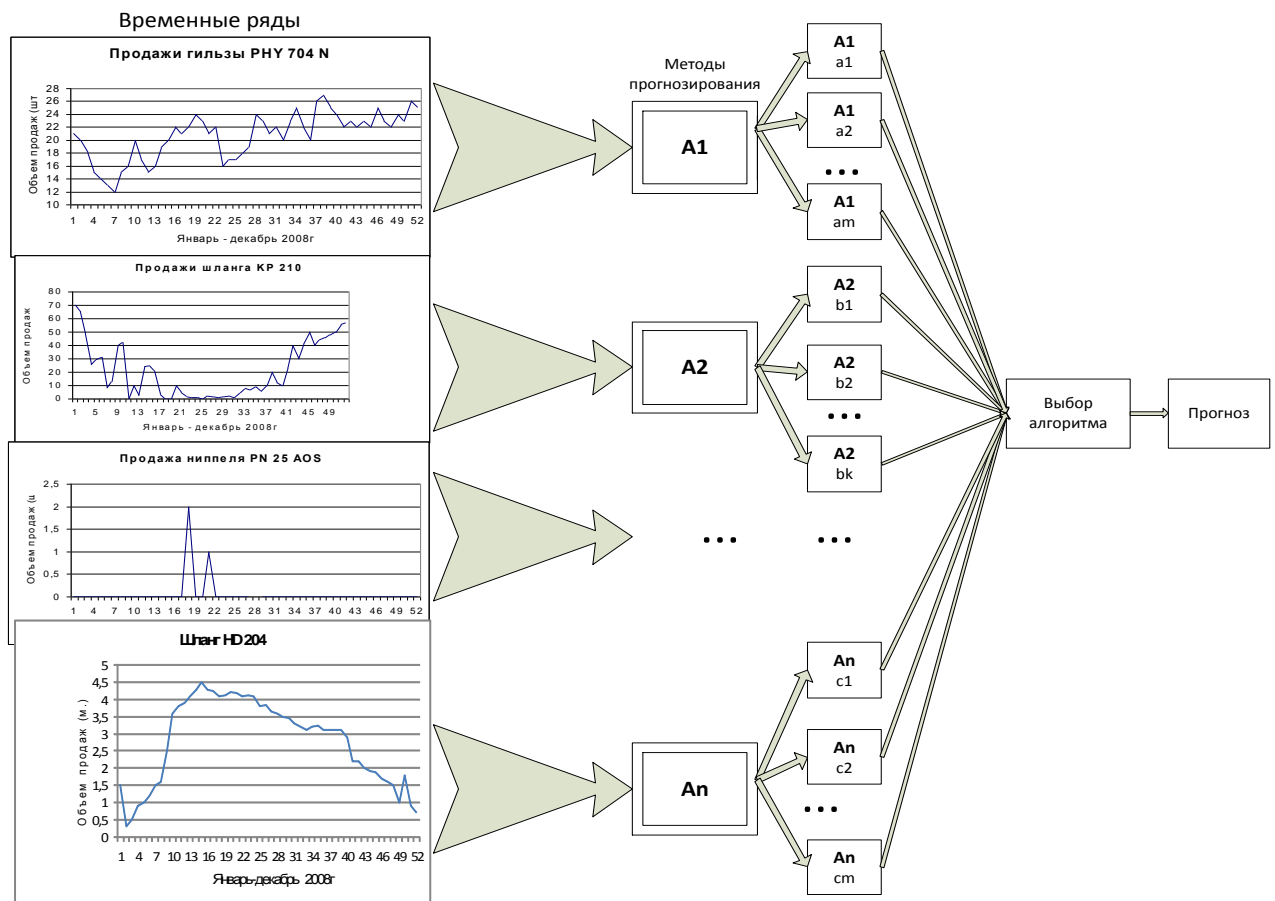


Рис.4. Построение самоорганизующегося алгоритма прогнозирования.

В качестве прогноза берется значение, полученное по той модели из базового множества, которая лучше всех на данном временном интервале отразила реальный процесс. Наилучшая модель выбирается согласно заданному критерию оценки качества прогноза.

Были проведены численные эксперименты разработанного алгоритма прогнозирования, которые показали, что он позволяет получать прогноз как на базе длинных, так и коротких временных рядов. На основе САП разработана система краткосрочного прогнозирования, процесс получения прогноза по которой состоит из следующих шагов.

