УДК 681.3

Е. С. Подвальный

ГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ – КАК ОСНОВА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Рассмотрены особенности реализации моделей диагностики при оперативном управлении автоматизированными технологическими комплексами с использованием многомерных дискриминантных функций в режиме реального времени. Приводятся результаты решения диагностических задач применительно к сложным технологическим объектам.

Ключевые слова: *диагностические модели, дискриминантный анализ, визуализация.*

UDC 681.3

E. S. Podvalny

GRAPHIC MODELLING AND VISUALIZATION OF SYSTEMS OF DIAGNOSTICS – AS THE OPERATIONAL ADMINISTRATION BASIS AUTOMATED TECHNOLOGICAL COMPLEXES

The features of the implementation of models of diagnosis in automated operational management of technological systems using multivariate discrimination functions in real time. Presentation of the results of solving the above problems addressed in this article.

Keywords: *diagnostic models, discrimination analysis, visualization diagnostic*

Введение. Интенсификация технологических процессов, создание высокоэффективных промышленных производств в настоящее время идет по пути внедрения автоматизированных систем управления (АСУ) на базе вычислительных сетей. По мере совершенствования управления основные усилия исследователей, разработчиков и эксплуатационников перемещаются от задач динамической стабилизации на уровень оперативного управления автоматизированными технологическими комплексами, где в процессе анализа ситуации и принятия решений активно участвует человек. Повышение эффективности решаемых при этом задач требует разработки моделей, алгоритмов и специального программного обеспечения для перехода от эвристических приемов управления к строго обоснованным методам. Таким образом, актуальным является проведение исследований в области интеллектуализации управления, информационной технологии анализа состояния и визуализации на базе персональных ЭВМ на рабочем месте оператора.

Цель и задачи исследования.

Целью работы является разработка специального математического обеспечения задач диагностики и визуализации состояний технических комплексов, позволяющих повысить эффективность их управления в составе автоматизированных систем.

Для этого необходимо выполнить:

– анализ и классификацию задач оперативного управления;

– создание класса диагностических моделей в составе АСУ;

– разработку специального математического обеспечения задач визуализации диагностики состояний автоматизированных технологических комплексов.

1. Анализ задач оперативного управления автоматизированными технологическими комплексами.

Анализ работы технологического персонала и диспетчеров по управлению автоматизированными комплексами, а так же обзор литературы по интегрированным АСУ показал, что все задачи оперативного управления могут быть классифицированы на несколько групп [1,2]: 1) аварийной за-

щиты; 2)приведение технологического процесса в норму после возникновения нарушений; 3) улучшения технико-экономических показателей производства.

Общим для всех этих задач является наличие диагностической подсистемы с некоторыми различиями: в задачах типа 1 используются измеряемые параметры состояния, в задачах 2-3 вычисляемые оценки (различные технико-экономические показатели) хода технологического процесса. Поскольку решение ведется на единой информационной базе необходимо обобщить понятие диагностируемого состояния не только на аварийную ситуацию, но и на разную степень отклонения от нормы. В одних случаях оно является просто предаварийным, в других – заведомо неоптимальным.

В отличие от традиционной технической диагностики, когда различают только бинарные состояния: работоспособен/неработоспособен – будем считать, что технологический процесс является многоальтернативным [4] и работает в одном из вариантов (пусковой, аварийный, нормальный, в свою очередь делящийся на несколько типов по номенклатуре продукции; программно-управляемый и другие). Управление технологическими комплексами, находящимися в таких «переходных» состояниях, требует создания диагностических моделей, легко и быстро реализуемых на ЭВМ.

Помимо выявления многоальтернативного состояния технологического процесса, важно принять меры по устранению результатов неоптимальных действий или возмущений неконтролируемого характера. Для этого предложено использовать модели для прогнозирования хода техпроцесса, моделирование различных вариантов управления в ускоренном масштабе времени. Такая интеллектуализация процесса принятия решения на базе ЭВМ в составе автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора требует использование различных эвристик и экспертных систем, баз данных и баз знаний, а так же визуализации принятия решений [3].

