

A 2009

2819

УДК 378.14:004.94

На правах рукописи



**МУСТАФИНА АККЫЗ КУРАКОВНА**

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ  
УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА  
(НА ПРИМЕРЕ КАЗАХСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА)**

Специальность 05.13.01

Системный анализ, управление и обработка информации  
(в технике и технологиях)

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Республика Казахстан  
Алматы, 2009

378.14:004

Работа выполнена в Казахском национальном техническом университете имени К.И.Сатпаева

Научный руководитель: доктор технических наук  
Шукаев Д.Ш.

Официальные оппоненты: доктор технических наук  
Джапаров Б.А.

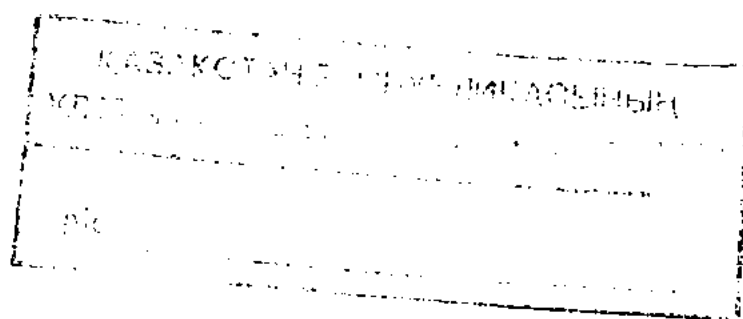
кандидат технических наук  
Исмаил Е.Е.

Ведущая организация: Казахский национальный университет  
имени аль-Фараби

Защита диссертации состоится « 25 » декабря 2009 г. в 16-30 часов на заседании объединенного диссертационного совета ОД 14.13.03 при Казахском национальном техническом университете им. К.И.Сатпаева МОН РК по адресу: Республика Казахстан, 050013 г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, (нефтяной корпус, 1-й этаж, конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского национального технического университета имени К.И.Сатпаева.

Автореферат разослан « 24 » ноября 2009 г.



Ученый секретарь

диссертационного совета ОД 14.13.03

доктор технических наук, профессор

Б.Айтчанов

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Проникновение информационно-коммуникационных технологий во все сферы жизни общества стало одним из факторов развития человеческой цивилизации в XXI веке. На передовых позициях в этом направлении должна находиться высшая школа, что связано с особой ролью образования, в которой можно выделить два взаимосвязанных аспекта – это прежде всего, участие в формировании рынка труда, в части подготовки соответствующих специалистов («продукция» системы образования) и, второе, собственно рынок образовательных услуг, предоставление которых и определяет основное содержание деятельности вуза, а их качество во многом зависит от степени автоматизации учебно-образовательного процесса. Основанные на информационно-коммуникационных технологиях новые формы организации учебного процесса и предоставления образовательных услуг определяют в настоящее время конкурентоспособность вуза и являются одним из важнейших инструментов повышения качества подготовки специалистов.

Центральным звеном реформы системы образования, как отмечал Президент Республики Казахстан Назарбаев Н.А., должно стать всеобъемлющее внедрение современных информационных технологий в образовательные процессы и создание систем управления учебным процессом вуза, что, помимо прочего, создаст условия для интеграции высшей школы страны в мировое образовательное пространство. В связи с этим весьма актуальным является создание систем автоматизации учебно-образовательных процессов (САУП), обеспечивающих информационную поддержку всего цикла обучения в вузе.

При этом на первый план выходит проблема обеспечения эффективности функционирования САУП, которое включает необходимый уровень организации учебно-образовательного процесса, достаточный объем и качество образовательных услуг и оперативность их предоставления, а также непрерывную и надежную работу программных и технических средств обработки и передачи данных. Задача усложняется в связи с изменением требований к системе при реорганизации учебного процесса, необходимостью расширения состава решаемых задач, увеличением числа пользователей системы и пр. При недостаточной функциональности прикладного программного обеспечения, появлении сбоев и отказов в программных и технических средствах, замедлении их работы нормальная работа всех пользователей САУП становится невозможной. Также очень опасны сбои в информационных процессах хранения и передачи данных, такие как потеря данных, либо их искажение. Все это определяет необходимость управления эффективностью функционирования САУП, под которым понимается отслеживание происходящих в системе процессов, оценка правильности и своевременности получения результатов обработки информации и предоставления образовательных услуг, и затем проведение организационно-технических мероприятий по устранению нарушений и обеспечению требований к системе со стороны пользователей. Такой подход обеспечит продление «жизненного цикла» информационной системы и экономию совокупных материальных затрат на ее разработку и сопровождение.

В свете вышеизложенного, проблема управления эффективностью функционирования системы автоматизации учебно-образовательных процессов в вузе представляется актуальной.

**Цель работы и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является разработка методов и моделей оценки качества и повышения эффективности функционирования систем автоматизации. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ существующих систем автоматизации учебного процесса и методов повышения эффективности их функционирования;
- разработка методов решения сложных функциональных задач на основе теории принятия решений в «расплывчатых условиях», моделирование деловых (бизнес-) процессов на основе современных информационных технологий (SADT, IDEF, UML и пр.);
- построение моделей и разработка методов управления эффективностью функционирования систем автоматизации;
- разработка имитационных моделей и алгоритмов анализа и исследования эффективности функционирования систем автоматизации методами теории систем массового обслуживания.

**Объект исследования** – методы и модели, используемые для анализа, исследования и управления эффективностью функционирования систем автоматизации.

**Методы исследования.** Теоретическая основа диссертации базируется на методах анализа сложных систем, теории автоматического управления, теории принятия решений в «расплывчатых условиях», теории вероятностей и математической статистики, теории систем массового обслуживания, имитационного моделирования.

**Научная новизна работы и основные положения,** выносимые на защиту, заключаются в следующем:

- впервые компьютерная система рассматривается как объект управления в рамках концепции продления «жизненного цикла» системы;
- сформулирована математическая постановка задачи управления эффективностью функционирования системы автоматизации учебно-образовательного процесса и выполнена ее декомпозиция на отдельные контуры управления;
- впервые разработана математическая модель формирования учебного плана специальности на основе теории принятия решений в «расплывчатых» условиях;
- построена модель оценки эффективности функционирования в условиях неопределенности на основе комплексного использования имитационного моделирования методом Монте-Карло;
- разработаны модели и эффективные алгоритмы исследования характеристик систем автоматизации методами теории массового обслуживания.