Шаг А4.1. Формирование множества из известных методов (элементарных алгоритмов) прогнозирования, включая сезонные модели. Под элементарным алгоритмом понимается реализация какого-либо известного метода прогнозирования (предиктора) с заданием диапазонов, в котором будут изменяться его параметры, и шагом дискретизации.

Шаг А4.2. Выбор критерия оценки для отбора лучшего алгоритма прогнозирования. Качество прогнозирования оценивается по совокупности нескольких критериев. Как частный случай берется один критерий.

Шаг А4.3. Обучающая стадия самоорганизующегося алгоритма прогнозирования. Проводится прогнозирование на обучающейся выборке, где известны фактические значения наблюдаемых показателей, с помощью алгоритмов из конечного множества, сформированного на шаге 3.

Шаг А4.4. Оценивание качества работы алгоритмов. Производится оценка

качества работы алгоритмов согласно критерию, выбранному на шаге А4.2. Алгоритм, показывающий лучшие значения по совокупности критериев, выбранных на шаге А4.2, считается лучшим.

Шаг А4.5. Прогнозирование на будущий момент времени. В качестве прогнозного значения берется расчетная величина, полученная по алгоритму, выбранному на шаге А4.4.

Система прогнозирования позволяет автоматически отбирать лучшие алгоритмы для получения прогнозов, настраивать коэффициенты предикторов, выбирать критерии оценки прогнозов, прогнозировать сезонные тренды.

Для оценки эффективности работы САП проведены численные эксперименты. Результаты прогнозирования по САП сравнивались с работой алгоритмов, на основе которых он был построен, а также с методами группового учета аргументов (МГУА), разработанного А.Г. Ивахненко, и непрерывной селекции, приведенным в работах Ю.П. Лукашина.

Качество прогнозирования оценивалось вычисленными на экспериментальной выборке значениями математического ожидания, среднего квадрата ошибки прогноза, количества «побед» алгоритма - количество точек ряда с наименьшими значением средней арифметической ошибки прогноза по сравнению с результатами работы других предикторов.

Испытания моделей (алгоритмов прогнозирования) проводились для временного интервала с 168 точками на примере решения задачи предсказания результатов валютных торгов, проводимых еженедельно Национальным банком КР.

На основе анализа полученных результатов сделаны следующие выводы:

- построенный алгоритм обладает лучшими прогностическими способностями по сравнению с известными адаптивными методами прогнозирования применительно к динамически изменяющимся показателям; в большинстве случаев он работает лучше, чем любой из предикторов, входящих в базовый набор;

- разработанный алгоритм имеет преимущества перед методами МГУА и селекции в том, что не нуждается в дополнительной настройке параметров прогнозных моделей и оценивающих критериев.

В работе представлены результаты численного исследования разработанного алгоритма самоорганизации на основе решения задачи прогнозирования спроса на комплектующие детали, поставляемые в фирму Hansa Flex Гидравлик Алматы (Республика Казахстан). В качестве прогнозируемого ряда были взяты значения спроса на одну из комплектующих - шланг КР 210. Процесс продаж наблюдаемой комплектующей является динамически изменяющимся процессом. Во множество, из которого формируется самоорганизующийся алгоритм, были выбраны методы, основанные на экспоненциальном сглаживании: МПЭС (модель нулевого порядка) и линейная модель. Параметры моделей изменялись в диапазоне от 0.1 до 1 для МПЭС и от 0.1 до 0.9 для линейной модели с шагом 0.1.

На рисунке 5 представлены две диаграммы: диаграмма результатов работы САП и методов, формирующих самоорганизующийся алгоритм (диаграмма сверху); диаграмма динамики переключений с модели на модель (модель №1 – МПЭС, модель №2 –линейная модель) при работе САП (диаграмма снизу).



Рис.5. Прогнозирование спроса на основе «элементарных» алгоритмов и САП.

Как видно из рис. 5, разработанный алгоритм обладает лучшими прогностическими способностями, чем алгоритмы, формирующие его, поскольку «угадывает» динамику ряда.

Одной из целей исследования разработанного алгоритма являлось выявление зависимости точности прогнозирования от параметров, количества и типов предикторов, входящих во множество алгоритмов, формирующих САП. Анализ результатов показал, что с добавлением во множество, формирующее САП, моделей, отличающихся по структуре, улучшается качество работы САП, и чем лучше производится отбор моделей (алгоритмов) во множество, тем точнее он будет работать. При этом настройка САП по структуре, т.е. в зависимости от числа и типов предикторов входящих в исходное множество, дает больший выигрыш в точности прогноза в сравнении с настройкой по параметрам в рамках одного и того же алгоритма.