Таким образом, анализ позволил выделить наиболее важные направления исследований: диагностические модели и алгоритмы многоальтернативного анализа состояний технологического процесса; методология и модели принятия решений с помощью консольной ЭВМ; визуализация состояний объекта для более эффективного восприятия информации оператором с использованием АРМ, интерактивное прогнозирование.

2. Диагностические модели при управлении сложными технологическими комплексами

2.1. При создании диагностических моделей для использования в информационных системах интегрированных АСУ исходят из идеи использования некоторой вычисляемой дискриминантной функции $D\left(\overline{X}\right)$. Векторный характер измерений $\overline{X}$, фиксируемых в любой момент времени t, либо усредненных на интервале времени θ, неопределенность в выборе $\overline{X}$ из более общего множества наблюдений $\overline{Z}$, неполнота и неточность измерений, неопределенность в признаках диагностируемого состояния и их многоальтернативность приводят к необходимости специального исследования [2,3].

Рассмотрим предлагаемую методику для мониторинга объекта в рамках существующей информационной системы, отличающуюся максимальной автоматизацией обработки и анализа информации. Вид функции $D\left(\overline{X}\right)$ целесообразно выбрать на первых порах линейным:

$$D\left(\overline{X}\right) = A_{ij}\overline{X} \le B_{ij} \text{ для всех } \overline{X} \in \overline{Z}, \quad (1)$$

A, B – функции матрицы ковариаций признаков $\left\|K_{ij}\right\|$, при условии усреднения по интервалам наблюдений θ. Процедура использования системы уравнений (1) для попарной диагностики состояний $< i, j >$ составляет основу моделей диагностики использования линейных дискриминантных функции (ЛДФ).

2.2. Компьютерный мониторинг объекта предполагает формирование двух групп измерений (двух статистических выборок): обучающей и контрольной. При этом важно каждую из них правильно разделить на подгруппы в соответствии с теми состояниями $\left(1,2,3,...n\right)$, которые мы хотим диагностировать, и теми состояниями $\left(1,2,3,...m\right)$, которые мы на самом деле можем надежно различить в результате мониторинга. В об-

щем случае эти разбиения на подгруппы $(n$ И $m)$ не совпадают.

Обучающая выборка $\overline{Y} = (y_1, y_2, y_3 ... y_n)^T$ формируется оператором-экспертом, он же делит её на подгруппы, которые считает нужным выделить в соответствии с эвристическим подходом. При этом каждое j – тое состояние характеризуется вектором признаков $\overline{Y}, j = \overline{1,k}$, которые измеряются лабораторным либо аппаратным путем. Полученная двумерная таблица $< K, N >$ должна быть статически проанализирована для каждой из подгрупп порознь. Пусть таких подгрупп l, число данных в ней n_l. По каждой из них должны быть рассчитаны: среднее M_Y, дисперсии σ_Y^2,ошибка средней ΔM_Y, критерий достоверности средней t_{M_Y}, ошибка разности средних для каждой пары подгрупп ΔM_D, критерий достоверности разности средних t_{M_D}, коэффициенты взаимной корреляции R_{ij} различных параметров внутри и между подгруппами. Формулы для расчета указанных статистик взяты с учетом поправок на малое число измерений n_l в каждой из подгрупп, разные объемы выборок в подгруппах, наличие на каждом этапе дополнительных параметров и др.

На основании дальнейшего анализа решают следующие вопросы: достоверность разделения на подгруппы; выбор параметров для диагностики. За основу принимается матрица ковариаций $\|K\|$ и руководствуются следующими соображениями: чувствительность к изменению состояния (переход от одной из подгрупп к другой); корреляция с другими (неучитываемыми) параметрами внутри подгруппы; достоверность различия показателя в разных подгруппах; учет косвенных измерений [3] и вычисляемых показателей качества продукции.

