

6
A67

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ГРУЗИНСКОЙ ССР

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГРУЗИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕ-
СКИЙ ИНСТИТУТ им. В.И.ЛЕНИНА

На правах рукописи

Аспирант ТВАЛАБЕЙШВИЛИ Г.А.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ОПЕРАТИВНОЙ
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В БОЛЬШИХ СИСТЕМАХ

/Диссертация на русском языке/

(№ 05.255. Техническая кибернетика)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тбилиси

1972

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ГРУЗИНСКОЙ ССР

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГРУЗИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ИМ. В.И.ЛЕНИНА

На правах рукописи

Аспирант ТВАЛАБЕИШВИЛИ Г.А.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ОПЕРАТИВНОЙ
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В БОЛЬШИХ СИСТЕМАХ

/Диссертация на русском языке/

(№ 05.255. Техническая кибернетика)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск

1972



Работа выполнена в Тбилисском научно-исследовательском институте приборостроения и средств автоматизации - ТНИИСА.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор СТРЕЛЕЦ В.И.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор ЧЕРНЕЦКИЙ В.И.

кандидат технических наук, доцент МОМЦЕЛИДЗЕ Н.Р.

Ведущее предприятие - Институт систем управления АН ГССР.

Автореферат разослан "25" апреля 1972г.

Защита диссертации состоится "29" мая 1972г.

в "14" час. на заседании Совета по присуждению ученых степеней факультета автоматики и вычислительной техники Грузинского Ордена Трудового Красного Знамени политехнического института им.В.И.Ленина по адресу: г.Тбилиси, ул.Ленина, 77, энергокорпус, ауд. № 248.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГПИ им.

В.И.Ленина по адресу: г.Тбилиси, ул.Ленина, 77, административный корпус.

Ученый секретарь Совета по
присуждению ученых степеней
факультета автоматики и вы-
числительной техники ГПИ им.

В.И.Ленина, канд. техн. наук.

доцент -

М.З. Гуртенидзе
М.З.ГУРТЕНИДЗЕ

Технический прогресс вносит коренные изменения в структуру больших систем /БС/, порождая специфические противоречия их дальнейшего развития. Эти противоречия вызываются прежде всего несоответствием между непрерывным совершенствованием БС по структуре и оснащенности новыми техническими средствами, с одной стороны, и сложившимися традиционными и относительно консервативными формами управления - с другой. В связи с этим важное значение приобретает проблема разработки наиболее эффективных методов управления БС, занимающая одно из центральных мест в современной теории управления.

Ряд характерных особенностей БС /большой объем перерабатываемой информации, функционирование в условиях действия большого количества случайных факторов, наличие в системе человека-оператора, выполняющего важные функции решающего звена, невозможность получения четкого математического описания системы и др./ затрудняют применение современных цифровых вычислительных машин /ЦВМ/ для автоматизации управления БС, что приводит к новым задачам, специфическим как по постановке и методам решения, так и по практическому применению теоретических результатов. Среди них одной из главных является сокращение продолжительности решения задачи управления.

Проблема оперативности управления возникает, в основном, из-за быстротечности процессов в современных БС. Для нахождения наилучшего, в некотором смысле, управляющего воздействия требуется время тем большее, чем сложнее управляемый процесс. Но решение, найденное в результате длительных вычислений, часто теряет ценность из-за несвоевременного его получения и, следовательно, приложения к системе. Поэтому при разработке методов оперативного управления приходится считаться с возможностями современных вычислительных средств. С этой точки зрения, любые упрощения задачи оперативного управления БС, не связанные с грубыми допущениями, всегда являются желательными и целесообразными.

Настоящая диссертационная работа посвящена изучению вопросов максимально допустимого упрощения задачи оперативного управления процессами в БС с целью решения её в реальном масштабе времени и разработке методов формализации выбора решения в условиях дефицита информации и при описательных формах задания законов протекания процессов и управления ими.

В результате проведенных автором исследований разработаны логические методы оперативной обработки информации в БС, обладающие

необходимой общностью и позволяющие доводить задачу формализации выбора решений до такой стадии, когда становится возможным от теоретических результатов переходить к их воплощению логических автоматах комбинационного типа или в гибких программах для ЦВМ. Полученные результаты имеют как теоретическую, так и практическую ценность.

Диссертация изложена на 151 странице машинописного текста, содержит 16 рисунков и состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений и списка цитированной литературы из 96 наименований.

Во введении кратко излагаются основные вопросы, рассматриваемые в диссертации и ставится цель работы.

Проанализированы особенности оперативного управления процессами в БС и возможности выбора наиболее подходящих методов обработки информации с целью сокращения продолжительности решения задачи управления.