**Практическая значимость и реализация результатов работы:** предлагаемые модели и алгоритмы анализа и управления эффективностью функционирования систем автоматизации были внедрены и использованы при

создании и развитии САУП КазНТУ имени К.И.Сатпаева на базе корпоративной сети университета. Их можно использовать в вузах при разработке систем автоматизации учебного процесса и развитии информационной инфраструктуры вуза.

**Апробация результатов работы.** Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на Международном симпозиуме «Академик К.И.Сатпаев и его роль в развитии науки, образования и индустрии в Казахстане (1998, Алматы), II и IV Международных форумах «Информатизация образования Казахстана и стран СНГ» (2002, 2006, Алматы), Международных конференциях «Автоматизация и управление. Перспективы, проблемы и решения», «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 годы» (2007, Алматы), VI Казахстанско-Российской международной научно-практической конференции «Математическое моделирование научно-технологических и экологических проблем в нефтегазодобывающей промышленности» (2007, Астана) и др.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 14 научных трудов.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, списка использованных источников, включающего 122 наименования, и 4-х приложений, изложенных на 142 страницах машинописного текста, включает 24 рисунка, 6 таблиц, 87 формул.

### **Содержание работы**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели диссертационной работы и основные задачи, приведены положения, выносимые на защиту, и определена практическая ценность работы.

**В первом разделе** выполнен обзор современного состояния проблемы качества и автоматизации учебно-образовательных процессов (УОП) в вузе.

Определены современные высокоуровневые требования к деятельности вуза, которые могут быть удовлетворены путем создания систем автоматизации учебно-образовательных процессов (САУП).

Проведенный обзор состояния проблемы автоматизации учебно-образовательного процесса университетов показывает, что системы автоматизации, эксплуатируемые в настоящее время, не полностью отвечают современным требованиям обеспечения должного качества учебно-образовательного процесса, предъявляемыми со стороны участников этого процесса в вузе.

В разделе рассмотрена проблема оценки и повышения эффективности функционирования компьютерных систем, показано, что предсказание (т.е. прогноз) производительности информационных систем должно проводиться на основе аналитических моделей и имитационного моделирования, в рамках подходов теории массового обслуживания.

В завершении раздела сформулированы постановка и цели проводимого исследования, заключающегося в решении задачи управления качеством функционирования САУП, что обеспечивает увеличение продолжительности «жизненного цикла» и дальнейшее развитие системы в условиях изменения внешних требований.

Во втором разделе показано, что процессы, происходящие в САУП, характеризуются объемом данных и вычислений по местам их возникновения (получения), хранения и выполнения в топологии САУП, которые можно определить как некоторое «нагрузочное состояние».

Нагрузку на САУП создают: источник - отправитель запросов данных и задач, место хранения данных и программ, место обработки данных, сток - получатель данных. Их взаимосвязь определяет общую нагрузку на САУП, которая характеризуется распределением объема данных и вычислений по местам их возникновения и адресации (источник отправитель – обработка – сток-получатель).

Нагрузка САУП подвержена изменениям как в связи с динамическими изменениями среды, так и внутренних факторов. Незапланированное увеличение нагрузки может привести к снижению качественных показателей функционирования САУП и невыполнению отдельных сервисных функций. Поэтому после внедрения, в период эксплуатации системы для обеспечения качества ее функционирования необходимо постоянно совершенствовать САУП и улучшать ее характеристики.

Рассмотренная в работе функциональная схема управления эффективностью функционирования САУП приведена на рисунке 1.