Полученные результаты могут привести к дополнительным расчетам, если какое-либо из состояний (подгрупп) оказалось статистически недостоверным; дополнительный статистический анализ целесообразно при этом делать с привлечением других формальных приемов группировки, например, кластер-анализ.

В результате, у нас оказываются сформированными несколько обучающих подгрупп (l') с определенным количеством признаков (n_l') для каждого состояния, – см. рис. 1.

На заключительном этапе анализа для каждой из подгрупп отдельно строиться плотность многомерного $\phi(\overline{Y}_i, \overline{Y}_j)$ распределения вероятности и по соответствующим критериям определяется их близость к типовым (прежде всего нормальным) распределениям. Здесь тоже учитывается объем выборок и коррелированность параметров.

Контрольная выборка формируется менее направленно, носит как правило случайный характер и обрабатывается параллельно: оператором-экспертом и диагностической процедурой на ЭВМ. Полученные результаты сравниваются между собой, ошибки и расхождения анализируются и если они превышают некоторый порог, например, 5%, весь массив контрольной выборки обрабатывается частью программы, рассмотренной для обучающей выборки. Второй вариант – независимая экспертиза для случаев различной оценки состояния каждого варианта ТП. Полученные оценки для каждой из подгрупп должны быть скорректированы на индивидуальное мнение эксперта.

В системах реального мониторинга целесообразно учесть возможный дрейф характеристик объекта в результате управления, его переход из одного состояния в другое, анализ предистории и работа в отклонениях от среднего, а также ряд других индивидуальных приемов обработки.

Адаптивная подстройка новых параметров диагностики A', B' по данным контрольных и текущих измерений повышает точность и живучесть системы компьютерного мониторинга.

Укрупненная блок-схема алгоритма содержит подпрограммы [3,5]: кластер-анализа для выделения типовых состояний диагностируемого объекта; дисперсионного анализа для определения степени влияния возмущающих воздействий; текущих статистик обучающей выборки; анализ, фильтрация и «обнуления» элементов матрицы ковариаций с учетом чувствительности; формирование линейной (или нелинейной) дискриминантной функции в пространстве



*Рис.*2. Блок-схема алгоритма диагностики для мониторинга состояния объекта

измерений для выявления одного из состояний диагностики- и ее 3D представление.

2.3. Корректное использование аппарата линейных дискриминантных функций (ЛДФ) основано на гипотезе многомерного нормального распределения в пространстве измеряемых признаков $< \overline{X}_i, \overline{X}_j >$ и сводится к задаче распознавания образов по одному из статических критериев с учетом ряда априорных сведений и опытных эвристик.

Отклонение от нормального закона взаимного распределения требует специальных процедур коррекции: нелинейных, кусочно-линейных, линейных с адаптацией и других. С целью получения соответствующих оценок проведены имитационные эксперименты на ЭВМ. Варьировались следующие признаки: законы распределения (нормальный, нормально-логарифмический, биномиальный, Пуассона); точность установления центров и моментов распределения, степень корреляции измеряемых параметров. Для примера определялась эффективность ЛДФ при разделении 2, 3, и 4 состояний системы.

Результаты имитационных экспериментов представлены соответствующими графиками и таблицами в работах [2, 3,5]. Имитационная схема содержит информацию также о погрешности ЛДФ при адаптивной подстройке и без нее. Адаптивной коррекции должна подвергаться как матрица A_{ij}, так и вектор-норма B_{ij}, в системе уравнений (1):

$$A_{ij} = \Psi\left(\overline{X}\right); B_{ij} = f\left(\overline{X}\right); \overline{X} = \left(\overline{X}_i, \overline{X}_j\right)^T \quad (2)$$

Это резко увеличивает объем вычислений при реализации процедуры (1), (2) и требует установки специального оконечного вычислителя для разгрузки основной вычислительной системы.

Другой вариант основан на анализе источников погрешностей ЛДФ. В частности, когда установлено отклонение от нормального закона распределения в пространстве измерений, возможно повышение точности за счет кусочно-линейной аппроксимации разделяющей поверхности. Кусочно-линейная аппроксимация (КЛА) осложнена тем, что исходная линейная поверхность неизвестна. Процедура КЛА основана на решении вспомогательной задачи линейного программирования (ЛП) с заранее заданным числом граней гипермногогранника. Решая итеративно последовательность таких задач ЛП получают вариант, дающий удовлетворительную точность.