На основе проведенного анализа сделан вывод о том, что задача оперативного управления процессами в БС может быть сформулирована как задача отыскания логически обоснованного следствия из заданных предпосылок. Это следует из того, что, поскольку о характере развития управляемого процесса в БС можно судить, в основном, по соотношению между благоприятными и неблагоприятными факторами в пространстве векторов состояния, то задачу оперативного управления можно свести к решению задачи логического характера: при каких сочетаниях обстоятельств применение некоторого управляющего воздействия приводит к желаемому исходу процесса или направлению его развития и при каких - оно нежелательно.

Вышеуказанные соображения, а также дискретный во времени характер управления и ограниченная мощность множества вектор-функций управляющих воздействий, указывает на целесообразность рассмотрения пространства B_n векторов состояния процесса в качестве дискретного, состоящего из конечного множества Q областей $q_s \in Q$ / $s = 0, 1, 2, \dots, s^* - 1$ / каждому элементу которого может быть поставлена в соответствие своя оптимальная, в некотором смысле, вектор-функция управляющего воздействия $f^s(t) \in \Omega_f$. Такой подход

позволяет рассматривать задачу оперативного управления в качестве задачи классификации, классами в которой следует полагать элементы множества областей $Q \ni q_s$, а классифицируемыми объектами - текущие значения вектора состояния $Z(t)$. В условиях дефицита информации управление сводится к выбору наиболее вероятной гипотезы о принадлежности $Z(t)$ к одному из классов $q_s \in Q$.

Основными выгодными особенностями такого подхода к решению задач управления можно считать необходимость общности для широкого класса управляемых процессов в БС независимо от способов их описания и критериев оптимальности, влияние которых сказывается только на способах деления пространства векторов состояния на множество Q , а также принципиальную возможность сокращения продолжительности решения задачи управления.

Из возможных математических методов решения задачи классификации, а также для построения информационных моделей управляемых процессов в БС в работе используются логические методы, в наибольшей мере отражающие логический смысл задачи оперативного управления.

БС обычно содержат физически разнообразные объекты. Поэтому в общем случае составляющие вектора состояния $Z(t)$ могут быть как количественными, так и качественными /логическими/. Поэтому наряду с функциональными зависимостями, описываемыми числовыми функциями, между параметрами процесса могут иметь место и логические зависимости. Отсутствие единого математического подхода, охватывающего одновременно как количественные, так и логические категории, вызывает необходимость построения таких информационных моделей процессов в БС, которые будут либо чисто количественными, либо чисто качественными. Показывается, что специфику задачи оперативного управления в наибольшей мере удовлетворяют логические информационные модели, которые сравнительно легко могут быть получены отображением исходного пространства векторов состояния процесса в пространство булевых векторов. Следует отметить, что основным недостатком чисто логических информационных моделей управляемых процессов является то, что они, образно говоря, обладают "черно-белой" логикой, т.е. отражают только формальную сторону перерабатываемой информации. Поэтому весьма актуальной является задача построения таких информационных моделей процессов в БС, которые обладали бы

"серой" логикой, т.е. позволяли бы рассматривать параметры процесса не только с точки зрения их истинности или ложности, но и с учетом смысловой ценности сведений, носимых этими параметрами. При этом смысловая ценность информации, которую несет данный параметр, может быть определена как функция влияния этого параметра на протекание процесса и выражена соответствующим числовым показателем. Если рассматривать эти показатели в качестве весовых коэффициентов двоичных параметров процесса, то, тем самым открывается возможность использования для формализации процессов оперативного управления в больших системах аппарата весовой пороговой и мажоритарной логики, который позволяет на основании смысловой ценности информации и значений составляющих вектора состояния процесса формализовать логически обоснованный вывод о выборе наиболее вероятной гипотезы $Z(t) \in q_s / s = 0, 1, 2, \dots, S^* - 1$.

С другой стороны, логические методы обеспечивают сохранение единства подхода для широкого круга задач оперативного управления процессами в ЕС и дают возможность переложения некоторой части общей задачи управления на логические схемы комбинационного типа, выдающие решение практически мгновенно, что может в некоторой степени облегчить решение задачи оперативного управления в реальном масштабе времени.

Рассматриваются логические методы, используемые для формализации оперативного управления процессами в ЕС.

Изложению основного материала предшествует введение терминологии, используемой в дальнейшем, и некоторые определения, отвечающие особым требованиям задачи оперативного управления. В основном применяется символика, принятая в работе Ю.Я.Базилевского */.

Логическим словом длины $\ell X_N = n$ называется n -местная переменная

$$X_N = \bigwedge_{j=0}^{n-1} x_{jN} \quad /1/$$

$$N = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1,$$

*/Базилевский Ю.Я. Вопросы теории временных логических функций. Сб. "Вопросы теории математических машин", I, ФМ, М., 1958.

