

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
O'ZBEKISTON ALOQA VA AXBOROTLASHTIRISH AGENTLIGI
УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ

ИНФОРМАТИКА
VA ENERGETIKA
MUAMMOLARI

3·2005

ПРОБЛЕМЫ
ИНФОРМАТИКИ
И ЭНЕРГЕТИКИ

*Журнал под таким названием издается с января 1992 г.
по 6 номеров в год*

ТАШКЕНТ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
2005

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В.К.КАБУЛОВ (*главный редактор*)
Т.П.САЛИХОВ (*зам. главного редактора*)
Ш.Х.ФАЗЫЛОВ (*зам. главного редактора*)
С.С. КАСЫМОВ (*зам. главного редактора*)
Ш.А.НАЗИРОВ (*ответственный секретарь*)
Б.М. АЗИМОВ (*ответственный секретарь*)
Т.С.КАМАЛОВ (*ответственный секретарь*)
Ж.А.АБДУЛЛАЕВ
Б.Б. АБДУСАТТАРОВ
К.Р. АЛЛАЕВ
М.М. АРИФОВ
К.Ш.БАБАМУРАДОВ
Т.Ф.БЕКМУРАТОВ
Р.А. ЗАХИДОВ
М.М. КАМИЛОВ
Н.А. МУМИНОВ
О.М.НАБИЕВ
Т.Х.НАСЫРОВ
З.С. ТАЛИПЖАНОВ
М.Г. ТОЛМАЧЕВ
А. Дж. ХОДЖАЕВ
Н.Р.ЮСУПБЕКОВ

Адрес редакции:
700047, Ташкент, ГСП, ул.акад. Я.Гулямова, 70
Телефоны:
162-57-35, 133-41-88

ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 66.021:665.335.9:

Н.Р. ЮСУПБЕКОВ, Ш.М. ГУЛЯМОВ, Б.Т. САПАРОВ, П.М. МАТЯКУБОВА

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ БИЛИНЕЙНОГО АДАПТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА

Н.Р. Юсупбеков, Ш.М. Јуломов, Б.Т. Сапаров, П.М. Матёубова

Чизишли адаптив ростлагични бошъаришни оптимал жонунлари синтези

Тизимларни стабиллигини таминловчи ва чишишда берилган чегаравий кетма-кетликни кузатиш тизимлари умумлашган бошъариш жонунлари ёрдамида синтез жилинган, шунингдек, бошъаришдаги таъсирлар умумлашган функционал оптималликни камайтириш йфли билан хусусий ³оллар учун чегараланган.

N.R.Yusupbekov, Sh.M.Gulyamov., B.T.Saparov., P.M. Matyakubova

Synthesis of optimum laws of management of the bilinear adaptive regulator

The generalized law of management system, ensuring stabilization, and system tracing by an output of the limited given sequence is synthesized, and also is limited of managing influence by minimization generalized функционала of an optimality and one of its special cases.

Рассмотрим стохастический динамический объект [1], описываемый билинейным разностным уравнением в векторной форме:

$$A(z^{-1})\bar{y}_t = \{B(z^{-1}) + \sum_{i=0}^n [c^i(z^{-1})\bar{y}_{t-k}]z^{-i}\}\bar{u}_{t-k} + \Lambda(z^{-1})\bar{\xi}_t + \bar{d}, \quad (1)$$

где t - дискретное время;

\bar{y}_t - m -мерный выходной сигнал (измерение);

\bar{u}_t - m -мерный вектор управления;

\bar{d} - m -мерный вектор параметров, характеризующих установившиеся значения выходных сигналов при нулевом значении входов;

k - постоянное целое число, характеризующее временное запаздывание и равное или больше 1 ($k \geq 1$);

$\bar{\xi}_t$ - m -мерный вектор независимых случайных возмущений с нулевыми средними значениями и ковариацией $E\{\bar{\xi}_t * \bar{\xi}_t^T\} = r$;

E - оператор усреднения;

z^{-1} - оператор обратного сдвига, обладающий свойствами:

$$\begin{aligned}
z^{-j} \varphi_t &= \varphi_{t-j}; \\
z^{-j} [\varphi_t * \phi_t] &= \varphi_{t-j} * \phi_t; \\
[z^{-1} \varphi_t] \phi_t &= \varphi_{t-1} * \phi_t, j=1,2,\dots
\end{aligned}$$

Полиномиальные матрицы A , B , c^{-1} и Λ размерностью $(m*m)$ определяются выражениями:

$$\begin{aligned}
A(z^{-1}) &= I_m + \sum_{i=1}^n A_i z^{-i}, \\
B(z^{-1}) &= \sum_{j=0}^n B_j z^{-j}, \\
c^i(z^{-1}) &= \sum_{s=0}^n c_s^j z^{-s}, j = \overline{1, n}, \\
\Lambda(z^{-1}) &= I_m + \sum_{l=1}^n \Lambda_l z^{-l},
\end{aligned}$$

где I_m -единичная $(m*m)$ матрица;

B_0 -невырожденная матрица;

n – порядок системы.

Относительно системы (1) сделаем следующие допущения:

- 1) запаздывание k известно;
- 2) число выходов объекта равно числу входов;
- 3) собственные значения матрицы $\Lambda(d)$ лежат снаружи единичной окружности.

В условиях неполноты априорной информации качество функционирования замкнутой системы управления оценивается функционалом

$$J = E \{ \| P(\tilde{z}^{-1}) \bar{y}_{t-k} - P(\tilde{z}^{-1}) \bar{w}_t \|^2 + \| Q(\tilde{z}^{-1}) \bar{u}_t \|^2 \}, \quad (2)$$

где \bar{w}_t - m -мерный вектор запаздывающего сигнала;

$\| \bar{x} \|^2 = \bar{x} * \bar{x}^T$ -евклидова норма вектора;

$$\begin{aligned}
P(\tilde{z}^{-1}) &= I_m + \sum_{i=1}^n P_i z^{-i}, \\
R(\tilde{z}^{-1}) &= \sum_{j=0}^n R_j z^{-j}, \\
Q(\tilde{z}^{-1}) &= \sum_{s=0}^n Q_s z^{-s},
\end{aligned} \quad (3)$$

$P(z^{-1})$, $R(z^{-1})$ и $Q(z^{-1})$ - полиномиальные матрицы размерности $(m*m)$ весовых коэффициентов.

Для синтеза законов адаптивного регулятора предположим, что динамика объекта описывается билинейным матричным разностным уравнением (1)

$$A(z^{-1}) \bar{y}_t = \{ B(z^{-1}) + \sum_{i=0}^n [c^i(z^{-1}) \bar{y}_{t-k}] z^{-i} \} \bar{u}_{t-k} + \Lambda(z^{-1}) \bar{\xi}_t + \bar{d}.$$

Качество функционирования многоканального адаптивного регулятора выразим в виде функционала (2)

$$I = E\{\|P(z^{-1})\bar{y}_{t-k} - P(z^{-1})\bar{w}_t\|^2 + \|Q(z^{-1})\bar{u}_t\|^2\}.$$

Наиболее распространенными частными случаями критерия (2) являются:

$$I_1 = E\{\|\bar{y}_t\|^2 / z_t\}; \quad (4)$$

$$I_2 = E\frac{1}{N}\left\{\sum_{t=1}^n \|\bar{y}_t\|^2 / z_t\right\}; \quad (5)$$

$$I_3 = E\{\|\bar{y}_{t+k} - \bar{w}_t\|^2 / z_t\}; \quad (6)$$

$$I_4 = E\{\|\bar{y}_{t+k} - \bar{w}_t\|^2 + \bar{u}^T \text{diag}[\lambda_1, \dots, \lambda_m] \bar{u}_t\}; \quad (7)$$

$$I_5 = E\{\|\bar{y}_{t+k} - \bar{w}_t\|^2 + \bar{u}^T \text{diag}[\lambda_1, \dots, \lambda_m] [\bar{u}_t - \bar{u}_{t-1}]\}. \quad (8)$$