3. Специальное математическое обеспечение задач визуализации в системе оперативного управления на базе ЭВМ [3, 5].

3.1. На точность принятия решений существенно влияет также способ представления информации. Проблема визуализации рассмотрена в статье со следующих позиций. Во-первых, связь подсистемы визуализации с управляющей и информационной подсистемами. Во-вторых, на подсистему визуализации возлагаются функции отображения задач диагностики в динамике состояний объекта, диагностике технических средств и каналов связи, принятие решений и оперативного управления на основе методов имитационного моделирования и экспертных систем. Визуализация каждой из этих задач имеет свою специфику и особенности. На основании анализа особенностей управления созданы две базовые подсистемы визуализации: для химико-технологических объектов непрерывного типа и для тепловых объектов (на примере АСТ). Специальное программное обеспечение включает блоки: библиотека графических модулей, несколько блоков визуализации и цветовой окраски в режиме непрерывной (цветовые оттенки) и дискретной индикации (3-4 состояния). Проблема программной реализации включает выбор графических пакетов, языка программирования и операционной системы. Для придания системе гибкости и живучести она включает редактор и генератор новых графических кадров.

Особое внимание при визуализации следует уделять цвету, цветодинамике. При помощи соответствующих цветов можно указать направление, предупредить об опасности, сокращая тем самым словесные и письменные разъяснения. Желто-черные цвета говорят об опасности, оранжевые и красные предупреждают, зеленые – призывают к осторожности, бело-черные – указывают. Человек знает значение этих цветов и они действуют на него сильнее, чем слова. Использование цветовых контрастов и цветовых рефлексов ускоряет скорость вос-

приятия, уменьшает утомляемость оператора, долгие часы проводящего за экраном дисплея.

В связи с тем, что информация концентрируется на ПЭВМ оператора, заменяя мнемосхемы, программное обеспечение визуализации должно иметь ряд блоков, обеспечивающих обзорные кадры производства, агрегата, зоны агрегатов и отдельных групп параметров. Многофункциональный характер подсистемы визуализации обусловил достаточно широкий набор программных модулей и блоков: вывод мнемосхем, генератор синтеза мнемосхем; подготовка кадра; использования окон и многооконные интерфейсы; различные другие функциональные программные интерфейсы, которые в прикладных задачах реализованы отдельно.

3.2. В качестве примера реализации основных результатов рассмотрена АСУ атомной станции теплоснабжения. Существующий проект дополнен подсистемой визуализации. В её состав вошли специальные программные модули: подробные мнемосхемы групп и агрегатов; вывод результатов моделирования в «окно» с наложением на основное изображение; вывод рекомендаций экспертной системы и системы диагностики; вывод архивных данных. В программе реализованы следующие функции:

- вывод пробной схемы основных технологических агрегатов (реактор, любой из трех сетевых контуров, любой из трех систем аварийного охлаждения, система аварийной подпитки, система сдувок, барботер и другие);

– два типа цветной раскраски: тремя цветами по принципу «норма- не норма»; оттенками одного цвета с использованием вычисления градации параметров (температура, уровень давления и другие);

– вывод графиков в «окно», положенное на основной кадр;

– аварийная сигнализация выхода ведущего параметра за норму с указанием его точного значения, место в технологической схеме, цветовая сигнализация + звук;

– анимация изображения: поднимание – опускание стержней, изменение уровней; открытие (закрытие) заслонок; включение-выключение насосов.

Отдельным блоком оформлено расширенная библиотека графических модулей, с помощь которых можно генерировать изображение ТП в любых энергетических системах.

Заключение и выводы

Разработана алгоритмическая схема компьютерного исследования объекта и автоматического формирования модели диагностики на основе итеративного многократного использования базовых процедур кластер-анализа, дисперсионного анализа и ряда непараметрических статистик для автоматического выбора неизвестных параметров диагностических моделей с проверкой их точности и достоверности.