В четвертой главе приведены результаты проектирования и программной реализации СППР, которая представляет собой совокупность программных средств, выполняющих функции генерации возможных действий ЛПР и событий на рынке товаров, определения закона вероятности спроса на комплектующие, формирования и анализа возможных действий ЛПР предприятия по заказу комплектующих, а также выдачи ему рекомендаций,

позволяющих минимизировать потери от необоснованных управленческих решений.

Спроектирована системная и функциональная архитектура системы поддержки управленческого решения в условиях неопределенности. На основе системного анализа в ходе проектирования была выявлена необходимость разработки подсистемы учета и краткосрочного прогнозирования.

Разработан программный модуль краткосрочного прогнозирования временных рядов, который использует СППР. Кроме того, с ним можно работать автономно (вне СППР). В этом случае он позволяет накапливать наблюдения, дает возможность пользователю выбирать в интерактивном режиме метод прогнозирования и критерий оценки качества прогноза (настраивать предиктор).

Разработаны программные средства, реализующие систему учета и СППР в условиях неопределенности. Программные средства прошли тестирование и внедрены в фирме Hansa Flex Гидравлика Алматы.

Выводы по диссертационной работе:

1. На основе системного подхода разработана методика анализа и формализации задач управления предприятиями, выпускающими продукцию путем доставки из-за рубежа комплектующих и сборки из них изделий по разнообразным заранее неизвестным конфигурациям. Методика заключается в разработке функциональных моделей предприятия, позволяющих представить структуру системы управления предприятием в условиях неопределенностей.

2. Разработана методика решения задачи управления предприятиями, занимающихся комплектацией продукции в условиях неопределенности спроса на количество и структуру конфигурации изделия, позволяющая сократить расходы предприятия.

3. Разработаны новые алгоритмы поддержки принятия решений: алгоритм принятия решения, минимизирующий потери (сожаления), алгоритм формирования действий по заказу комплектующих и множества возможных событий по спросу, алгоритм идентификации закона распределения вероятности спроса на комплектующие. Разработанные алгоритмы обеспечивают поддержку принятия управленческого решения.

4. Разработан алгоритм и на его основе система для краткосрочного прогнозирования структурно-изменяющихся временных рядов, которая позволяет автоматически настраивать параметры и структуру прогнозирующей модели, что позволяет увеличить точность прогноза.

5. Спроектирована системная и функциональная архитектура СППР в условиях неопределенности.

6. Разработана автоматизированная система управления предприятием в условиях неопределенности, включающая в себя подсистемы учета, прогнозирования и СППР. Система прошла тестирование и внедрена в фирме «Hansa Flex Гидравлика Алматы» (Республика Казахстан).

Список опубликованных работ:

1. Мусина И.Р. Самоорганизация в системах прогнозирования и оптимизации производственной программы промышленного предприятия в условиях неопределенности [Текст]/ Мусина И.Р.// Проблемы автоматизации и процессов управления. – Бишкек, 1995. – С. 62-70.
2. Мусина И.Р. О методах прогнозирования экономических процессов [Текст]/ Мусина И.Р., Тен И.Г. // Проблемы автоматизации и управления. – Бишкек, 1998. – С. 53-62.
3. Мусина И.Р. Исследование методов прогнозирования на примере задачи предсказания результатов валютных аукционов [Текст]/ Мусина И.Р. // Вестник МУК 1(5) 1999. – Бишкек: МУК, 1999. – С.11-16.
4. Мусина И.Р. Прогнозирование состояния Кредитно-денежного рынка на основе самоорганизации [Текст]/ Мусина И.Р., Тен И.Г., Муратпаева Ж.Н.// Проблемы автоматизации и управления. – Бишкек: Илим, 1999. – С. 56-64.
5. Мусина И.Р. Проблемы прогнозирования кредитно-денежного рынка [Текст]/ Мусина И.Р.// Доклады международной конференции «Проблемы управления и информатики». – Бишкек, 2000. – С. 393-397.
6. Мусина И.Р. О разработке программного обеспечения информационной системы прогнозирования курса валют [Текст]/ Мусина И.Р.// Материалы международной конференции «Телекоммуникационные и информационные технологии. Состояние и проблемы развития». – Бишкек, 2001. –С. 250-254.
7. Musina I.R. The forecasting method of economic index figure for dynamic plants under uncertainty [Текст]/ Musina I.R., Ten I.G.// Материалы международной конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы: состояние и перспективы развития». – Бишкек, 2003. – С. 123-128.
8. Musina I.R. Investigation of Self-organizing forecasting algorithm for dynamic processes [Текст]/ Musina I.R., Ten I.G. // IKECCO'2004. International Conference on Electronics and Computer in Kyrgyzstan. –Бишкек, 2004. – С.25-28.
9. Мусина И.Р. Разработка системы краткосрочного прогнозирования структурно-изменяющихся динамических показателей [Текст]/ Мусина И.Р., Тен И.Г. // Материалы международной конференции «Телекоммуникационные и информационные технологии: Состояние и перспективы развития. – Бишкек, 2008. –С. 319-324.
10. Мусина И.Р. Разработка системы краткосрочного прогнозирования динамических показателей [Текст]/ Мусина И.Р. //Известия Кыргызского государственного технического университета им. И Раззакова, №16. – Бишкек, 2009. – С. 37-41.
11. Мусина И.Р. Краткосрочное прогнозирование динамических показателей на основе подхода самоорганизации [Текст]/ Мусина И.Р.//Материалы международной юбилейной научно-методической конференции «Современные проблемы информационных технологий и профессиональное образование». Кыргызстан. – Бишкек: КРСУ, 2009. – С.143-149.