Критерии качества I_1 и I_2 позволяют стабилизировать выход $\bar{Y}(t)$ около нуля. Критерий качества I_3 минимизирует дисперсию отклонений выходного сигнала \bar{y}_t от задающего \bar{w}_t . Критерий I_4 штрафует за отклонение выходного сигнала \bar{y}_t от задающего \bar{w}_t , а также ограничивает изменение управляющего воздействия. Однако он не обеспечивает равенства усредненных значений $E\{\bar{y}_t\}$ усредненным значениям задающего сигнала $E\{\bar{w}_t\}$. Критерий качества I_5 свободен от этого недостатка, поскольку в контур управления искусственно вводится астатизм. В этом случае обеспечивается равенство между $E\{\bar{y}_t\}$ и $E\{\bar{w}_t\}$, но динамические свойства системы регулирования при этом ухудшаются.

Оптимальная стратегия управления должна минимизировать критерий качества (2) по всем допустимым стратегиям управления. При этом управление в момент времени t зависит от всех наблюдаемых выходов $\bar{y}_t, \bar{y}_{t-1}, \dots$, всех предварительно приложенных сигналов управления $\bar{u}_{t-1}, \bar{u}_{t-2}, \dots$ и имеет следующую форму:

$$\bar{u}_t = \phi(t, z_t), \forall t \geq 1, \quad (9)$$

где

$$z_t = \{\bar{y}_t, \bar{y}_{t-1}, \dots, \bar{u}_{t-1}, \bar{u}_{t-2}, \dots\}.$$

Необходимо синтезировать обобщенный закон управления в виде обратной связи, обеспечивающей стабилизацию системы и отслеживание выходом \bar{y}_t ограниченной заданной последовательности $\{\bar{w}_t\}$, а также обеспечить ограничение управляющего воздействия, минимизируя обобщенный функционал оптимальности (2) или один из его частных случаев (4)-(8).

Законы управления синтезируются в предположении, что параметры технологического объекта управления известны. Стратегия оптимального управления использует информацию от оптимального многоканального предсказателя по методу наименьших квадратов, уравнение которого выражается в виде

$$\bar{y}_{t+k/t}^* = E\{y_{t+k} / y_t, \bar{u}_t\} = \tilde{\Lambda}^{-1}(z^{-1})[\tilde{F}'(z^{-1})\bar{y}_t + \tilde{E}'(z^{-1})\{B(z^{-1}) + \sum_{i=0}^n [c^i(z^{-1})\bar{y}_t]z^{-i}\}\bar{u}_t + \bar{y}]. \quad (10)$$

При этом ошибка предсказания

$$\bar{e}_{t+k} = \bar{y}_{t+k} - \bar{y}_{t+k/t} = E(z^{-1})\bar{\xi}_{t+k} \quad (11)$$

не зависит от z_t и \bar{u}_t .

Подставляя выражение для предсказателя (10) в критерий качества (2), получим:

$$I = E\{\|P(z^{-1})[\bar{y}_{t+k/t}^* + \bar{e}_{t+k}] - R(z^{-1})\bar{w}_t\|^2 + \|Q(z^{-1})\bar{u}_t\|^2\}. \quad (12)$$

С учетом того, что $P(z^{-1})\bar{e}_{t+k}$ не коррелирует с $\bar{u}_{t-i}, \bar{w}_{t-i}$ и \bar{y}_{t-i} , а также с $P(z^{-1})\bar{y}_{t+k/t}^*$, перепишем (12) в виде

$$I = \|P(z^{-1})\bar{y}_{t+k/t}^* - R(z^{-1})\bar{w}_t\|^2 + \|Q(z^{-1})\bar{u}_t\|^2 + E\{\|P(z^{-1})\bar{e}_{t+k}\|^2\}, \quad (13)$$

где $E\{\|P(z^{-1})\bar{e}_{t+k}\|^2\} = \sigma^2$ - дисперсия ошибки предсказания.

В данном случае задача нахождения необходимых условий экстремума критерия качества сводится к нахождению минимума I по \bar{u}_t . Для этого возьмем производную от I по \bar{u}_t и приравняем ее к нулю.

Получим

$$\frac{dI}{d\bar{u}_t} = 2 \left[\frac{dP(z^{-1})\bar{y}_{t+k/t}^*}{d\bar{u}_t} \right]^T [P(z^{-1})\bar{y}_{t+k/t}^* - R(z^{-1})\bar{w}_t] + 2[Q(0)]^T Q(z^{-1})\bar{u}_t = 0. \quad (14)$$

После выполнения некоторых преобразований имеем

$$[\tilde{E}_0(z^{-1})\tilde{\Lambda}_0^{-1}(z^{-1})\{\theta_0(z^{-1}) + [c^0(z^{-1})\bar{y}_t]\}]^T * [P(z^{-1})\bar{y}_{t+k/t}^* - R(z^{-1})\bar{w}_t] + [Q(0)]^T Q(z^{-1})\bar{u}_t = 0. \quad (15)$$

Учитывая, что параметры системы считаются известными, оптимальная стратегия управления \bar{u}_t^* может быть определена путем подстановки $\bar{y}_{t+k/t}^*$ в уравнение (15). В результате получим

$$\tilde{\theta}_0^T P(z^{-1})\tilde{\Lambda}_0^{-1}(z^{-1})\tilde{F}(z^{-1})\bar{y}_t - \tilde{\theta}_0^T R(z^{-1})\bar{w}_t + L(z^{-1})\bar{u}_t^* = 0, \quad (16)$$

где

$$L(z^{-1}) = \tilde{\theta}_0^T P(z^{-1})\tilde{\Lambda}_0^{-1}(z^{-1})\tilde{E}^{-1}(z^{-1})\{B(z^{-1}) + \sum_{i=0}^n [c^i(z^{-1})\bar{y}_t]z^{-i}\} + [Q(0)]^T Q(z^{-1}),$$

$$\tilde{Q}_0^T = [B_0 + c^i(z^{-1})\bar{y}_t]^T.$$

Из (16) можно получить приемлемый закон оптимального управления даже в случае, когда матрица B неквадратичная. Здесь оптимальное управление \bar{u}_t в момент времени t зависит от всех наблюдаемых выходов $\bar{y}_t, \bar{y}_{t-1}, \dots$ и всех предыдущих значений управления $\bar{u}_{t-1}, \bar{u}_{t-2}, \dots$.

Управление \bar{u}_t^* в уравнении (16) является обобщенным управлением с минимальной дисперсией для многоканальных билинейных замкнутых систем.