где Γ - знак упорядоченной последовательности переменных x_{jN} ; Двоичные переменные x_{jN} называются буквами слова /1/. Они выражают значения истинности некоторого временного предиката для N -ых моментов времени или n предикатов, не зависящих от времени.

Введены основные логические операции над логическими словами

$$(Z^{\circ} = X \circ Y) = \{ \forall (0 \leq j \leq n-1): z_j^{\circ} = x_j \circ y_j \}, \quad /2/$$

где $\circ$ - одна из операций $\vee$, $\wedge$ или $\oplus$, а $\forall (0 \leq j \leq n-1)$: - квантор определения, читаемый "для всех j , удовлетворяющих условию $0 \leq j \leq n-1$ ".

Логические слова /1/, буквам которых поставлены в соответствии некоторые целые положительные числа $r_j / r_j \geq 1$ /, такие, что $\sum r_j > n$ названы весовыми логическими словами.

Логическими матрицами называются матрицы, столбцами и строками которых являются логические слова. Определены основные логические операции над логическими матрицами.

Логическим полиномом называется логический многочлен, содержащий в качестве слагаемых /сомножителей/ некоторое множество логических произведений /сумм/, образующих истинные значения полинома на соответствующих наборах переменных.

В дальнейшем используются полиномы в совершенной дизъюнктивной нормальной форме:

$$R^{\vee}(B, X) = \bigvee_{N=0}^{2^n-1} [b_N \wedge \bigwedge_{j=0}^{n-1} (a_j x_j \vee \bar{a}_j \bar{x}_j)], \quad /3/$$

где b_N N -я буква образующего слова полинома /3/:

$$B = \bigwedge_{N=0}^{2^n-1} b_N. \quad /4/$$

Логический полином /3/, заданный образующим словом

$$B = \{ \forall (0 \leq j \leq n-1): \forall (0 \leq N \leq 2^n-1): b_N = \text{sign} \left[\sum_{j=0}^{n-1} r_j x_j - T \right] \},$$

где $T / T \geq 0$ - некоторое заданное число /порог/, называется весовым пороговым полиномом.

Множество Ω_R полиномов /3/, заданных образующими словами

$$B_{\xi} = \{B(0 \leq j \leq n-1): B(0 \leq N \leq 2^n-1): b_{\xi}^N = \text{sign} \left[\sum_{j=0}^{n-1} r_j x_j - T_{\xi} \right] \},$$

где $T_0 < T_1 < \dots < T_{\xi} < \dots < T_{\xi^*}$, названо иерархическим множеством весовых пороговых полиномов.

Числа $\xi / \xi^* = 0, 1, 2, \dots, \xi^*-1$ названы рангами соответствующих полиномов $R^v(B_{\xi}, X)$.

Из определения множества Ω_R следует, что оно в качестве элементов содержит полиномы $R^v(B_{\xi}, X)$ с попарно различными рангами, образующие слова которых упорядочены:

$$B_0 \supset B_1 \supset \dots \supset B_{\xi} \supset \dots \supset B_{\xi^*-1}.$$

Разработан логический метод оценки значений количественных величин, который после простой модификации /это будет оговорено ниже/ может быть использован в качестве математической схемы логического вывода из заданных количественных предпосылок.

Пусть в целочисленные моменты времени $t = k \cdot \Delta t$ / $k = 0, 1, 2, \dots$ / наблюдаются значения некоторых числовых величин:

$$\{a_0(t), a_1(t), \dots, a_{m-1}(t)\}, \quad /5/$$

где $a_i(t) / a_i(t) \geq 0$, $i = 0, 1, 2, \dots, m-1$ / могут принимать значения в заданных отрезках $[a_i', a_i'']$.

Ставится задача синтеза логического автомата, формализующего в каждый наблюдаемый момент времени $\min\{a_i(t)\}$ или $\max\{a_i(t)\}$.

Зададимся отрезком $[\min\{a_i'\}, \max\{a_i''\} + c]$ и упорядоченной последовательностью вещественных чисел $T_0 < T_1 < \dots < T_{\xi} < \dots < T_{\xi^*}$, где $c > 0$, а числа T_{ξ} / $\xi = 0, 1, 2, \dots, \xi^*$ / получаются в результате разбиения указанного отрезка на ξ^* части и определяются соотношениями:

$$T_{\xi} = \frac{\xi^* - \xi}{\xi^*} \min\{a_i'\} + \frac{\xi}{\xi^*} [\max\{a_i''\} + c]$$

$$\xi = 0, 1, 2, \dots, \xi^*.$$

Рассмотрим далее систему предикатов

$$b_{\xi, i}(t) = \text{sign}[a_i(t) - T_{\xi}] \quad /6/$$

и примем $b_{\xi, i}(t)$ в качестве элементов логической матрицы:

$$\left\| \begin{matrix} b_{0,0}(t), \dots, b_{0,i}(t), \dots, b_{0,m-1}(t) \\ b_{\xi,0}(t), \dots, b_{\xi,i}(t), \dots, b_{\xi,m-1}(t) \\ b_{\xi^*,0}(t), \dots, b_{\xi^*,i}(t), \dots, b_{\xi^*,m-1}(t) \end{matrix} \right\| \quad /7/$$