12. Мусина И.Р. Разработка системы поддержки принятия решения для управления предприятием в условиях неопределенности [Текст]/ Мусина И.Р., Тен И.Г. //Материалы международной научно-практической конференции «Подготовка научных кадров и специалистов новой формации в свете инновационного развития государства». –Душанбе: Инфон, 2010. –С.278-282.

13. Musina I.R. Inventory Control Support System Under Uncertainty [Текст]/ Musina I.R., Ten I.G. //Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, №24. –Бишкек, 2011. –С. 212-216.

14. Мусина И.Р. Моделирование системы поддержки принятия решения для управления предприятием в условиях неопределенности [Текст]/ Мусина И.Р.// Проблемы автоматизации и управления, №1.– Бишкек: Илим, 2012. –С. 58-65.

15. Musina I.R. Decision Making Under Uncertainty in the Warehouse Management of the Small Enterprise [Текст]/ Musina I.R.// Scientific American/ Academic Science, February.– Texas, 2013. –Р. 80-82.

16. Мусина И.Р. Моделирование процессов управления на предприятии в условиях неопределенности [Текст]/ Мусина И.Р.//Горный Казахстан, №1 (2) – Алматы, 2013. – С.93-96.

Мусина Индира Рафиковнанын “Бүдөмүк шарттарда мекемени башкаруу үчүн чечим кабыл алууда өбөк болуучу системасын иштеп чыгуу” аттуу темасындагы 05.13.01 –системалык анализ, башкаруу жана маалыматты иштеп чыгуу кесиби боюнча техникалык илимдин кандидаты илимий даражасын изденүү диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: заказдын негизинде продукцияны комплектөөчү мекемени башкаруу, бүдөмүк шарттарда, чечим кабыл алууда өбөк болуучу системасы, чечим кабыл алууда өбөк болуучу алгоритми, убакыттык катарды кыска мөөнөттүк прогноздоо, өзүн өзү уюштуруу.

Изилдөө объектиси: комплектөөчүлөрдү чет өлкөдөн алыпкелүү жана алардан мурдатан белгилүү болбогон ар түрдүү конфигурациялар боюнча чогултуу жолу менен продукцияны чыгаруучу мекемелерди башкаруу процесси.

Иштин максаты: Окшош мекемелерди бүдөмүк шарттарда башкаруу үчүн чечим кабыл алууда өбөк болуучу системасын иштеп чыгуу.

Изилдөө ыкмалары: системалык анализдин методологиясы, чечим кабылалуу теориясынын ыкмалары, прогноздоо ыкмалары.