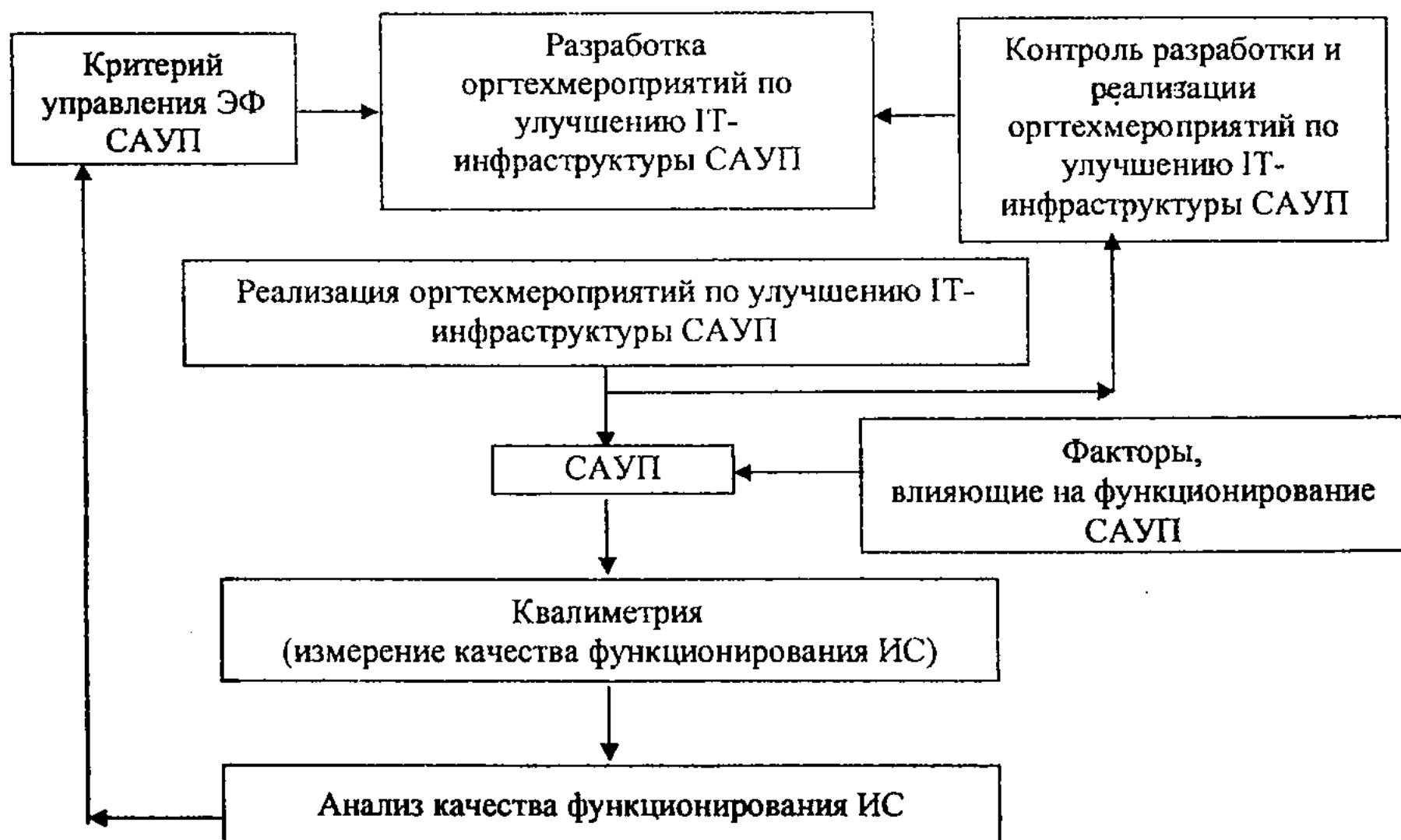


Рисунок 1 - Функциональная схема управления эффективностью функционирования САУП

Объектом управления является собственно САУП под «эффективным функционированием» которой будем понимать способность системы удовлетворять запросы в соответствии со своим назначением. В схеме показаны обобщенные «возмущающие воздействия», которые влияют на функционирование САУП, приводя к отклонениям от требуемых режимов. Средствами квалиметрии проводится оценка качества САУП путем измерения отдельных характеристик функционирования и их отклонений от желаемых – невыполнение требований по качеству решения функциональных задач, времени обработки информации и пр. Полученные данные об уровне отклонения функционирования САУП от желательных значений («обратная связь») оцениваются на основе некоторого критерия управления и затем осуществляется выработка и реализация управляющих воздействий в виде широкого спектра организационно-технических мероприятий, и проводится контроль их выполнения.

Для рассмотрения обобщенной модели управления эффективностью функционирования САУП были введены следующие обозначения:  $X_h(t)$  -  $h$ -мерный вектор выходных координат, характеризующий эффективность функционирования САУП в некоторый дискретный интервал времени  $t$ ;  $Y_k(t)$  -  $k$ -мерный вектор, определяющий совокупность входных условий и воздействий на функционирование САУП;  $S_q(t)$  -  $q$ -мерный вектор, определяющий возможные внутренние состояния САУП;  $U_l(t)$  -  $l$ -мерный вектор, определяющий управляющие воздействия на эффективность функционирования САУП. Связь переменных отображается зависимостью вида:

$$X_h(t_n) = A_x [X_h(t_{n-1}), Y_k(t_n), S_q(t_n), U_l(t_n)], \quad (1)$$

В свою очередь, управляющие воздействия, вырабатываемые и реализуемые системой управления для повышения эффективности функционирования САУП, определяются следующим соотношением:

$$U_l(t_n) = B_l [U_l(t_{n-1}), X_h(t_n)], \quad (2)$$

где  $A_x$  и  $B_l$  – некоторые операторы.

Структурная схема системы управления эффективностью функционирования САУП приведена на рис. 2.

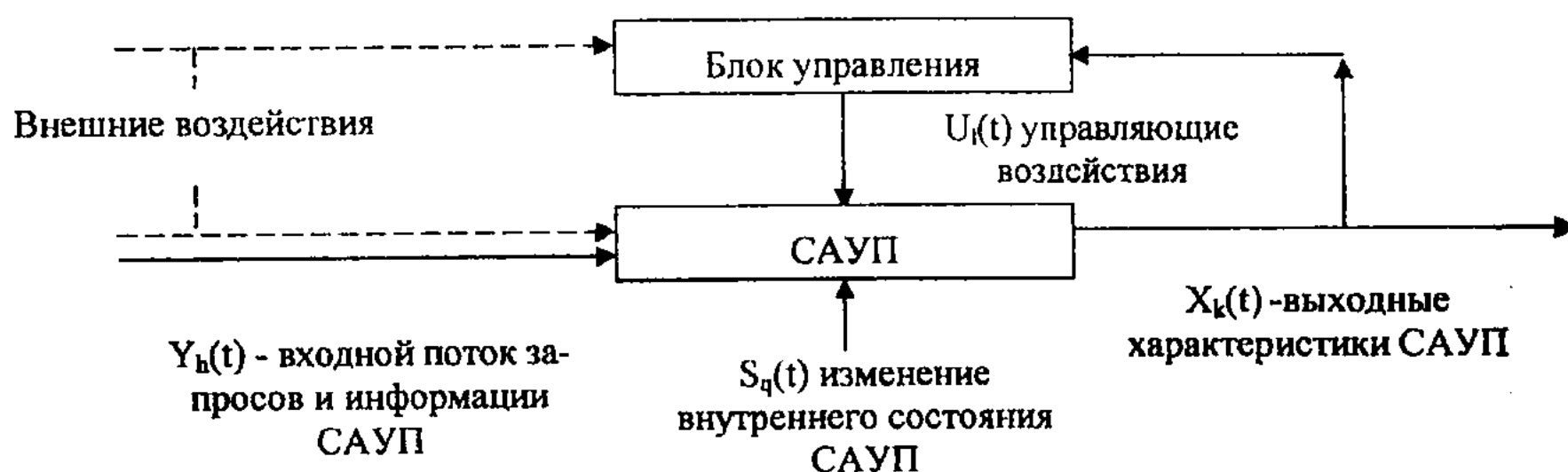


Рисунок 2 - Структурная схема системы управления эффективностью функционирования САУП

Дальнейшее рассмотрение системы управления проводилось с учетом общей задачи оценки эффективности функционирования для случая, когда на каждом  $i$ -том этапе развития САУП ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) контролируется выполнение каждого  $j$ -того требования ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) к системе (решение функциональных задач, обработка сообщений и документов, быстроедействие и пр.) При этом на каждом этапе имеется  $m$  реализаций вероятностного процесса  $X_{hi}$ , отличающихся соответствующими значениями координат  $Y_{ki}, S_{qi}, U_{li}$ . Будем считать, что  $Y_{kij}, S_{qij}, U_{lij}$  полностью определяют (в вероятностном смысле) процесс  $X_{hij}$ , описывающий поведение управляемой САУП.