Из определения предикатов /6/ вытекают следующие свойства матрицы /7/:

1⁰. Каждый вектор-столбец матрицы /7/ представляет собой логическое слово

$$b_i(t) = \bigwedge_{\xi=0}^{\xi^*} b_{\xi, i}(t) \quad /8/$$

длины $l b_i(t) = \xi^* + 1$, $i = 0, 1, 2, \dots, m-1$, такое, что, если при $\xi = \xi'$ буква $b_{\xi', i}(t) = 0$, то при $\xi > \xi'$ все $b_{\xi, i}(t) = 0$.

2⁰. Каждая вектор-строка матрицы /7/ представляет собой логическое слово

$$b_{\xi}(t) = \bigwedge_{i=0}^{m-1} b_{\xi, i}(t) \quad /9/$$

длины $l b_{\xi}(t) = m$, $\xi = 0, 1, 2, \dots, \xi^*$, такое, что, если при $\xi = \xi''$ оно содержит только одну нулевую букву, то при $\xi < \xi''$ является максимальным предельным словом, а при $\xi > \xi''$ может содержать две или более нулевые буквы. При этом $\xi'' = 0$ тогда и только тогда, когда $a_i(t) = \min\{a_i'\}$.

3⁰. Логическое слово $b_{\xi^*}(t)$ является минимальным предельным словом.

4⁰. Имеет место соотношение

$$b_{\xi_1}(t) \subseteq b_{\xi_2}(t), \quad \xi_1 > \xi_2.$$

Соответствующим подбором числа ξ^* матрица /7/ всегда обладает свойствами 2⁰ и 3⁰.

В качестве входного алфавита автомата, формализующего выбор $\min\{a_i(t)\} / \max\{a_i(t)\}$ /, рассматривается множество логических слов /9/, а выходного - множество $Q = \{q_0, \dots, q_{m-1}\}$ индексов вели-

чин $a_i(t)$.

Реакция автомата, формализующего выбор $\min\{a_i(t)\}$, на любое входное слово /9/ определяется соотношением:

$$q_i(t) = b_{\xi,0}(t) \wedge \dots \wedge b_{\xi,i}(t) \wedge \dots \wedge b_{\xi,m-1}(t) \quad /10/$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, m-1, \quad \xi = 0, 1, 2, \dots, \xi^*,$$

а формализация $\max\{a_i(t)\}$ может осуществляться автоматом, выходные функции которого определяются соотношениями:

$$q_i(t) = \bar{b}_{\xi,0}(t) \wedge \dots \wedge \bar{b}_{\xi,i}(t) \wedge \dots \wedge \bar{b}_{\xi,m-1}(t) \quad /11/$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, m-1, \quad \xi = 0, 1, 2, \dots, \xi^*.$$

Из /10/ (/11/) следует, что подачу слов /9/ на вход автомата, формализующего выбор $\min\{a_i(t)\}$ / $\max\{a_i(t)\}$ / целесообразно начинать со слова, соответствующему минимальному /максимальному/ значению ξ , т.е. $\xi = 0$ / $\xi = \xi^*$ /.

Предложен еще один метод формализации выбора величин $\min\{a_i(t)\}$ и $\max\{a_i(t)\}$. С этой целью введены логические оценочные операторы $F_{\min}^v(b_{\xi}, Q, t)$ и $F_{\max}^v(b_{\xi}, Q, t)$, которые определены следующими соотношениями:

$$F_{\min}^v(b_{\xi}, Q, t) = \bigvee_{i=0}^{m-1} b_{\xi,i}(t) \cdot q_i \quad /12/$$

$$F_{\max}^v(b_{\xi}, Q, t) = \bigvee_{i=0}^{m-1} \bar{b}_{\xi,i}(t) \cdot q_i \quad /13/$$

Различным ξ соответствуют различные ранги операторов /12/ и /13/. При этом ранг оператора $F_{\min}^v(b_{\xi_1}, Q, t)$ / $F_{\max}^v(b_{\xi_1}, Q, t)$ / считается больше ранга оператора $F_{\min}^v(b_{\xi_2}, Q, t)$ / $F_{\max}^v(b_{\xi_2}, Q, t)$ /, если $\xi_1 > \xi_2$.