В случае критерия (2) с $Q(z^{-1})=0$ для оптимального, адаптивного управления билинейным объектом с минимальной дисперсией получаем уравнение

$$[\tilde{B}_0^T P(z^{-1}) \tilde{\Lambda}_0^{-1}(z^{-1}) \tilde{E}^*(z^{-1}) \left\{ B(z^{-1}) + \sum_{i=0}^n [c^i(z^{-1}) \bar{y}_i] z^{-i} \right\}] \bar{u}_i^* = \tilde{B}_0^T R(z^{-1}) \bar{w}_i - \tilde{B}_0^T P(z^{-1}) \tilde{\Lambda}_0^{-1}(z^{-1}) \tilde{F}^*(z^{-1}) \bar{y}_i. \quad (17)$$

Оптимальная стратегия управления \bar{u}_i^* относительно $E\{\|\bar{y}_i\|^2 / z_i\}$ или $E \frac{1}{N} \left\{ \sum_{i=1}^N \|\bar{y}_i\|^2 / z_i \right\}$ определяется решением уравнения

$$\left[\tilde{B}_0^T \tilde{\Lambda}_0^{-1}(z^{-1}) \tilde{E}^*(z^{-1}) \left\{ B(z^{-1}) + \sum_{i=0}^n [c^i(z^{-1}) \bar{y}_i] z^{-i} \right\} \right] \bar{u}_i^* = \tilde{B}_0^T \tilde{\Lambda}_0^{-1}(z^{-1}) \tilde{F}^*(z^{-1}) \bar{y}_i. \quad (18)$$

Для синтеза закона управления обобщенным билинейным регулятором с прямой адаптацией введем в управление (16) новое обозначение матричного полинома

$$Q(z^{-1}) = (\tilde{B}_0^T)^{-1} [Q^*(0)]^T [Q^*(z^{-1})] \quad (19)$$

и, приравнявая его к векторной функции $\bar{\phi}_{t+k/t}^*$, получим

$$\bar{\phi}_{t+k/t}^* = P(z^{-1}) \bar{y}_{t+k/t}^* - R(z^{-1}) \bar{w}_t + Q(z^{-1}) \bar{u}_t. \quad (20)$$

Поскольку \bar{w}_t и \bar{u}_t известны, уравнение (20) можно считать предсказывающим функцию выхода обобщенного регулятора с прямой адаптацией

$$\bar{\phi}_{t+k} = P(z^{-1}) \bar{y}_{t+k}^* - R(z^{-1}) \bar{w}_t + Q(z^{-1}) \bar{u}_t. \quad (21)$$

Отметим, что в основе действия обобщенного регулятора с прямой адаптацией лежит вспомогательная функция выходов $\bar{\phi}_{t+k}$. При этом значения $\bar{\phi}_{t+k/t}^*$ должны быть равны нулю на каждом шаге. Это основное условие, необходимое для реализации регулятора.

Теперь для нахождения оптимального обобщенного закона прямого управления перейдем к эквивалентной задаче минимизации, выразив критерий качества (2) через векторную функцию (21). Вычитая из (21) соотношение (15) с учетом (18), получим

$$\bar{\phi}_{t+k} = \bar{\phi}_{t+k/t}^* + \bar{\varepsilon}_{t+k}, \quad (22)$$

где $\bar{\varepsilon}_{t+k} = \sum_{i=0}^{k-1} P_i \bar{\varepsilon}_{t+k-i}$ не коррелирует с $\bar{\phi}_{t+k/t}^*$.

Функция $\bar{\phi}_{t+k/t}^*$ характеризует оптимальное предсказание $\bar{\phi}_{t+k}$ в момент времени t . Теперь минимизация функционала качества

$$I = E\{\bar{\phi}_{t+k}^z\} = \bar{\phi}_{t+k/t}^* + E\{\bar{\varepsilon}_{t+k}^z\} \quad (23)$$

приводит к тому же самому управлению, что и в случае минимизации, (2). В результате подстановки выражения предсказателя в уравнение (20) и умножения на $\tilde{\Lambda}$ окончательно получим

$$\Lambda(z^{-1})\bar{\phi}_{t+k/t}^* = \tilde{F}(z^{-1})\bar{y}_t + \tilde{G}(z^{-1})\bar{u}_t + \tilde{H}(z^{-1})\bar{w}_t + \bar{b} = 0, \quad (24)$$

где

$$\begin{aligned} \tilde{F}(z^{-1}) &= \sum_{j \geq 0} P_j \tilde{F}_{k-j}, \\ \tilde{G}(z^{-1}) &= \sum_{j \geq 0} P_j z^{-j} \tilde{G}_{k-j} + \tilde{\Lambda}(z^{-1})Q(z^{-1}), \\ \tilde{H}(z^{-1}) &= -\tilde{\Lambda}P_j R(z^{-1}) \end{aligned}$$

и постоянный вектор

$$\bar{b} = \sum_{j \geq 0} P_j \bar{y}_{k-j}.$$

Для нахождения оптимального закона управления решим уравнение (24) относительно \bar{u}_t . Умножение на $\tilde{\Lambda}$ требует того, чтобы P и A коммутировали. Это ограничение приводит к тому, что P является обычным, а не матричным полиномом.

Таким образом, для системы, динамика которой описывается матричным уравнением (1), оптимальная стратегия прямого управления, минимизирующая критерий (2), будет определяться уравнением

$$\tilde{F}(z^{-1})\bar{y}_t + \tilde{G}(z^{-1})\bar{u}_t + \tilde{H}(z^{-1})\bar{u}_t + \bar{b} = 0, \quad (25)$$

где полиномиальные матрицы \tilde{F} , \tilde{G} и \tilde{H} находятся из уравнения оптимального, предсказывающего на k шагов вперед устройства.

Закон оптимального управления (25), с одной стороны, определяет допустимую стратегию, с другой – оптимальную, обобщенную стратегию, так как минимизирует критерий качества (2).

Уравнение закона прямого управления для стохастических билинейных технологических объектов, обеспечивающего минимальную обобщенную дисперсию замкнутых систем, запишется в виде

$$\bar{u}_t^* = -\tilde{G}^{-1}(z^{-1})[\tilde{F}(z^{-1})\bar{y}_t + \tilde{H}(z^{-1})\bar{w}_t + \bar{b}]. \quad (26)$$

Полученный закон обобщенного управления, минимизирующий критерий качества I , обеспечивает равенство нулю на каждом шаге предсказанного значения вспомогательной функции выходов $\bar{\phi}_{t+k/t}^*$. Его структура описывается рациональными передаточными функциями, порядок которых определяется порядком модели динамики технологического объекта управления.

Поскольку параметры законов управления (16)-(18) билинейного адаптивного регулятора не известны, для их восстановления используется оценщик.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Krener A.I. Bilinear and nonlinear realization of input-output maps// SIAM.J.Contr. 1975. V.13. №4. P. 827-834.

Ташкентский Государственный
технический университет
им. А.Р.Беруни

Дата поступления
... 2005

УДК 681.3:519.81

Т.Ф.БЕКМУРАТОВ

НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ЗАДАЧ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ¹

Т. Ф. Бекмуратов

Ноанишлик шароитларидаги мониторинг жараёнларида шарорларни шабул жилишни кўмаклаш масалаларининг ноаниш (мужмал) моделлари

Машолада ноанишлик шароитларида мониторинг жараёнларида шарорларни шабул жилишни кўмаклаш масалаларининг ноаниш (мужмал) математик моделлари тадқиқ қилинган. Ноаниш (мужмал) тўпламлар назарияси усуллар асосида ушбу моделларини тизимлаштирилган ёзуви таклиф этилган.

T. F. Bekmuratov

Fuzzy models of decision making support under monitoring in conditions of uncertainty

There are Fuzzy Models of decision making support under monitoring in conditions of uncertainty researched here. Systematized description of these models proposed based on methods of Fuzzy Sets theory.

Задачи мониторинга. В процессе мониторинга сложных объектов в условиях неопределенности решаются следующие типовые задачи:

- 1) контроль ситуации (определение значения текущего состояния);
- 2) определение типа ситуации (оценка текущего состояния);
- 3) прогнозирование динамики развития ситуации.

Результатом решения этих задач является принятие решений по оценке значения и определению типа текущей ситуации, а также прогнозу динамики ее развития. На основе этих решений осуществляется построение допустимых стратегий управления и выбор из них наиболее приемлемой. На основе выбранной стратегии на следующем этапе – управлении решаются задачи формирования и реализации управляющих рекомендаций.