Обозначим через  $Q_i(X_{hi})$  оценку обобщенного поведения САУП на основе некоторых критериев эффективности функционирования на совокупности выходных координат  $X_{hi}$  на  $i$ -том этапе управления. При этом необходимо выбрать конкретные показатели эффективного функционирования САУП в зависимости от ее свойств и требований к системе. В общем случае критерий качества  $I_i$  можно рассматривать как оценку математического ожидания некоторого функционала  $Z_i$ , определяемого на траекториях процесса  $X_{hi}(t)$

$$I_i = M[Z_i(X_{hi}(t))] \quad (3)$$

Многомерность и сложность САУП предполагает использование большого числа показателей для оценки качества ее функционирования и, соответственно, можно определить несколько типов функционалов, наблюдаемых на траекториях  $X_{hi}$ . Отсюда задача системы управления эффективным функционированием САУП состоит в выработке значений  $U_i(t)$  и выборе  $S_q(t)$ , чтобы от этапа к этапу критерий качества  $I_i$  возрастал в направлении требуемой или предельно достижимой величины. Таким образом, на каждом этапе развития САУП имеем  $m$  значений функционалов:

$$Z_{1i}, \dots, Z_{ji}, \dots, Z_{mi}, \quad (4)$$

представляющих собой выборку  $m$  значений величин, которые могут допускать обычную статистическую обработку для получения оценок качества. При отборе выборки необходимо учитывать свойства событий.

Пусть  $Z_0$  - событие, заключающееся в выполнении требований к некоторому показателю качества (эффективности) функционирования САУП (по поиску, обработке и хранению информации, времени и точности выполнения запросов и пр.),  $Z_1$  - событие, заключающееся в невыполнении данного требования. Тогда достоверность события составит  $P(Z_0) + P(Z_1) = 1$ , так как эти события несовместны.

Следует отметить, что показатели, характеризующие эффективность функционирования САУП могут носить как случайный (статистический) характер - нагрузка компьютерной сети, время решения задач и др., так и детерминированный - отсутствие в САУП некоторого компонента, не предусмотренного во время проектирования (например, функциональной задачи, необходимость решения которой возникла во время эксплуатации системы в связи с изменениями объекта автоматизации или необходимостью подключения к сети новых пользователей). В первом случае должен осуществляться сбор и регистрация статистических сведений по соответствующим показателям и, после их статистической обработки, приниматься решение о проведении организационно-технических мероприятий по совершенствованию САУП.



Многообразие решаемых задач и распределенность сетевой инфраструктуры САУП КазНТУ определяют сложность решения проблемы управления эффективностью функционирования системы в целом. Для уменьшения размерности решаемой задачи были использованы методы структурной и функциональной декомпозиции сложных систем (в том числе многомерных, взаимосвязанных систем) с выделением следующих относительно автономных контуров управления: конфигурацией IT-оборудования, серверами, сетями, данными, приложениями (клиентскими и/или серверными), Internet-технологиями, IT-услугами, техническими средствами обучения, телекоммуникациями и др.

Каждый автономный контур характеризуется своими векторами входных и выходных переменных, требованиями к эффективности (качеству) функционирования, набором оцениваемых показателей и, соответственно, характером управляющих воздействий, т.е. проводимыми организационно-техническими мероприятиями, которые могут включать приобретение нового компьютерного и телекоммуникационного оборудования, операционных систем и пакетов прикладных программ, прокладку кабельных каналов, подключение новых пользователей, разработку дополнительных или доработку существующих прикладных программных приложений, настройку и администрирование программно-аппаратных средств, работы по техническому сопровождению и обслуживанию системного и прикладного программного обеспечения компьютеров, ТСО, корпоративной сети и др.

Задачи управления качеством (эффективностью) функционирования САУП для всех автономных контуров взаимосвязаны и должны решаться своевременно для устойчивого развития системы и поддержания ее пользовательских характеристик. Наиболее важное значение для поддержания жизненного цикла системы автоматизации имеют контуры управления приложениями, сетью и серверами, в наибольшей степени определяющие качество функционирования системы и поддержку учебно-образовательного процесса в вузе.

В качестве примера в разделе приведено решение одной из задач управления приложениями – задача нахождения «оптимального» учебного плана специальности, которая сформулирована на основе теории принятия решений в «расплывчатых условиях». Это объясняется двумя обстоятельствами. С одной стороны сами требования к учебному плану носят расплывчатый характер – «максимально возможное удовлетворение требований к знаниям, умениям и навыкам», «учебная нагрузка студентов должна составлять  $T_{\min} \leq T \leq T_{\max}$  часов в неделю», аналогично количество экзаменов и зачетов в семестре и т.д. С другой стороны, выбор функции предпочтительности, установление строгой упорядоченности на множестве альтернатив с учетом системы ограничений и построение процедуры поиска встречаются серьезные затруднения. В то время как в теории принятия решений в расплывчатых условиях, критерий и ограничения задаются в виде функций принадлежности, а результирующее решение получается пересечением всех заданных целей и ограничений, что значительно упрощает постановку и решение задачи.

В общем виде, если  $X = \{x\}$  множество альтернатив, где  $x$  в нашем случае отождествляется с дисциплинами, их разделами, характеризуемыми взаимосвязью, как некоторая упорядоченная последовательность, и объемами часов, а также некоторым числом  $\chi$  меньшим единицы, определяющим важность данных разделов дисциплин для учебного плана, то функция принадлежности для критерия  $\mu_G(x)$  была сформирована в виде:

$$\mu_G(x) = \begin{cases} 0 & \text{если } \chi(x) < \chi^0 \\ (1 + (1 - \chi(x))^2 (\chi(x) - \chi^0)^{-2})^{-1} & \text{если } \chi(x) \geq \chi^0 \end{cases} \quad (5),$$

где  $\chi^0$  - задается лицом, принимающим решение при расчете вариантов учебного плана, и определяет нижнюю границу степени важности дисциплин и разделов, включаемых в учебный план.

Функция принадлежности для ограничения  $\mu_C(x)$ , например, по количеству часов недельной учебной нагрузки студентов имеет вид:

$$\mu_C(x) = (1 + a(\sum_i \sum_j \sum_m q_{ijm}(x) - T)^\alpha)^{-1} \quad (6),$$

где  $q_{ijm}$  - количество часов обучения по  $i$ -той дисциплине,  $j$ -тому виду учебной нагрузки в  $m$ -ном семестре;  $a$  - нормирующее положительное число и  $\alpha$  - положительное четное число, выбираемое так, чтобы передать смысл, в котором следует понимать «приближение к интервалу  $[T_{\min}, T_{\max}]$ ».

Аналогично записываются функции принадлежности и для других ограничений.