Тогда, как следует из определения логической матрицы /7/, минимальной /максимальной/ среди величин $a_i(t)$ будет та, для которой оператор /12/ (/13/) наименьшего /наибольшего/ ранга принимает значение 1.

Рассматривается вопрос о представлении количественных параметров процесса словами двоичного логического алфавита. При этом предполагается, что области изменения количественных параметров

процесса в зависимости от требуемой для данной конкретной задачи детализации информации по координатам разделены на конечное число интервалов, в каждом из которых значение соответствующего параметра считается постоянным.

Если первые m координаты вектора $Z(t)$ являются логическими, а остальные $(n-m)$ — числовыми, то размерность n' пространства векторов состояния после представления количественных параметров процесса словами двоичного логического алфавита определяется выражением

$$n' = m + \sum_{\ell=m}^{n-1} K_{\ell}^*,$$

где K_{ℓ}^* — число разбиения интервала изменения параметра z_{ℓ} .

Показывается, что при этом количество элементов множества возможных состояний процесса равно

$$M = 2^m \prod_{\ell=m}^{n-1} K_{\ell}^*.$$

Построен логический оператор, предназначенный для определения управляющего воздействия в условиях дефицита информации. Предлагается известным разбиение пространства векторов состояния на множество Q областей $q_s \in Q$. При этом каждой из этих областей поставлена в соответствие своя вектор-функция управляющего воздействия $f^s(t) \in \Omega_f$, обеспечивающая протекание процесса по заданному критерию оптимальности. Показывается, что в указанных условиях задача формализации принадлежности текущего значения вектора $Z(t)$ к той или другой области может быть решена сравнительно легко применением логических методов. Для этого следует, однако, предварительно преобразовать пространство B_n векторов состояния процесса в двоичное пространство $B_n^{(2)}$.

Для указанного отображения используется логическая временная матрица

$$\left\| \begin{array}{cccc} x_{0,0}(t), \dots, x_{0,j}(t), \dots, x_{0,n-1}(t) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{s,0}(t), \dots, x_{s,j}(t), \dots, x_{s,n-1}(t) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{s^*-1,0}(t), \dots, x_{s^*-1,j}(t), \dots, x_{s^*-1,n-1}(t) \end{array} \right\| \quad /14/$$

элементы которой определяются в соответствии с соотношениями

$$x_{s,j}(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } Z(t) \in q_s \\ 0, & \text{при } Z(t) \notin q_s \end{cases}$$

Если рассмотреть элементы вектор-строк матрицы /14/ в качестве букв временного логического слова

$$X_s(t) = \bigvee_{j=0}^{n-1} x_{s,j}(t), \quad /15/$$

то при полной информации о процессе признаком принадлежности текущего значения вектора состояния к данной области q_s является условие, что все буквы логического слова /15/ принимают истинные значения, т.е. что $X_s(t)$ является максимальным предельным словом. Это условие может быть записано в виде силлогизма

$$(X_s(t) = E_1) \rightarrow (Z(t) \in q_s),$$

где E_1 - максимальное предельное слово.

Таким образом, логическая матрица /14/ каждой области $q_s \in Q$ пространства B_n ставит в соответствие некоторую вершину единичного гиперкуба в пространстве $B_n^{(2)}$. При этом размерности пространств B_n и $B_n^{(2)}$ совпадают, т.е. $n = n'$.

Пусть теперь /15/ являются весовыми логическими словами с различными весовыми нормами $\sum_j r_{js}$. Тогда при дефиците информации наиболее вероятной гипотезой о том, что $Z(t) \in q_s$ будет та, для которой взвешенная сумма $\sum_j r_{js} x_{s,j}(t)$ принимает максимальное значение. Для нахождения максимальной среди этих сумм применяется рассмотренный выше логический метод оценки значений количественных величин.

По аналогии с /13/ определен оператор

$$F^v[R_{\xi,s}^v(t), Q, t] = \bigvee_{s=0}^{s^*-1} R_{\xi,s}^v(t) \cdot f^s(t) \quad /16/$$

который назван логическим управляющим оператором.

Образующие слова полиномов $R_{\xi,s}^v(t) = R^v(B_{\xi,s}(t), X_s(t))$ в /16/ определены согласно соотношений

$$B_{\xi,s}(t) = \{ \mathcal{B}(0 \leq n \leq 2^n - 1) : \mathcal{B}(0 \leq s \leq s^* - 1) : \mathcal{B}(0 \leq j \leq n - 1) : \mathcal{B}(0 \leq \xi \leq \xi^*) : b_{\xi,s}^v(t) = \text{sign} \left[\sum_{j=0}^{n-1} r_{js} x_{s,j}(t) - T_{\xi} \right] \}.$$

Оператор /16/, как следует из его определения, значениям истинности весовых пороговых полиномов $R_{\xi,s}^v(t)$ ставит в соответствие необходимость применения определенного управляющего воздействия $f^s(t) \in \Omega_f$, обеспечивающего при заданных условиях максимальное значение вероятности получения требуемого исхода процесса или направления его развития.