Перечисленные задачи, реализуемые в указанной последовательности, составляют основное содержание функции систем поддержки принятия решений (СППР) современных систем мониторинга (СППР-СМ). При этом следует

¹ Работа выполнена при поддержке гранта ЦНТ РУ (проект №1 Ф.3.6).

отметить, что окончательные решения во всех задачах СППР-СМ принимаются ЛПР - лицами, принимающими решения.

В условиях определенности решения принимаются на основе строгих детерминированных значений критериев (целей) и стратегий управления, соответствующих данным типам и значениям ситуаций. В условиях неопределенности (множества экспертных заключений о ситуациях, критериях, стратегиях управления и др.) решения принимаются, как правило, на основе личных предпочтений и практического опыта экспертов и ЛПР.

Рассмотрим задачи СППР-СМ, характерные для условий неопределенности типа нечеткости в информации, ситуации и процедурах принятия решений. Для этого обратимся к математическим моделям задач СППР, относящихся к классу нечетких логико-семиотических и приведем их систематизированное описание на основе математического аппарата теории нечетких множеств. Эти модели являются развитием типовых задач интеллектуальных СППР, обобщенное математическое описание которых приведено в [1,2].

Математическое описание задачи контроля ситуации. Значение ситуации, т.е. текущего состояния объекта, определяется совокупностью конструктивных, технологических, финансовых, экологических, нормативно-правовых и других параметров, которые обобщенно назовем технико-экономическими (ТЭП). Множество ТЭП подразделяется на подмножества внутренних (X) и внешних (Z).

Значение текущей ситуации – состояния объекта S_j соответствует значениям параметров X_j и Z_j в j -м цикле мониторинга. Это соответствие имеет следующий вид импликации:

$$(X_j, Z_j) \rightarrow S_j, \quad j = \overline{1, n} \quad (1)$$

В условиях неопределенности в исходной информации, взаимосвязях между ними и значениях ситуации в качестве выражений (1) используют, как правило, совокупность логико-семиотических выражений [3-5]:

$$L_i: \text{если } \langle A_i \rangle, \text{ то } \langle B_i \rangle, \quad i = \overline{1, k} \quad (2)$$

Здесь $\langle A_i \rangle$ - составные нечеткие высказывания, определенные на значениях входных лингвистических переменных и имеющие, например, вид

$$A_i \text{ есть } \langle X = (X_i) \wedge Z = (Z_i) \rangle, \quad i = \overline{1, k}; \quad (3)$$

$\langle B_i \rangle$ - нечеткие высказывания, определенные на значениях выходных лингвистических переменных, например, вида

$$B_i \text{ есть } \langle S = (S_i) \rangle, \quad i = \overline{1, k} \quad (4)$$

Множества X и Z состоят из подмножеств параметров X_i, Z_i соответствующего типа (конструктивных, технологических, финансово-экономических, экологических и др.), т.е. $X = \{X_i\}, Z = \{Z_i\}$.

В свою очередь каждое из подмножеств X_i, Z_i является векторами $X_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi})$, $Z_i = (z_{1i}, z_{2i}, \dots, z_{mi})$. Здесь для простоты последующих рассуждений число элементов $k = m$ в векторах X и Z принято одинаковым. В этом случае выражение (3) запишется в виде

$$A_i \text{ есть } \langle [X_i = \wedge (x_{ki} = \dot{x}_{ki})] \wedge [Z_i = \wedge (z_{ki} = \dot{z}_{ki})] \rangle. \quad (5)$$

Здесь и далее используются операции $\wedge (\cap)$ – конъюнкции (пересечения) и $\vee (\cup)$ - дизъюнкции (объединения) - операции t -нормы и s -нормы из множества логических операций И / ИЛИ.

Тип параметров X_i, Z_i описывает соответствующий тип (природу) контролируемой ситуации S_i (технологической, экономической, экологической и

др.), которая определяется импликацией (1). Тогда высказывание “ B_i есть $\langle S=S_i \rangle$ ” будет означать, что значениям векторов параметров $X_i = X_1^*$, $Z = Z_1^*$ соответствует ситуация $S_i = S_1^*$.

Переменные x_{ki} , z_{ki} – элементы векторов X_i , Z_i являются лингвистическими термами, которыми оцениваются параметры x_k , z_k . Например, множества этих термов могут иметь значения “малое”, “среднее”, “большое”. Тогда лингвистическая переменная, например, x_{ki} будет иметь вид

$$x_{ki} = \{ \langle \alpha_m / \text{малое} \rangle, \langle \alpha_c / \text{среднее} \rangle, \langle \alpha_b / \text{большое} \rangle \},$$

где $\alpha_m, \alpha_c, \alpha_b$ – значения функции принадлежности параметра x_k соответствующему терму.

Лингвистическая переменная S_i может оцениваться множеством термов. Например, с набором значений: “нормальная (хорошая)”, “аномальная (плохая, критическая, тревожная, предаварийная)”, “аварийная (катастрофическая, кризисная)”.

Совокупность выражений $\{L_i\}$ (2), называемых высказываниями, гранулами, импликациями, задает отношения на множестве параметров и ситуаций исследуемых процессов. Она является основой построения нечетких моделей типа “параметры” \rightarrow “ситуация”. Содержание таких моделей определяется соответствующими правилами композиционного вывода.

Введем для (1) обозначения: $(X,Z)=A$, $S_j=B$. Тогда эту зависимость можно представить отношением $R: (A,B) \rightarrow (M)$. Оно записывается в виде $A R B$, которое задано на декартовом произведении $A*B$ универсальных множеств входных и выходных переменных A и B .

Если на множестве A задано нечеткое множество \dot{A} , то композиционное правило вывода $B = \dot{A} o R$ определяет на множестве B нечеткое множество \dot{B} с функцией принадлежности

$$\mu_{\dot{B}}(b) = \bigvee_x (\mu_{\dot{A}}(a) \wedge \mu_R(a,b)).$$

Используя (2)-(5), запишем выражение (2) в виде следующей совокупности правил:

$$\{L_j\}: \{(A_j=(X_j \times Z_j)) \rightarrow (B_j=S_j)\}, j=\overline{1,n}. \quad (6)$$

Здесь $(X_j * Z_j)$ - декартово произведение нечетких множеств, заданных на шкалах множеств параметров $X * Z$, с функцией принадлежности

$$\mu_{(x_j \times z_j)}(x, z) = \mu_{x_j}(x) \wedge \mu_{z_j}(z), \quad (7)$$

также определенных на $X * Z$.

Для каждого правила (6) определяется нечеткое отношение

$$R_j = (X_j * Z_j) \times S_j, j=\overline{1,n} \quad (8)$$

с функцией принадлежности

$$\mu_{R_j}((x, z), s) = (\mu_{x_j}(x) \wedge \mu_{z_j}(z)) \wedge \mu_{s_j}(s). \quad (9)$$

Правилам (6) соответствует совокупность нечетких отношений (8) с функцией принадлежности

$$\mu_R(x, z, s) = \bigvee_{j=1}^n (\mu_{R_j}((x, z), s)). \quad (10)$$

Значение оценки контролируемой ситуации \hat{S}_j при заданных значениях \hat{X}_j , \hat{Z}_j определяется на основе композиционного правила вывода

$$\mathcal{E}_j = (\mathcal{X}_j \times \mathcal{Z}_j) \circ R_j, \quad (11)$$

где \circ - (max-min) максиминная композиция.