Расплывчатое решение или просто решение определяется как расплывчатое множество  $R$  в пространстве альтернатив, получающееся в результате пересечения заданных целей  $G$  и ограничений  $C$ .

$$R = G \cap C \quad (7)$$

При этом функция принадлежности для пересечения множеств  $\mu_{G \cap C}(x)$  задается соотношением

$$\mu_{G \cap C}(x) = \mu_G(x) \wedge \mu_C(x) \quad (8)$$

При наличии нескольких ограничений функция принадлежности к расплывчатой области решений запишется в виде:

$$\mu_R = \mu_G(x) = \mu_G \wedge \mu_{C_1} \wedge \mu_{C_2} \wedge \dots \wedge \mu_{C_k} \quad (9)$$

Поиск вариантов учебного плана на основе уравнений (5), (6) - (9) осуществлялся с помощью эвристического алгоритма, реализующего итерационную процедуру получения вариантов плана с включением в план дисциплин и их разделов в соответствии с их уровнем значимости при различных заданных значениях  $\chi^0$ , и последующей оценкой плана экспертами. Для решения задачи был разработан программный комплекс, включающий математическую модель собственно учебного плана  $P$ , которая, в общем в виде представляется следующим образом:

$$P = \Gamma * Q * D * E \quad (10)$$

где  $\Gamma\{\gamma_{jnm}\}$  - график учебного процесса, где  $\gamma_{jnm}$  - логическая переменная, (1 или 0) определяющая наличие в  $n$ -ную неделю  $m$ -ного семестра учебного

плана  $j$ -того вида учебного процесса, в данном случае это - теоретическое обучение, экзаменационная сессия, каникулы, практика и т.п.;

$Q\{q_{ijm}\}$  – объем учебной нагрузки, где  $q_{ijm}$  - количество часов недельной учебной нагрузки по  $i$ -ой дисциплине,  $j$ - тому виду учебной нагрузки в  $m$ -ом семестре;

$D\{di\}$  – перечень дисциплин;

$E\{\gamma_{jnm}\}$  – распределение экзаменов, зачетов, курсовых проектов и работ, дисциплин по семестрам, где  $\gamma_{jnm}$  - логическая переменная (1 или 0), определяющая наличие в учебном плане экзаменов, зачетов, курсовых проектов или работ;

На основе построенной модели составления учебного плана в составе САУП было разработано специализированное программное приложение, позволившее эффективно совершенствовать учебные программы подготовки специалистов, включая переход на кредитную систему обучения и применение индивидуальных учебных планов студентов для новой технологии образования.

**В разделе 3** рассмотрены задачи оценки и управления производительностью САУП на основе подходов теории массового обслуживания.

Измерение вероятностно-временных характеристик функционирования различных контуров компьютерной сети университета, на различных этапах развития системы, позволяло выявлять наиболее «узкие места» в структуре сети, которые в первую очередь определяли эффективность функционирования САУП. Такие узлы выбирались в качестве объектов детального исследования для последующего моделирования и нахождения решений, позволяющих улучшить качество функционирования системы.

САУП КазНТУ реализована как централизованная система с единой базой данных (БД). Обращения к базе данных можно условно разделить на две группы:

первая - это решение различных функциональных задач в системе, связанное, как правило с изменением данных в БД – расчет учебной нагрузки кафедр и ППС, составление расписания занятий, выбор траектории обучения отдельным студентом, запись на дисциплину к преподавателю, ввод сведений о текущей успеваемости и посещаемости занятий, а также экзаменационных оценок (рейтинговых баллов) и др.

вторая - более многочисленная, запросы к БД только на получение информации от пользовательских ПК, информационных киосков, а также через WEB- и WAP-порталы. В этом случае запрашивается информация о расписании занятий, текущей и экзаменационной успеваемости и пр.

Кроме того, существует группа запросов на предоставление выхода в мировую сеть Internet, электронная почта, ICQ, представление электронных учебных и методических материалов и пр., которые не обрабатываются серверами приложений и технологической базой данных, но значительно «нагружают» корпоративную сеть САУП, увеличивая время «прохождения» других запросов в сети и тем самым фактическое время решения задач для пользователя.

Следует отметить, что отдельные совокупности запросов имеют ярко выраженный периодический характер, связанный с особенностями планирования

и организации учебного процесса в ВУЗе – учебный год, осенний, весенний и летний семестры, экзаменационные сессии, внутрисеместровый контроль и пр. Кроме того, имеет место суточная периодичность с резким уменьшением количества запросов к системе в ночное время, которое используется для проведения профилактических работ и выполнения служебных функций – репликации, архивирование, реорганизация базы данных и пр.

Очевидно, что качество функционирования системы зависит от ее способности эффективно решать задачи и обрабатывать запросы в периоды «пиковых» нагрузок. При этом проектирование системы на «пиковые» нагрузки ведет к значительным затратам средств, что нецелесообразно, так как в остальное время система будет по существу «простаивать».

Анализ и идентификация вероятностно-временных характеристик запросов и времени их обработки проводились для различных периодов «нагруженности» системы, как в целом по всем запросам, так и по отдельным группам запросов.

Сбор экспериментальных данных осуществлялся как путем анализа «логов» системного программного обеспечения серверов, так и с помощью специального, разработанного для этих целей, программного обеспечения, которое позволяло фиксировать время поступления запросов к системе и время их обработки.

Оценки числовых характеристик и функций распределения для полученных массивов данных выполнялись с помощью специально разработанного программного комплекса в соответствии с методиками и расчетными формулами, приведенными в работе. В качестве примера приведены расчеты статистических характеристик потока обращений (запросов) к базе данных, полученные по данным наблюдений в один из дней 2007 года. Сбор данных осуществлялся приложением Microsoft SQL Server Profiler и программным обеспечением автора. Полученные данные проанализированы с применением имитационного моделирования. Для этого на основе теоремы Монте-Карло «Пусть  $z_1$  и  $z_2$  случайные числа с равномерным законом распределения и  $x = a + z_1(b - a)$ ,  $y = Mz_2$ . Тогда случайная величина  $\eta$ , определенная из условия  $\eta = x$  при  $y < f(x)$  имеет плотность распределения  $f(x)$ » автором разработан алгоритм имитации статистических характеристик с учетом возможного задания случайных закономерностей характеристик как в аналитической, так и в неаналитической форме.

Приведенная в работе схема оценки результатов идентификации закона распределения по критерию Пирсона была реализована в виде следующего алгоритма:

Шаг 1. Вычисление вероятностей  $p_i$ ,  $i = 0, 1, \dots, k$  по гипотетическому закону распределения.

Шаг 2. Вычисление меры  $R = \chi^2$ .

Шаг 3. Выбор величины уровня значимости  $\alpha_m = \max\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l\}$ .

Шаг 4. Проверка условия  $\alpha_m > 0$ . При нарушении этого условия переход на шаг 9.

Шаг 5. Определить  $\chi_{\alpha}^2 = R(l, \alpha)$ .

Шаг 6. Проверить условие  $\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$ . При его выполнении переход на шаг 8.