Ранг логического оператора /16/ определяется значением ранга соответствующего полинома $R_{\xi,s}^v(t)$ из иерархического множества весовых пороговых полиномов. Следовательно, при дефиците информации наиболее вероятной гипотезой о том, что $Z(t) \in q_s$, будет та, для которой логический управляющий оператор наивысшего ранга принимает значение q_s */.

Рассматривается вопрос отбора существенных параметров процесса из множества возможных и получения описаний классов в форме, удобной для дальнейшего использования логических методов формализации выбора решения.

Формализованные описания классов представляются в виде эталонных логических слов

$$X_{s\beta} = \bigvee_{j=0}^{n-1} x_{js\beta} \quad /17/$$

$$s = 0, 1, 2, \dots, s^* - 1,$$

буквы которых определены соотношениями

*/ Логические полиномы $R_{\xi,s}^v(t)$, составляющие основу логических управляющих операторов, не зависят от областей q_s . Поэтому в /16/ признаки областей вводятся в виде логических произведений, значения которых, как двоичных чисел, отображают значения области q_s /например, её порядковый номер в Q

$$x_{js} = \begin{cases} 0, & \text{при } p_{js} \leq 0,5, \\ 1, & \text{при } p_{js} > 0,5, \end{cases}$$

где $p_{js} = P(x_j=1/q_s)$.

Поскольку разные единичные буквы x_{js} эталонных логических слов X_{js} не одинаково важны для характеристики элементов соответствующего класса, то их следует дифференцировать по рангам. С этой целью с буквами эталонных логических слов сопоставляются числовые показатели r_{js} , придающие этим буквам определенный смысловой вес, т.е. по весовым коэффициентам можно судить о важности соответствующих букв для выбора той или другой гипотезы $X_{js} \in q_s$.

Весовые коэффициенты r_{js} определены следующими соотношениями^{*/}:

$$r_{js} = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 \leq p_{js} \leq 0,5 \\ K, & \text{если } \frac{K^*+K-1}{2K^*} < p_{js} \leq \frac{K^*+K}{2K^*} \end{cases} \quad /18/$$

$K = 0, 1, 2, \dots, K^*-1,$

где K^* - число равных частей, на которые разбит отрезок $[\frac{1}{2}, 1]$;

Зная вероятности p_{js} , каждой букве эталонного логического слова можно поставить в соответствие определенный весовой коэффициент r_{js} по /18/ ^{жж/}.

Рассматривается отдельно такая трудность, как определение несущественных параметров процесса. Как следует из рассмотренной методики формирования эталонных весовых логических слов, несущественные параметры процесса могут быть определены следующим образом: если для всех q_s весовые коэффициенты r_{js} параметра $x_{js}(t)$ принимают одинаковые значения, то данный параметр не носит никакой информации с точки зрения различения классов, и его

^{*/} Возможны и другие подходы к определению весовых коэффициентов /например, они могут быть определены как некоторые функции коэффициентов уравнений, описывающих протекание процесса, или эвристическим путем/.

^{жж/} В качестве весовых коэффициентов могут быть использованы непосредственно условные вероятности. Вид числового множества значений, принимаемых весовыми коэффициентами, а также вид /18/ выбран в соответствии с соображениями, касающимися выбора логических решающих правил.

можно исключить из рассмотрения.

Возможностей введения метризации в пространство $B_n^{(2)}$ много, и при каждой метризации оно имеет свое строение. При выборе метрики следует учесть следующие два требования:

а/метрика должна быть введена таким образом, чтобы она учитывала значения информативности координат;

б/техническое выполнение измерения расстояния в введенной метрике должно быть достаточно экономичным.

Исходя из указанных соображений, построено метрическое пространство $B_n^{(2)}$ всех 2^n весовых логических слов в котором расстояние между любыми двумя точками определяется выражением:

$$\rho[X_k, X_l] = \sum_{j=0}^{n-1} r_j (x_{jk} \oplus x_{jl}). \quad /19/$$

Расстояние /19/ удовлетворяет всем трем аксиомам метрического пространства. Поэтому двоичное пространство с метрикой /19/ является метрическим пространством.