Функция принадлежности \hat{S}_j имеет вид

$$\mu_{S_j}(\mathcal{E}) = \bigvee_{X_j \in X} \bigvee_{Z_j \in Z} (\mu_{X_j}(x) \wedge \mu_{Z_j}(z)) \wedge \mu_{R_j}(x, z, s). \quad (12)$$

Числовое значение $S_j = \hat{S}_j$, отражающее содержательный смысл типа ситуации, определяется из условия

$$\mu_{S_j}(\hat{S}_j) = \max_{S \in S_j} \mu_{S_j}(S).$$

Значения оценок \hat{S}_j могут быть определены и другими способами дефаззификации.

Таким образом, приведенные нечеткие математические модели (6) – (12) (типа Мамдани) позволяют получить не точные значения контролируемых ситуаций S , а только значения их оценок \hat{S}_j .

В терминах нечетких множеств нечеткая ситуация \tilde{S} определяется как нечеткое множество второго уровня следующим образом [6, 7]:

$$\tilde{S} = \{ \langle \mu_S(a) / a \rangle, a \in A \in \{X, Z\} \}, \quad (13)$$

где

$$\mu_S(a) = \{ \langle \mu_{\mu_S(a)}(T_k) / T_k \rangle, k = \overline{1, \kappa} \}. \quad (14)$$

Здесь $T = \{T_k\}$, $k = \overline{1, \kappa}$ - терм – множество лингвистических значений параметров $A \in \{X, Z\}$, характеризующих ситуацию S_j ; $\mu_S(a)$ - функция принадлежности вектора параметров $A = A_1^*$ нечеткому выходному терму, т.е. ситуации $S = S_1^*$, определяемой выражением

$$\mu_{S_i}(\dot{a}_i) = \bigwedge_{k=1, m} (\mu_{a_{ki}}(\dot{a}_{ki} / \dot{a}_{ki}), \dot{a}_{ki} \in A_{ki} \in (X_{ki}, Z_{ki})).$$

Зная конкретные значения параметров a_{ki} , их функций принадлежности и лингвистических термов T_k , можно определить значения оценок соответствующих текущих ситуаций - $\hat{S}_j = S_{1j}^*$.

Математическое описание задачи определения типа ситуации. Множество типовых ситуаций обычно подразделяют на подмножества штатных, аномальных и аварийных. Каждое из этих подмножеств целесообразно определять как совокупность независимых или слабо зависимых устойчивых состояний, называемых аттракторами [8]. Для каждого аттрактора определяется “зона притяжения”, попав в которую объект имеет тенденцию смещения к данному аттрактору. Задачей СППР-СМ является выработка для ЛПР управляющих рекомендаций, реализация которых обеспечит нахождение объекта в зоне притяжения штатных аттракторов. При этом попадание в зону притяжения аномальных (предаварийных) ситуаций объекта должно быть лишь временным,

допускаемым регламентом. Попадание же в зону притяжения аварийных аттракторов должно быть исключено [9].

Таким образом, множество оцениваемых типовых ситуаций можно представить в виде (здесь и далее индексы “i” – типа ситуации опущены)

$$S = \{S_{шт}, S_{ан}, S_{ав}\}, \quad (15)$$

где $S_{шт} = \{S_{шт,k}\}$ – множество типовых штатных ситуаций; $S_{ан} = \{S_{ан,k}\}$ – множество типовых аномальных ситуаций; $S_{ав} = \{S_{ав,k}\}$ – множество типовых аварийных ситуаций.

Множество (15) формируется заранее в соответствии с особенностями характеристик и технологического регламента объектов, а также рекомендаций экспертов в данной предметной области. Число типовых ситуаций для $S_{шт}$, $S_{ан}$ и $S_{ав}$ в общем случае различно.

Используя отношения нечеткого равенства и эквивалентности [6], множество типовых ситуаций (15) можно свести к множеству эталонных ситуаций

$$\bar{S} = \{\bar{S}_{шт}, \bar{S}_{ан}, \bar{S}_{ав}\}. \quad (16)$$

Это множество содержит классы нечетко эквивалентных типовых ситуаций, в каждый из которых входят нечетко равные ситуации. Поэтому в пределах значения порога равенства ситуаций $t_{пор} = (0.6 - 1)$, определяющего практическую достоверность, все ситуации одного класса эквивалентности можно рассматривать как одну ситуацию. Такая ситуация, называемая эталонной, формируется путем нечеткого объединения ситуаций, принадлежащих данному классу эквивалентности. Размерность множества эталонных ситуаций \bar{S} существенно меньше размерности множества типовых ситуаций S , что упрощает последующие процедуры оценки ситуации и формирования альтернатив рекомендаций.

Задача определения типа эталонной ситуации $\bar{s}_k \in \bar{S}$ (для упрощения дальнейших рассуждений и выкладок индексы “шт”, “ан”, “ав” при S_k опущены), которой в наибольшей степени соответствует текущая ситуация со значением оценки ξ_j , решается в общем случае методами идентификации и распознавания образов в условиях нечеткости. Среди них отметим методы нечетких решающих правил и нечеткой логической классификации, основу которых составляют методы нечеткого логического вывода [3, 6, 10-14].

Модель задачи определения эталонной ситуации в изложенной постановке описывается следующим образом.

Заданы:

- $\bar{S} = \{\bar{S}_k\}$, $k = \overline{1, p}$ – множество эталонных ситуаций;
- $((X \in X_k) \wedge (Z \in Z_k)) \rightarrow \bar{S}_k$, $k = \overline{1, p}$ – множество моделей (типа Мамдани)

описания эталонных ситуаций.

Требуется: по значению оценки текущей ситуации \hat{s}_j определить тип эталонной ситуации, к которой она относится.

Множество (X_k, Z_k) представляет собой множество лингвистических термов, которыми оцениваются параметры (X, Z) . Диапазон значений термов (X_k, Z_k) определяет значения эталонной ситуации \bar{S}_k .

Эталонная k -ая ситуация оценивается, в общем случае, также лингвистическим термом \bar{S}_k [6, 7,15]. Например, эталонная штатная ситуация может описываться терм - множеством $\{ \langle T_1 - \text{“хорошая (нормальная)”} \rangle, \langle T_2 - \text{“удовлетворительная (допустимая)”} \rangle, \langle T_3 - \text{“плохая (критическая)”} \rangle \}$. Конкретное значение оценки текущей ситуации, соответствующее данному типу эталонной, будет описываться лингвистической переменной с конкретными значениями термов в виде

$$\bar{S}_k = \{ \langle \alpha_{T_1} / T_1 \rangle, \langle \alpha_{T_2} / T_2 \rangle, \langle \alpha_{T_3} / T_3 \rangle \}, \quad (17)$$

где $\alpha_{T_1}, \alpha_{T_2}, \alpha_{T_3}$ – значения степени принадлежности ситуации \bar{S}_k соответствующему терму.

Значения переменных X, Z и \bar{S} связаны с лингвистическими термами X_k, Z_k и \bar{S}_k соответствующими функциями принадлежности $\mu_{X_k}(X), \mu_{Z_k}(z)$ и $\mu_{\bar{S}_k}(\bar{S})$.

Выражения этих связей представляются в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} X_k &= \{ \langle \mu_{X_k}(X) / X \rangle \} = \sum_{X_{\min}}^{X_{\max}} \mu_{X_k}(X) / X, X \in [X_{\min}, X_{\max}], \\ Z_k &= \{ \langle \mu_{Z_k}(Z) / Z \rangle \} = \sum_{Z_{\min}}^{Z_{\max}} \mu_{Z_k}(Z) / Z, Z \in [Z_{\min}, Z_{\max}], \\ \bar{S}_k &= \{ \langle \mu_{\bar{S}_k}(\bar{S}) / \bar{S} \rangle \} = \sum \mu_{\bar{S}_k}(\bar{S}) / \bar{S}, \bar{S} \in [\bar{S}_{\min}, \bar{S}_{\max}]. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Значения параметров функций принадлежности $\mu_{X_k}(X), \mu_{Z_k}(Z)$ и $\mu_{\bar{S}_k}(\bar{S})$ определяются на основе данных экспертных оценок с использованием методов структурно- параметрической идентификация (аппроксимации).