Алынган натыйжалар: Продукцияга болгон талап белгисиз шарттарда комплектөө жолу менен продукцияны чыгаруучу мекемелерди башкаруу маселелерин анализ кылуу жана формалдаштыруу ыкмалары иштелип чыкты. Продукцияга болгон талап боюнча прогноздогон берилиштерин жана заказдардын статистикалык мүнөздөмөсүн колдонуп чечим кабыл алууда өбөк болуучу алгоритми иштелип чыкты. Өзүн өзү уюмдаштыруу принципинде негизделген структурасы өзгөрүлмө убакыттык катарларды кыска мөөнөттүк прогноздоо алгоритми иштелип чыкты. Комплектөөчү тетиктерге заказдарды калыптоо жана чыгымдарды минималдаштыруу боюнча чечим кабыл алууга

мүмкүнчүлүк берүүчү кабыл алууда өбөк болуучу системалар долбоорлонуп программа түрүндө жаратылды жана өндүрүшкө киргизилди.

Изилдөөнүн натыйжаларынын колдонулушу: Мекемелерди башкаруу системасын жаратууда диссертацияда иштелип чыккан ыкмалар жана алгоритмдер колдонулду. Система “HansaFlex Гидравлика Алматы” (Казахстан республикасы) фирмасында эксплуатацияга киргизилди. Андан тышкары иштин результаттары И.Раззаков атындагы КМТУнун окуу процесинде жана илим-изилдөө иштеринде колдонулууда.

Колдонуу турган областы. Иштелип чыгарылган чечим кабыл алууда өбөк болуучу алгоритм жана программалык каражаттар ушу сыяктуу башкаруунун автоматташтырылган системаларын түзүүдө колдонууга болот.

РЕЗЮМЕ

диссертации Мусиной Индиры Рафиковны на тему «Разработка системы поддержки принятия решения для управления предприятием в условиях неопределенности» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации

Ключевые слова: управление предприятием, комплектующим продукцию на основе заказов, в условиях неопределенности, система поддержки принятия решения, алгоритмы поддержки принятия решения, краткосрочное прогнозирование временных рядов, самоорганизация.

Объект исследования процессы управления предприятиями, выпускающими продукцию путем доставки из-за рубежа комплектующих и сборки из них изделий по разнообразным заранее неизвестным конфигурациям.

Цель работы: разработка системы поддержки принятия решения для управления подобными предприятиями в условиях неопределенности.

Методы исследования: методология системного анализа, методы теории принятия решений, методы прогнозирования.

Полученные результаты. Разработана методика анализа и формализации задач управления предприятиями, выпускающими продукцию путем комплектации в условиях неопределенности спроса. Разработаны алгоритмы поддержки принятия решений, использующие прогнозируемые данные по спросу и статистические характеристики заказов. Разработан алгоритм краткосрочного прогнозирования структурно-изменяющихся временных рядов, основанный на принципе самоорганизации.

Спроектирована, программно реализована и внедрена системы поддержки принятия решения, позволяющая принять решение по формированию заказа на поставку комплектующих деталей, минимизирующее потери (сожаления).

Использование результатов исследования: Для создания системы управления предприятием использовались разработанные в работе методы и алгоритмы. Система внедрена в эксплуатацию в фирме “Hansa Flex Гидравлика Алматы” (Республика Казахстан). Кроме того, результаты, полученные в

работе, используются в учебном процессе КГТУ им. И.Раззакова и при проведении научно-исследовательских работ.

Область применения. Разработанные алгоритмы поддержки принятия решений и программные средства могут быть использованы при создании аналогичных автоматизированных систем управления предприятием.

SUMMARY

on Indira Musina's thesis "Development of decision support system for enterprise management under uncertainty" for the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.13.01 - System Analysis, Control and Information Processing

Keywords: management of enterprise, assembling products based on orders under uncertainty, decision support system, decision support algorithms, short-term time series forecasting, self-organization.

The object of the study. Management processes of enterprise assembling products on various unknown configurations with spares delivered from abroad.

Objective: To develop decision support system to manage such enterprises under uncertainty.

Methods: methodology of system analysis, methods of decision theory, forecasting methods.

Results. The methods for the analysis and formalization of management tasks for enterprises assembling products under uncertainty of demand have been developed. The decision support algorithms using the forecasted data of the demand and the statistical characteristics of orders for spares have been designed. The algorithm for short-term forecasting of structural-changing time series, based on the principle of self-organization, has been developed. Decision support system to form the list of orders for spares, minimizing the loss (regret) has been designed, created and implemented.

Using the results of the study: The developed methods and algorithms were used to create computer-aided business management system. The system was implemented into operation in "Hansa Flex Hydraulics Almaty" firm (Kazakhstan). In addition, the results obtained in the work are used in the learning process at KSTU named after I.Razzakova and in research work.

Range of applications. The developed algorithms and decision support tools can be used to create similar computer-aided management systems.