Точки пространства $B_n^{(2)}$ может рассматриваться в качестве вершин n -мерного параллелепипеда, длина j -го ребра которого равна весовому коэффициенту буквы x_j весового логического слова X_N . Тогда расстояние /19/ означает следующее: если с вершиной M n -мерного параллелепипеда сопоставлено логическое слово X_k , а с вершиной N - весовое логическое слово X_l , то расстояние между точками M и N равно сумме длин минимального количества тех ребер параллелепипеда, по которым надо пройти, чтобы попасть из точки M в точку N .

Далее рассматривается вопрос об отображении исходного пространства векторов состояния процесса $B_n^{(2)}$ с метрикой Хемминга на "весовые" пространства $B_{ns}^{(2)}$ с расстояниями

$$\rho[X_{ss}, X_{ns}(t)] = \sum_{j=0}^{n-1} r_{js} (x_{js} \oplus x_{jn}(t)) \quad /20/$$

$$s = 0, 1, 2, \dots, s^*-1, \quad n = 0, 1, 2, \dots, 2^n-1,$$

которые согласно /18/ определены в вероятностном смысле. В результате такого отображения с каждым эталонным классом q_s в соответствующем пространстве $B_{ns}^{(2)}$ сопоставляется одна из вершин

n -мерного параллелепипеда.

Из определения весовых коэффициентов букв эталонных логических слов, а также из /20/ следует, что точки, принадлежащие данному классу $q_s \in Q$ в соответствующем пространстве $B_{ns}^{(2)}$ группируются достаточно близко относительно эталонной точки X_{s3} по сравнению со всеми остальными точками, не принадлежащими к данному классу.

Как следует из рассмотренной схемы отображения $B_n^{(2)} \rightarrow B_{ns}^{(2)}$ задачу выбора гипотезы $X_n(t) \in q_s$ можно ставить только в плане дихотомического разделения классов в соответствующих пространствах $B_{ns}^{(2)}$ / $s = 0, 1, 2, \dots, s^* - 1$ /. В случае, когда число классов больше двух, выбор гипотезы $X_n(t) \in q_s$ производится не в результате одной операции дихотомии, а только после серии таких дихотомий, каждая из которых дает ответ "да" или "нет". Для формализации принятия решения в этих условиях используется иерархическое множество весовых пороговых полиномов, на основе которого строится логический классифицирующий оператор.

Рассматривается многошаговая структура классификации, осуществляемая путем последовательного выделения существенных признаков классов из классифицируемого слова $X_n(t)$ в зависимости от их весовых коэффициентов и оценкой на каждом этапе частных сумм

$$p_s(r) = \sum_{j=0}^{n-1} [(x_{js3}(r) \wedge x_{jn}(t)) \oplus x_{js3}(r)] \quad /21/$$

$$r = 0, 1, \dots, k^* - 1.$$

Если эталонные слова получены на основании представительной обучающей выборки, то мы вправе ожидать, что при $X_n(t) \in q_s$ величина /21/ для наивысшего значения ранга r / $r = k^* - 1$ / будет принимать минимальное значение. При этом с увеличением r величина /21/ может увеличиваться. Поэтому процедуру классификации следует начинать с вычисления $p_s(k^* - 1)$ пользуясь в качестве признака классификации совпадением слов $X_{s3}(r)$ и $X_{s3}(r) \cap X_n(t)$ наивысших рангов.

Такой подход особенно целесообразен для задач очень высокой размерности при остром дефиците времени классификации. Дело в том, что исключение малоинформативных признаков часто уменьшает объем вычислительных работ без ухудшения точности классификации.

Далее описывается процедура экспериментального исследования разработанных методов оперативной обработки информации с целью оценки их эффективности /эксперименты проводились на ЦВМ БЭСМ-4/. Оценка эффективности производилась по двум критериям: критерием объема вычислительных работ и критерием точности. Была рассмотрена

задача прогнозирования определенного класса стационарных, в широком смысле, случайных последовательностей. Получены зависимости объема вычислительных работ от размерности задачи, а также зависимости точности прогнозирования от времени упреждения для различных методов. Проведен сравнительный анализ, показывающий, что применение исследуемых логических методов обработки информации дают возможность резкого сокращения объема вычислительных работ без значительного ухудшения той точности, которая достигается соответствующими количественными методами. Показано также, что эффективность применения разработанных методов растет с ростом размерности задачи.

Рассмотрены вопросы реализации алгоритмов централизованного контроля сложными объектами в реальном масштабе времени с помощью вычислительных систем, включающих в себя несколько тождественных устройств обработки информации /процессоров/. Получены количественные соотношения для оценки коэффициентов загрузки процессоров и дается формула для выбора вычислительных средств с требуемыми характеристиками. Эти соотношения позволяют определить рациональную структуру многопроцессорных систем в зависимости от объема перерабатываемой информации. Разработана также методика создания системы оперативного приема информации от движущих объектов и ее обработки. Результаты исследований в этом направлении были использованы при проектировании конкретной многопроцессорной системы оперативной обработки информации.