Разработана система моделей диагностики состояния технологического процесса с включением линейной, нелинейной, кусочно-линейной модификаций дискриминантных функций, отличающихся учетом динамики косвенного контроля.

Разработан алгоритм адаптивной коррекции параметров (матрицы ковариаций и векторы-нормы) дискриминантных функций на основе информации с объекта и имитационного моделирования.

Модифицировано специальное математическое обеспечение оперативного управления на базе консольной ПЭВМ, включая распределенные базы данных, подсистемы визуализации средствами графики и цветодинамики.

Осуществлена практическая реализация систем диагностики, графической и цветовой динамики, в которых полностью или частично реализованы модели, алгоритмы и программы диагностики, косвенного контроля и самодиагностики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ицкович Э.Л. Методы реальной автоматизации производства. М.: Инфра-Инженерия, 2009. – 256 с.

2. Подвальный С.Л. Информационно-управляющие системы мониторинга сложных объектов. Воронеж: Научная книга, 2010. -164 с.

3. Подвальный Е.С. Моделирование и визуализация задач диагностики в системах оперативного управления автоматизи-

рованными технологическими комплексами. –Автореферат дис. ктн – Воронеж, 1993.

4. Фролов В.Н., Львович Я.Е., Подвальный С.Л. Проблемы оптимального выбора в прикладных задачах. Воронеж: изд. ВГУ, 1980. – 139 с.

5. Подвальный Е.С., Плотников А.В. Особенности моделирования и визуализации задач диагностики в системах оперативного управления автоматизированными комплексами // Вестник ВГТУ, № 11,2011. – С.7-12.

УДК 316:342.001.71

Н. С. Скрипникова

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ КОММУНИКАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАЖДАНСКОЙ СЛУЖБЕ

Статья посвящена рассмотрению вопросов, связанных с государственным управлением, исполнительной властью, принципам осуществления их деятельности в условиях качественной модернизации государственного управления. Автором предлагаются инструменты внедрения в практику принципов строительства нового типа отношений между государственным аппаратом и потребителями государственных услуг.

Ключевые слова: *коммуникация, коммуникативные технологии, коммуникативное взаимодействие, государственная служба, инновации, электронное правительство, государственные услуги, государственное регулирование, административная реформа.*

UDC 316:342.001.71

N. S. Skripnikova

INOVATIVE METHODS OF COMMUNICATION IN THE SYSTEM OF STATE CIVIL SERVICE

The article is devoted to consideration of issues connected with the state government, the executive, the principles of implementation of their activities in terms of quality, the modernization of public management. The author offers tools of implementation in practice of the principles of the construction of a new type of relations between the state apparatus and consumers of public services.

Keywords: *communication, communication technologies, communication, public service, innovation, e-government, public services, state regulation, the administrative reform.*

В современной России проблема демократического структурирования государственно-управленческих отношений занимает центральное место в системе политической власти страны. На современном этапе социального прогресса становится необходимым внедрение в практику принципов строительства нового типа отношений между государственным аппаратом и потребителями государственных услуг. Представляя собой отражение потребностей и интересов общества, государственное управление в настоящее время является профессиональным видом социально-политической деятельности и приобрело самостоятельный статус, выступая в качестве специфической функции социального управления, и благодаря этому воздействует на всю общественно-политическую жизнь, причем особую значимость в данном контексте представляют исполнительные институты государственной власти и их внутреннее содержание. Вопросы, связанные с государственным управлением, исполнительной властью, их количественным и качественным соотношением, а также принципы осуществления их деятельности остаются весьма актуальными. В связи с этим, возрастает необходимость в практической реализации управленческих процессов, повышения мобильности и эффективного решения стратегических задач. Общество как саморазвивающаяся система начинает понимать необходимость качественной модернизации государственного управления, с этого момента стоит говорить о реформировании механизма государственного управления и создании но-