Нечеткие зависимости (18) в совокупности с моделью оценки нечеткой ситуации, приведенной выше, описывают нечеткую модель (на основе модели типа Мамдани) задачи определения типа эталонной ситуации, которой в наибольшей степени соответствует текущая.

В случае, когда модель нечеткой ситуации определяется выражениями (13) и (14), вышеуказанная задача решается на основе меры близости и отношения включения нечетких множеств [3]. В соответствии с этим степень включения текущей ситуации S_j в эталонную \bar{S}_k определяется выражением

$$\nu(S_j, \bar{S}_k) = \bigvee_{a \in (X,Z)} \nu(\mu_{S_j}(a), \mu_{\bar{S}_k}(a)). \quad (19)$$

Здесь

$$\nu(\mu_{S_j}(a), \mu_{\bar{S}_k}(a)) = \bigvee_{a \in (X,Z)} (\mu_{S_j}(a) \rightarrow \mu_{\bar{S}_k}(a)). \quad (20)$$

Импликация $(\mu_{S_j}(a) \rightarrow \mu_{\bar{S}_k}(a))$ определяется как $(1 - \mu_{S_j}(a)) \vee \mu_{\bar{S}_k}(a)$. Тогда выражение (19) определяется как

$$\max_{a \in (X,Z)} \{ \nu(\mu_{S_j}(a), \mu_{\bar{S}_k}(a)) \}, \text{ а (20) – как } \max_{a \in (X,Z)} (\mu_{S_j}(a) \rightarrow \mu_{\bar{S}_k}(a)).$$

Полагают, что нечеткая ситуация S_j нечетко включается в ситуацию \bar{S}_k , т.е. $S_j \tilde{\subset} \bar{S}_k$, если степень включения $\nu(S_j, \bar{S}_k) \geq t_{\text{пор}}$, где пороговое значения $t_{\text{пор}} = (0,6-1)$. Используя в качестве меры близости ситуаций степень нечеткого включения ν (а также и другие, например, нечеткого равенства, общности),

можно определять эталонную ситуацию \bar{S}_k , которой в наибольшей степени соответствуют текущая S_j .

Математическое описание задачи прогнозирования динамики развития ситуации. При мониторинге в условиях неопределенности задача прогнозирования решается с целью оценки развития ситуации для двух случаев.

В первом случае рассматривается возможная тенденция изменения ситуации от текущего момента времени до определенного заданного. Например, может прогнозироваться динамика развития текущей штатной ситуации до ближайшей аномальной или от аномальной до аварийной. Результаты прогнозирования подобной динамики развития ситуаций определяют типы последующих задач принятия решений по управлению.

Во втором случае прогнозирование связано с задачей формирования возможных (допустимых) рекомендаций для принятия управленческих решений. При этом прогнозируются возможные последствия, т.е. определяется характер изменения текущей ситуации при реализации текущей анализируемой рекомендации. Если реализация этой рекомендации вызывает благоприятное изменение ситуации, то она отбирается и включается в множество допустимых.

Описания постановок задач прогнозирования для каждого из этих случаев имеют различия. Поэтому с целью удобства последующих рассуждений, условно назовем их задачами П1 и П2.

Постановка задачи П1. Заданы: $S(t) = \{S_{t-k}, S_{t+l}\}$, $k = \overline{0, n}$, $l = \overline{1, m}$ - множества значений оценок ситуаций: текущей S_t , предыстории S_{t-k} и возможных прогнозируемых S_{t+l} . Параметр $k = i\Delta t$, $i = \overline{1, n}$ - задает интервал времени предыстории (памяти), в течение которого фиксируется динамика изменения состояний.

Требуется: определить значения прогнозных оценок ситуаций S_{t+l} в моменты времени $t+l$ по значению данной текущей ситуации S_t . Параметр $k = j\Delta t$, $j = \overline{1, m}$ (Δt – дискрет времени) - задает интервал времени прогнозирования оценки изменения ситуаций.

Задача П1 относится к классу задач принятия решений по оценке прогнозируемых ситуаций. Поэтому в общем виде ее модель – PS_1 , по аналогии с общей моделью интеллектуальной СППР [1] определим в виде следующей совокупности:

$$PS_1 = \langle M_{S(t)}, R(M_{S(t)}), P_{S(t)}, R(P_{S(t)}), R(M_{S(t)}, P_{S(t)}) \rangle, \quad (21)$$

где $M_{S(t)}$ - множество моделей ситуаций $S(t)$, описывающих текущие состояния S_t , их предысторию S_{t-k} и прогнозируемые состояния S_{t+l} ; $R(M_{S(t)})$ – множество правил выбора моделей ситуаций, необходимых для решения задачи П1, соответствующей данному типу текущей ситуации; $P_{S(t)}$ - множество моделей оценки S_{t+l} ; $R(P_{S(t)})$ – множество правил выбора моделей $P_{S(t)}$; $R(P_{S(t)}), R(M_{S(t)}, P_{S(t)})$ - правила модификации и пополнения множеств $M_{S(t)}$ и $P_{S(t)}$ в процессе функционирования системы PS_1 .

Множество $M_{S(t)}$ отражает совокупность нечетких моделей ситуаций, описываемых либо выражениями (6), либо (11). Множества $R(M_{S(t)})$ и $R(P_{S(t)})$ – это совокупность нечетких правил вывода. Заметим, что в общем случае эти правила могут отражать детерминированные, вероятностные, байесовские методы оценки и прогнозирования. Правила модификации $R(M_{S(t)}, P_{S(t)})$ определяют процедуры корректировки, актуализации и пополнения типов моделей ситуаций, а также собственно процедур прогнозирования. Таким образом, эта компонента модели

отражает способность адаптации задачи PS_1 к изменяющимся условиям и накапливаемому опыту.

Множества $M_{s(t)}$, $P_{s(t)}$, $R(M_{s(t)})$ и $R(P_{s(t)})$ формируются на основании технологического регламента, целей и предпочтений ЛПР, а также экспертных оценок. Их совокупность образует содержание базы динамических знаний СППР прогнозирования ситуаций.

Правила $R(M_{s(t)})$: $(S_{t-k} \times S_{t-k}) \rightarrow S_{t-(k+l)}$, $k=\overline{0, n}$ задают функции соответствия данной ситуации предыдущей. Для $k=0$ это правило определяет тип и значение ситуации S_{t-k} , которое предшествовало текущей ситуации S -го типа в предыдущий такт времени. Изменяя далее последовательно целые значения k от 0 до n , получим множество значений ситуаций предыстории.

Модель $R(P_{s(t)})$: $(S_{t-(k+l)} \times S_t) \rightarrow S_{t+l}$, $k=\overline{0, n}$, $l=\overline{1, m}$ задает функции перехода (преобразования) исходной ситуации в прогнозируемые (на период до $t+m\Delta t$) с использованием модели $P_{s(t)}$. Последние описываются нечеткими зависимостями (16) - (17) или (18) -(19).