На основе разработанных методов синтезированы устройство статистического анализа управляемых процессов и логические решающие устройства, которые по своей сложности не превосходят существующие устройства подобного назначения. Отличительными особенностями этих устройств является гибкость обработки информации и возможность формализации выбора решения по различным количественным оценкам.

В ы в о д ы

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

I. Сформулированы требования к методам оперативной обработки информации в БС и обоснована целесообразность использования для разработки этих методов аппарата математической логики.

2. Разработан логический метод оценки значений количественных величин, представляющий собой математическую схему логического вывода из заданных количественных предпосылок. Он позволяет доводить задачу формализации выбора решения до такой стадии, когда становится возможным от теоретических результатов переходить к их воплощению в логических автоматах комбинационного типа или гибких программах для ЦВМ.

3. Разработан метод преобразования исходного пространства векторов состояния процесса на двоичное пространство. Оценивается размерность нового пространства и число возможных состояний процесса с учетом тех ограничений, которые вытекают из специфики метода.

4. Построены логические операторы, позволяющие при дефиците информации формализовать выбор наилучшего, в заданном смысле, решения из множества возможных.

5. Разработана методика получения формализованного описания классов в форме, удобной для использования логических методов выбора решения.

6. Построено двоичное метрическое пространство, в котором расстояние введено таким образом, что оно учитывает значения информативности координат вектора состояния, а техническое выполнение измерения введенного расстояния является экономичным. Построены логические решающие правила.

7. Разработан метод многошаговой классификации, позволяющий упростить процедуру выбора решения для задач высокой размерности.

8. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, показывающие, что разработанные методы легко реализуемы на ЦВМ и позволяют значительно уменьшить объем вычислительных работ.

9. Разработана методика оценки реализуемости алгоритмов первичной обработки информации с помощью многопроцессорных систем, позволяющая определить рациональную структуру системы оперативной обработки информации с учетом размерности объекта.

10. Синтезированы схемы логических устройств, реализующие разработанные методы.

Результаты диссертации докладывались на У Всесоюзном совещании по созданию и внедрению систем управления с применением вычислительной техники /Тбилиси, 1967г./, на II Всесоюзной конференции по оперативному управлению производственными процессами /Ленинград, 1968г./, на II конференции молодых научных работников и аспирантов

ТНИИСА /Тбилиси, 1968г./ и на IU республиканской конференции молодых исследователей по системотехнике /Киев, 1969г./.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Стрелец В.И., Твалабейшвили Г.А. Об одном методе автоматизации оперативного управления большими системами. "Тезисы докладов к У Всесоюзному совещанию по созданию и внедрению систем управления с применением вычислительной техники", М., 1967.

2. Твалабейшвили Г.А. Об одном алгоритме классификации абстрактных образов. Сообщения АН ГССР, т.50, № 2, 1968.

3. Твалабейшвили Г.А. Об одном методе преобразования информации в больших системах. Сообщения АН ГССР, т.52, № 3, 1968.

4. Твалабейшвили Г.А. Возможности отображения разбиения пространства векторов состояния процесса на пространство булевых векторов. Труды II конференции молодых научных работников и аспирантов ТНИИСА "Вопросы разработки и внедрения средств вычислительной техники", Тбилиси, 1969.

5. Твалабейшвили Г.А. Об одном методе идентификации управляемых объектов в больших системах. Сб. "Материалы IU республиканской конференции молодых исследователей по системотехнике", Киев, 1969.

6. Твалабейшвили Г.А. Решение задачи оперативного управления для одного класса процессов. Труды ТНИИСА, т.9 "Управляющие специализированные вычислительные машины и вспомогательная аппаратура". Изд-во "Энергия", М., 1969.

7. Твалабейшвили Г.А., Готуа Д.А. Применение теории классификации для предсказания одного класса стационарных случайных процессов. Сб. "Вопросы разработки и внедрения средств вычислительной техники". Тбилиси, 1970.

გ. ლავროვი

რეპ სისტემებში ინჟინერების მუშაობის გადამუშავების
გეგმითი მუშაობის დამუშავება და გამოკვლევა

(რუსულ ენაზე)

ვ. ი. ლენინის სახელობის საქარბუღალტრო პოლიტექნიკური
ინსტიტუტი

თბილისი
1972

Псч. листов I, 0

УЗ-05322

Отдел технической документации ТН ИИ СА

Зак. 302 , Тир. 250, 31 / III - 1972 г., г. Тбилиси, Камо, 37