Шаг 7. Положить  $\alpha_m = 0$ . Возврат на шаг 3.

Шаг 8. Вывод текста "Выбранный закон распределения отвергается".

Шаг 10. Конец.

В работе сформулирована гипотеза, что экспериментально полученное распределение можно считать пуассоновским. Правомерность этой гипотезы проверялась по критерию Пирсона. Уровень значимости принимался  $\alpha = 0,05$ . Далее, используя полученные данные, вычислялось значение  $\chi^2$ .  
Например:  $\chi^2 = 12,39$

Таблица 1. Пример расчетной величины  $\chi^2$

n	F <sub>0</sub>	f <sub>e</sub>	p(n)	$\chi^2$
0	38	32	0,0772	1,125
1	99	82	0,1978	3,52439
2	117	106	0,2533	1,141509
3	77	90	0,2162	1,877778
4	43	58	0,1384	3,87931
5	26	30	0,0709	0,533333
6	11	13	0,0303	0,307692
7	6	6	0,0111	0

Согласно вышеприведенной методике было найдено критическое значение меры  $\chi^2$ , соответствующего уровню значимости  $\alpha$  и числу степеней свободы  $\ell$ .

$$\ell = 9 - 1 - 1 - 1 = 6 \quad \chi_{\alpha}^2 = 12,6$$

Таким образом,  $\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$  и гипотеза о том, что не имеется существенных различий между эмпирически полученным распределением и выбранным теоретическим распределением Пуассона с параметром  $\lambda = 2,56$ , не отвергается.

Проведенные исследования показали, что рассмотрение всех запросов без разделения их на группы дает значительный разброс оценок количественных характеристик. Поэтому, а также с учетом предполагаемого далее использова-

ния метода компьютерного моделирования, были получены оценки количественных характеристик и функции распределения по группам запросов.

Наиболее ярко выраженный вероятностный характер носит группа запросов от студентов и других внешних пользователей по успеваемости и расписанию занятий. Эти запросы с приемлемой точностью подчиняются пуассоновскому распределению с прак-

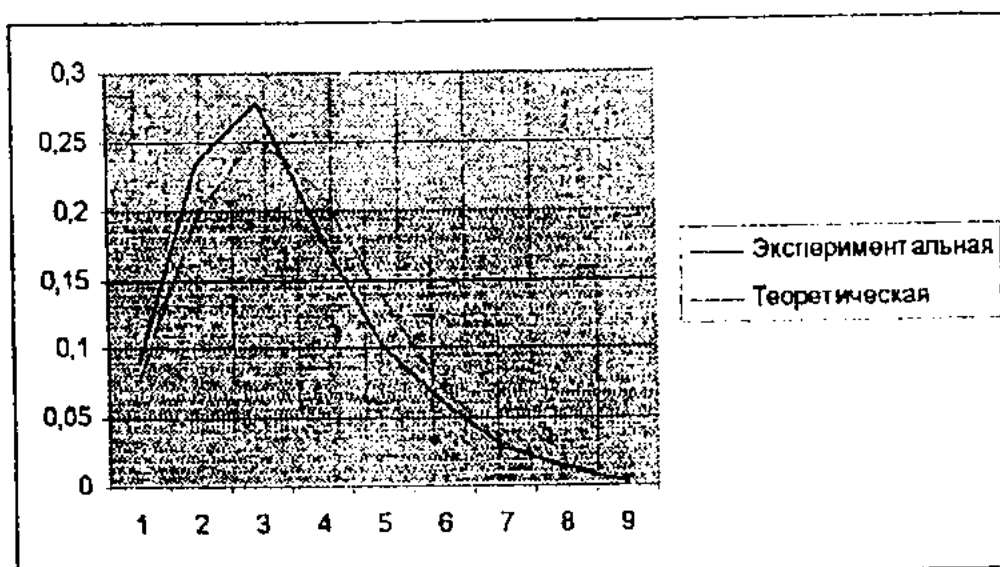


Рисунок 3

тически постоянным и относительно небольшим временем обработки. Запросы,

связанные с решением функциональных задач по организации учебного процесса, имеют регулярный характер, но время их обработки значительно больше и зависит от характера запросов.

В четвертом разделе выполнено функциональное моделирование САУП КазНТУ с позиций управления ее ресурсами. *IDEF0*-технология позволяет строить функциональную модель процесса в виде совокупности диаграмм. Каждая диаграмма содержит функциональные блоки и стрелки. Построено формальное описание функционального моделирования на основе известного системного подхода М. Месаровича.

Функциональная модель, построенная по *IDEF0*-технологии, дает наглядное и полное описание бизнес-процессов, автоматизация которых была осуществлена в САУП КазНТУ.

Рассмотрены практические задачи мониторинга компьютерной сети, которые являются перспективным направлением развития ИТ-инфраструктуры и, несмотря на ряд проблем, возникающих при их внедрении, использование подобных решений обеспечит значительный рост эффективности использования аппаратного и программного обеспечения и снизит число критических сбоев в системах. Результатами мониторинга сети и решения задач, рассмотренных в разделе 3, являются обоснованные внесения изменений в структуру сети САУП, исключающих возникновение конфликтных ситуаций в сети.

Разработанное ПО относится к классу систем проактивного мониторинга, что позволяет не только наблюдать за текущим состоянием БД, но и прогнозировать поведение ее объектов на основе накопленных хронологических данных и последующего имитационного моделирования. Качество прогнозирования зависит от длительности использования системы.

В предложенной методологии анализа исторических данных, аппроксимации их на текущее состояние и имитационного моделирования разработаны алгоритмы на основе накопленного опыта АБД, а также используются документированные и undocumented свойства и параметры баз данных. Точность прогнозирования зависит от времени, в течение которого система накапливает статистические данные. Представленный на рис. 3 график построен на основании усредненных данных, полученных в результате внедрения разработанного ПО, которое с некоторой периодичностью собирает параметры функционирования СУБД, необходимые для последующего анализа, и передает их на дальнейшую обработку.

Используя методику расчета раздела 3 данной работы, прогнозируется критическое состояние САУП на следующий академический период. Для отслеживания критических ситуаций и потенциальных угроз в системе реализован механизм слежения за проблемами. Суть этого механизма заключается в том, что информация, содержащая критические сообщения, заносится в список проблем. Каждая проблема имеет описание и указание на время и место возникновения. Кроме того, проблемам присваивается статус. В случае, если проблема перестала существовать (в результате действий администратора или по счастливому стечению обстоятельств), статус изменяется на "Закрит". Разработанное ПО системы проактивного мониторинга КазНТУ:

- представляет информацию о средней длине запроса, ресурсах, затраченных на обработку запроса и другие параметры, полезные для анализа ресурсов.