Совокупность этих импликаций описывает модель функции нечеткого прогнозирования ситуаций $\mathcal{F}_{П1}$, которую можно представить в виде

$$\mathcal{F}_{П1} = \{S_{t-k} \rightarrow S_{t+l}\}, k = \overline{0, n}, l = \overline{1, m}. \quad (22)$$

Используя процедуры, приведенные выше, получим логико-семиотические выражения для зависимостей (22) в следующем виде:

$$L_i : S_{t-k} = \bigwedge_{k=1,0} (s_{t-k} = \dot{s}_{(t-k),i}) \rightarrow S_{t+l} = \bigwedge_{l=1,m} (s_{t+l} = \dot{s}_{(t+l),i}), \quad (23)$$

где t – текущий момент времени; $i = \overline{1, N}$ - номер правила продукции.

Если текущее состояние и его предыстория описываются совокупностью $P=\overline{1, P_i}$ различных значений конъюнкций оценок значений ситуаций, то получим следующее выражение:

$$L_i : S_{t-k} = \bigvee_{p=1, P_i} \bigwedge_{k=1, n} (s_{t-k} = \dot{s}_{(t-k),ip}) \rightarrow S_{t+l} = \bigwedge_{l=1, m} (s_{t+l} = \dot{s}_{(t+l),i}), \quad (24)$$

где P_i - число дизъюнкций, т.е. строк конъюнкций в правиле L_i .

Выражения (23) и (24) описывают задачу нечеткого прогнозирования П1 в виде логико-семиотической модели типа Мамдани. Отметим, что полученные модели основаны на немарковских моделях принятия решений при оценке прогнозируемых ситуаций с использованием памяти значений ситуаций в предыстории [16].

Постановка задачи П2. Заданы: $S_{t-k} = \{s_{t-k}\}$, $k=\overline{0, n}$ - множество состояний текущего и предыстории; $D_{t+l} = \{d_{t+l}\}$, $l=\overline{1, m}$ - множество допустимых рекомендаций; $S_{t+l} = \{s_{t+l}\}$, $l = \overline{1, m}$ - множество возможных ситуаций в моменты времени $t+l$, в которые переходят исходные ситуации под воздействием D_{t+l} .

Требуется: определить $\dot{S}_{t+l} = \{\dot{s}_{t+l}\}$, $l = \overline{1, m}$ - значения прогнозных оценок ситуаций, образующихся в результате реализации рекомендаций (воздействий) d_{t+l} на ситуацию s_{t+l} .

Задача П2 описывается совокупностью вида

$$PS_2 = \langle M_{s(t)}, R(M_{s(t)}), D(t), R(D(t)), T(t), P_{s(t)}, R(P_{s(t)}), R(M_{s(t)}, P_{s(t)}, D(t)) \rangle, \quad (25)$$

где $M_{s(t)} = \{S_{t-k}, S_{t+l}\}$, $k = \overline{0, n}$, $l = \overline{1, m}$ - множество моделей возможных ситуаций; $R(M_{s(t)})$ - правила выбора моделей ситуаций, соответствующих задаче П2; $D(t) = \{d_{t+l}\}$, $l = \overline{1, m}$ - множество допустимых рекомендаций; $R(D(t))$ - правила выбора типа рекомендаций; $T(t): S(t) \times D(t) \rightarrow S(t)$ - правила (функции) преобразований, отражающих изменения $S(t)$ под воздействием $D(t)$; $P_{s(t)}$ - множество моделей оценки S_{t+l} ; $R(P_{s(t)})$ - правила оценки прогнозных ситуаций; $R(M_{s(t)}, P_{s(t)}, D(t))$ - правила адаптации, определяющие процедуры модификации и актуализации $M_{s(t)}$, $P_{s(t)}$ и $D(t)$.

Выделим отличительные особенности компонент модели PS_2 (25).

$R(M_{s(t)}) : (S * S) \rightarrow S(t)$ - это правила выбора $M_{s(t)}$, в наибольшей степени соответствующей типу текущей ситуации.

$T(t): S(t) * D(t) \rightarrow S(t)$ - это правила нахождения и оценки ситуаций, образовавшихся под воздействием $D(t)$.

Остальные компоненты модели PS_2 реализуют функции, аналогичные функциям соответствующих компонент модели PS_1 (21).

С учетом выражения (25) и особенностей входящих в него компонент модель задачи П2 можно свести к виду, аналогичному модели функции нечеткого прогнозирования ситуаций $\mathcal{F}_{П1}$ (22). При этом следует выделить две модификации модели П2:

1) модель прогнозирования ситуации на основе математической модели ПР (без предыстории)

$$\mathcal{F}_{П2}^1 = \{S_t \rightarrow S_{t+l}\}, l = \overline{1, m};$$

2) модель прогнозирования ситуации на основе немарковской модели ПР (с предысторией)

$$\mathcal{F}_{П2}^2 = \{S_{t-k} \rightarrow S_{t+l}\}, S_{t-k} = \{s_{t-k}\}, k = \overline{0, n}, l = \overline{1, m}.$$

Здесь модели $\mathcal{F}_{П2}^1$ и $\mathcal{F}_{П2}^2$ также описываются логико-семиотическими выражениями типа (25) или (24).

В условиях неопределенности более корректными являются модели типа $\mathcal{F}_{П2}^2$.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бекмуратов Т.Ф. Систематизация задач интеллектуальных систем поддержки принятия решений// Проблемы информатики и энергетики. 2003. № 4. С. 24-35.
2. Bekmuratov T.F. Intellectual Multiagent Systems of Monitoring and Management// Third World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. Quadrate Verlag. Tashkent. 2004. P. 279 - 287.
3. Алиев Р.А., Алиев Р.Р. / Теория интеллектуальных систем и ее применение. Баку: Чашыюглы, 2001. -720 с.
4. Ротштейн А.П., Котельников Д.И. Идентификация нелинейных зависимостей нечеткими базами знаний// Кибернетика и системный анализ. 1999. №5. С. 53-61.
5. Штовба С.Д. Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB. Exponenta Pro.// Математика в приложениях. 2003. № 2. С. 9-15.

6. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.: Наука, 1990. -272с.
7. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976.
8. Красовский А.А. Аттракторы и синтез управления в критических режимах //Изв. РАН. 1996. № 2.
9. Вагин В.Н., Еремеев А.П. Некоторые базовые принципы построения интеллектуальных СППР реального времени//Изв. РАН. 2001. № 6. С. 114-123.
10. Малышев Н.Г., Берштейн Л.С., Боженюк А.В. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. М.: Энергоатомиздат, 1991.
11. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.
12. Кудинов Ю.И. Нечеткие модели вывода в экспертных системах// Изв. РАН. 1997. № 5. С. 75 – 83.
13. Блохин А.Н. Нечеткий вывод, использующий преобразование функций принадлежности // Изв. РАН. 1997. № 5. С. 119 – 124.
14. Шкондин А.И. Нечеткий вывод на основе модификаторов определенности // Изв. РАН. 2001. № 1. С. 136 – 142.
15. Бекмуратов Т.Ф. Принятие решений в логистике// Вопросы кибернетики. Техническая кибернетика и проблемы информатики. Ташкент. 2004. Вып. 170. С. 48 – 54.
16. Еремеев А.П., Тихонов Д.А., Шутова П.В. Поддержка принятия решений в условиях неопределенности на основе немарковской модели// Изв. РАН. 1999. № 5. С. 87-93.

Институт информатики
НТЦ “СИТ” АН РУз

Дата поступления
07.06.2005

УДК 519.95

Ш.Х. ФОЗИЛОВ, Н.М. МИРЗАЕВ, А.А. АКРОМОВ, М.Т. ТҶХТАСИНОВ

ЮЗНИНГ ГЕОМЕТРИК БЕЛГИЛАРИ АСОСИДА ШАХСНИ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЁИЛИШ АЛГОРИТМЛАРИ

Ш.Х. Фазылов, Н.М. Мирзаев, А.А. Акромов, М.Т. Тухтасинов

Алгоритмы идентификации личности человека по геометрическим признакам лица

В статье приведены результаты анализа антропометрических точек лица и формирования пространства признаков. Предложены методы определения информативности признаков и алгоритмы распознавания лица.