- позволяет рассчитать системные параметры при планируемом расширении нагрузки на приложения, например, при увеличении числа пользователей.

- использует накопленную за несколько предыдущих недель ежедневную статистику для планирования наиболее благоприятных периодов перезагрузки, выполнения резервного копирования и проведения обновлений.

На основании вышеизложенного и проведенного анализа по данным 3-4 главы САУП и ИТ-инфраструктура университета претерпели ряд изменений:

- переход на промышленную СУБД;

- переход на клиент-серверную технологию программирования;

- ввод в действие широкополосного Интернета;

- адаптация КИС к кредитной технологии обучения;

- замена серверов и сетевого оборудования;

- переход на Web-технологию. Создание образовательного портала и War-портала университета и др.

Результаты выполненной диссертационной работы позволяют в ближайшее время на основе САУП перейти к «электронному университету - комплексу интегрированного программного обеспечения электронного обучения, документооборота, виртуальных лабораторий, электронной библиотеки, предлагающему решения, как электронный ректорат, электронный деканат, электронная кафедра, виртуальный офис профессора (преподавателя).

### **Заключение**

Диссертация является научной квалификационной работой, в которой содержится решение ряда задач по повышению эффективности функционирования системы автоматизации учебно-образовательного процесса на основе имитационного моделирования и новейших информационных технологий.

Основные научные результаты диссертационной работы, практические выводы и рекомендации, полученные при выполнении исследований заключаются в следующем:

1. Приведены современные требования к учебно-образовательному процессу для всех уровней. Представлен обзор функциональных возможностей внедренных в настоящее время в деятельность университетов систем автоматизации учебно-образовательного процесса, выявлены их достоинства и недостатки.

2. Выполнен общий анализ задач оценки и повышения эффективности функционирования компьютерных систем. Разработана общая модель задачи управления эффективностью функционирования САУП. Выполнена декомпозиция задачи и выделены частные контуры управления качеством функционирования САУП.

3. Рассмотрена задача управления прикладными программными приложениями САУП. Разработана математическая модель формирования научно обоснованного учебного плана специальности с использованием методов тео-

рии принятия решений в расплывчатых условиях. Выполнена программная реализация модели и осуществлено решение задачи для одной из специальностей вуза.

6. Рассмотрены особенности задачи управления инфраструктурой сети САУП, сформулирована постановка задачи управления качеством функционирования сети.

7. Предложена общая методика решения задачи повышения качества функционирования САУП в виде последовательности процедур, включающих анализ и исследование инфраструктуры системы с использованием методов декомпозиции и имитационных моделей СМО.

8. Рассмотрены методы идентификации функций плотности распределения случайных величин, включая оценку статистических характеристик, и разработаны алгоритмы и программное обеспечение их реализации применительно к САУП. Выполнена идентификация вероятностно-временных характеристик САУП на основе данных «логов» серверного программного обеспечения.

9. Разработаны имитационные модели и алгоритмы их реализации для моделирования запросов в САУП в виде различных потоков событий. Методами компьютерного моделирования проведены анализ и исследование САУП, как системы массового обслуживания. Определялись текущие и прогнозируемые характеристики функционирования системы для принятия решений по совершенствованию САУП. Решена задача проактивного мониторинга функционирования системы.

10. Выполнено по IDEF0-технологии функциональное моделирование корпоративной информационной системы. САУП КазНТУ внедрена и эксплуатируется с постоянным развитием и поддержкой эффективности системы.

Разработанные имитационные модели и методы позволяют анализировать состояние САУП и IT-инфраструктуры вуза, помогают специалистам в выборе решений по дальнейшему развитию и совершенствованию информационных технологий в вузе.

Опыт Казахского национального технического университета имени К.И.Сатпаева по созданию САУП «Корпоративная информационная система «Политех»» был использован рядом вузов Казахстана – КБТУ, Восточно-Казахстанский государственный университет имени С.Аманжолова, Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова и др. Результаты практической реализации неоднократно демонстрировались на различных форумах и выставках, презентациях, связанных с использованием информационных технологий в образовании и науке в Республике Казахстан.



## Публикации

1. Мустафина А.К., Ибраев А.Х. Информационные аспекты формирования учебного плана специальности // Совершенствование подготовки инженерных кадров в технических вузах Казахстана в свете задач, поставленных Президентом РК Н.А. Назарбаевым в Послании «Казахстан - 2030» // Тез. докл. Респ. межвуз. науч.-метод. конф., 29 - 30 окт. 1998. Караганда: Изд-во КарГТУ, 1998. - С. 117-118

2. Мустафина А.К. Формирование научно обоснованного учебного плана специальности / Тохтабаев Г.М., Мустафина А.К., Ибраев А.Х. // Академик К.И. Сатпаев и его роль в развитии науки, образования и индустрии в Казахстане: Труды Международного симпозиума, посвященного 100-летию со дня рождения К.И. Сатпаева.- Алматы, 1999.- Ч. II.- С. 177-179

3. A.Mustafina Application of theory of coming to decisions for forming scientifically-justied curriculum of the specialty /G.M.Tochtabayev, A.Mustafina, A.Ibraev// Proceeding of the Second Internatinal Scientific Conference in the Republic of Kazakhstan on Informative Technologies and Control (KazITC'99).December 6-10, 1999, Almaty, Kazakhstan.- Алматы:ТОО «АП»,1999.-313с.

4. Мустафина А.К. Сабак кестесін компьютер арқылы құрастыру бағыты / Ярмухамедова З.М., Мустафина А.К., Жонкешова А.С.// Ақпараттық технологиялар және өндірістік процестерді автоматтандыру: Халықаралық ғылыми конференциясының еңбектері.- Алматы: ҚазҰТУ, 2002. - 399-402б.

5. Сулеев Д.К., Мустафина А.К. О создании единой информационной сети учреждений образования Алматинского региона // Вестник КазНТУ имени К.И. Сатпаева.- 2002.-N 3.- С. 3-8

6. Мустафина А.К. Об опыте реализации корпоративной научно-образовательной сети региона / Балафанов Е.К., Сулеев Д.К., Мустафина А.К.// Информатизация образования Казастана и стран СНГ: Международный форум.-Алматы, 2002

7. Мустафина А.К. Состояние и перспективы информатизации КазНТУ // Развитие информационных, автоматизированных и роботизированных систем: Труды Межд. конф. "Инженерное обр. и наука в XXI веке, посв. 70-летию КазНТУ им. К.И. Сатпаева.- Алматы, 2004.- Т.3.-С. 61-65

8. Мустафина А.К., Ускенбаева Р.К. Методологические принципы создания систем поддержки учебно-образовательных процессов университета // Алматы, Вестник КазАТК, 2006.-№ 6.- С. 107-114

9. Мустафина А.К., Аккозиева Р.С. Предоставление информационных услуг на основе WAP - технологии // Автоматизация и управление. Перспективы, проблемы и решения: Труды Международной конференции.- Алма-Ата: КазНТУ, 2007.- С. 396-398

10. Мустафина А.К., Жонкешова А.С. Развитие информационных систем в условиях кредитной технологии обучения // Труды международной научно-практической конференции.- Алматы: КазНТУ, 2007.- С. 234-239.

11. Мустафина А.К. Некоторые аспекты формализации задачи составления расписания занятий на основе объективного подхода

/ Ярмухамедова З.М., Мустафина А.К, Жонкешова А.С.// Автоматизация и управления. Перспективы, проблемы и решения.: Труды Международной конференции.- Алма-Ата: КазНТУ, 2007.-С. 410-412

12. Мустафина А.К. Методы проектирования архитектуры компьютерной системы, обеспечивающей эффективность её функционирование и решения прикладной задачи // Материалы Международной конференции «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 годы». – Алматы: ТОО «HIGH DIDI», 2007.- С. 166-168

13. Мустафина А.К. Методы проектирования корпоративных информационных систем // Материалы VI Казахстанско-Российской международной научно-практической конференции (11-12 октября 2007г.) - Астана: Изд-во Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, 2007. – С. 219-221

14. Шукаев Д.Н., Мустафина А.К. Управление эффективностью систем автоматизации учебного процесса // Вестник КазНТУ имени К.И. Сатпаева. - 2009. - № 2.- С.133-136

## Мұстафина Акқыз Құраққызы

Оқу – білім процесін автоматтандыру жүйесін жетілдірудің тиімділігін көтеру әдісі (мысал ретінде Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті)

05.13.01- Жүйелік талдау, ақпаратты өңдеу және басқару

### ТҮЙІН

Диссертациялық жұмыстың мақсаты - оқу – білім процесін автоматтандыру жүйесін жетілдірудің тиімділігін арттыру және сапасын бағалау моделін және әдістерін құрастыру. Жұмыста келесі есептер шешілді:

- күрделі функционалдық есептердің шешу әдістерін шешімдер қабылдау теориясының «тиянақсыз шарт» негізінде құрастыру, іскерлік процестерді қазіргі ақпараттық технологиялар негізінде моделдеу;

- оқу – білім процесін автоматтандыру жүйесін тиімді басқару әдістерін жетілдіру және моделін құрастыру;

- имитациялық моделдерді және талдау алгоритімдерін құрастыру және оқу – білім процесін автоматтандыру жүйесін жетілдіру тиімділігін көпшілікке қызмет көрсету жүйесі теориясының әдістерімен зерттеу.

Қорғау жұмысының ғылыми жаңалықтары және негізгі ережелері:

- оқу – білім процесін автоматтандыру жүйесін жетілдіру тиімділігін басқару есептерінің математикалық қойылымы қалыптастырылған және оны басқарудың жеке контурларына декомпозиция орындалған;

- Мамандықтың оқу жоспарын құрастыруда алғашқы рет математикалық моделі шешімдер қабылдау теориясы «тиянақсыз шартта» негізінде өңделген;

- Имитациялық моделдеуді Монте-Карло әдісімен кешенді қолдану негізінде белгісіз шартта тиімді жетілдіруді бағалау моделі құрастырылған;

- Автоматтандыру жүйе мінездемесін тиімді зерттеу алгоритімдері және моделдері көпшілікке қызмет көрсету теория әдістерімен құрастырылған.

Құрастырылған имитациялық моделдер мен әдістер ЖОО ІТ-инфрақұрылымы және оқу – білім процесін автоматтандыру жүйесі жағдайын талдауға мүмкіндік тудырады. Бұл жүйе Қазақ-Британ техникалық университетінде, С. Аманжолов атындағы Шығыс-Қазақстан мемлекеттік университетінде, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінде, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінде ендірілген, оған осы ЖОО берген актілері дәлел. Іс жүзінде қолдану нәтижелері әр түрлі форумдарда, көрмелерде бірнеше рет көрсетілген.

**“Methods of effective increasing of functioning automation system of educational process (by examples of Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev)”**

**05.13.01 – System analyses, control and information processing**

### **THE SUMMARY**

The purpose of the thesis is development of quality estimation methods and models of quality assessment and increasing of efficiency of functioning Educational Process Automation Systems (EPAS).

The following problems are solved in this work:

- Working out the decision methods of complicated functional problems on the basis of the decision-making theory in «indistinct conditions», business processes modeling on the basis of up-to-date information technologies;
- Model construction and development of EPAS efficient control methods;
- Development of imitating models and analysis algorithms, and also effective functioning researches of EPAS by methods of the theory of mass service systems.

The points of the scientific novelty of works and its fundamentals submitted on protection are the following:

- The mathematical statement of problems of effective functioning of EPAS control is formulated, and its decomposition for separate control loops is executed;
- For the first time is developed the mathematical model of forming speciality of training curriculum based on the decision-making theory in «indistinct conditions»;
- The model of an estimation of functioning efficiency in the conditions of uncertainty is constructed on the basis of complex use of imitating modeling by Monte-Carlo methods;
- Developed are the models and effective algorithms of researches of characteristics of automation systems by the methods of theory of mass service.

The developed imitating models and methods enable to analyze the SAEP condition and IT infrastructures of High School. Implementation of results are confirmed by certificates of Kazakh-British Technical University, East Kazakhstan State University named after S. Amanzholov, Caspian State University of Technology and Engineering named after S. Esenov, Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev. The results of practical realization were repeatedly shown at various forums, exhibitions and presentations.

**МУСТАФИНА АККЫЗ КУРАКОВНА**

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ  
УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА  
(НА ПРИМЕРЕ КАЗАХСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА)**

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

Подписано в печать 20.11.09 г.

Формат 60×84 1/16 Бумага типографская № 1. Печать RISO.

Объем 1,3 уч.-изд.л. Тираж 100 экз. Заказ № 617.

Издание Казахского национального технического университета  
имени К.И. Сатпаева

Научно-технический издательский центр КазНТУ

г. Алматы, ул. Ладыгина,32