Sh.Kh. Fazilov, N.M. Mirzayev, A.A. Akramov, M.T. Tukhtasinov

Algorithms of person identification based geometrical face features analysis of anthropometrical face points, formations of feature space, methods of definition informative features are adduced and face recognition algorithms are offered in this article.

²озирги кунда тасвирлар билан бојлиш бўлган масалаларнинг долзарб
³аётин муаммолар жаторида турганлиги ³еч кимга сир эмас. Тасвирларда

дастлабки ўайта ишлов бериш ва объектни таниб олиш алгоритмлари асосида замонавий интеллектуал тизимлар яратилмоўда. Бундай тизимлар сирасига шахсни биометрик технологиялар асосида идентификация ўилиш тизимларини ўам киритиш мумкин. Биометрик технологияларга асосланган шахсни идентификация ўилувчи интеллектуал тизимлар дунё бозорида энг талабгор тизимлар ўисобланади.

Ушбу маўолада шахсни юз тасвири асосида таниб олишда ўўлланиладиган антропометрик нуўталар таўлили, белгилар фазосини шакллантириш усули, белгиларнинг информативлик даражаларини аниўлаш усуллари ўамда юзнинг геометрик кўрсаткичлари асосида шахсни таниб олиш алгоритмлари келтирилган.

Юзнинг антропометрик нуўталарини таўлил ўилиш. Криминалистиканинг 70 йилдан ортиў фаолияти ва таўрибалари асосида фотопортретларни экспертизадан ўтказиш усуллари ва одам ташўи ўиёфаларини тавсифловчи криминалистик услублари ишлаб чиўилган [1-4]. Бу ишларда одамни юз тасвири бўйича таниб олиш жараёнида кўлланиладиган антропометрик нуўталар (1а-расм) ва улар асосида таниб олиш усулари ўаўида маўлумотлар келтирилган. Фотопортретларни криминалистик текширишда фаўат нуўталар орасидаги масофалар текширилади деган фикр, албатта хато бўлади. Юз тасвирини криминалистик идентификация ўилиш жараёнида ўўшимча равишда юзнинг бошўа элементларини ўам таўлил ўилинади. Масалан, юз ва юз элементларининг шакли, катталиклари (нисбий), жойлашиши, ранги (агар солиштирилаётган расмлар рангли бўлса), шунингдек, юздаги ажинлар, доўлар ўам солиштирилади.

Юўорида айтиб ўтилган криминалистик нуўталарнинг барчасини автоматик излаб топиш жуда ўийин масала ўисобланади. Лекин, автоматлаштирилган тизимда автоматик равишда излаб топиш ўийин бўлган антропометрик нуўталарни эксперт (оператор) аниўлаб бериши мумкин. Чунки, беркилиб ўолган (масалан, соч билан) ёки яхши кўринмай ўолган нуўталарни кўз билан чамалаб аниўлаш мумкин бўлади.

Албатта, шахсни юз тасвири бўйича криминалистик таниб олиш усули энг яхши усуллардан бири ўисобланади. Лекин, ундаги иш жараёнларини тўлиў автоматлаштириш анчайин мураккаб иш ўисобланади. Унда талаб этилган юздаги антропометрик нуўталарни катта аниўлик билан автоматик равишда излаб топиш алгоритмлари ўали яратилмаган.

Шахсни юз тасвири бўйича идентификация ўилиш тизимларида энг кўп ўўлланиладиган антропометрик кўрсаткичлар (нуўталар орасидаги масофалар) ўуйида келтирилган (1б-расм):

- ўорачиўлар орасидаги масофа;
- кўз ўорачиўи марказидан бурун марказигача;
- кўз ўорачиўи марказидан оўиз марказигача;
- кўз ўорачиўи марказидан чакаккача;
- кўз ўорачиўи марказидан ўошгача;
- кўзнинг ички бурчагидан юз марказигача;

- кўзнинг ички бурчагидан ојиз марказигача;
- кўзлар горизонтал чизијидан жај учигача;
- шошдан бурун учигача;
- ојиз марказидан буруннинг шуйи нуштасигача;
- ојиз марказидан жај учигача;
- кўзлар жойлашган чизиш бўйича юз кенглиги;
- бурун шуйи шисми жойлашган чизиш бўйича юз кенглиги;
- ојиз жойлашган чизиш бўйича юз кенглиги.

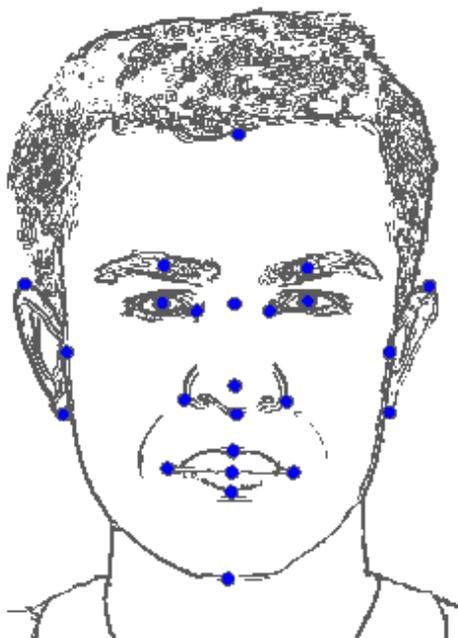
Шорачишлар орасидаги масофа энг му³им ўлчов сифатида шаралади. Уларнинг ўрни аниш топилгандан сўнг, шолган элементларнинг жойлашуви ёки улар орасидаги масофаларни ³ам топиш осон кечади.

Кўзнинг ички бурчаклари ³ам идентификация учун му³им ³исобланади. Уларнинг жойлашуви ва шакли ваёт ўтиши билан камрош ўзгаради. Бунга яна шўшимча шилиб шуни айтиш мумкинки, кўзларнинг ички бурчаклари турли ранглар билан бўялиш эхтимоли кам (масалан, аёлларнинг косметика воситалари билан бўяниши, юзга турли маскалар чизиш ва ³.к.).

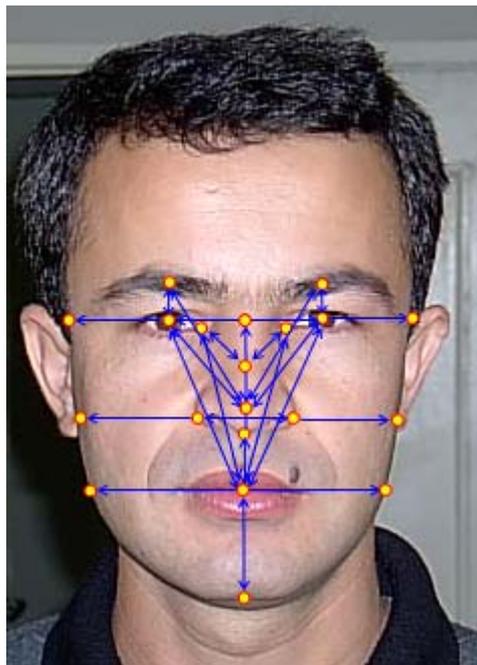
Буруннинг шуйи шисми кўпинча яхши топилади. Лекин, бурун учини топиш шийин кечади. Бурун кенглиги ³ам му³им нисбат ³исоблансада, уни анишлаш анча мушкул. Буруннинг шуйи шисми жойлашган горизонтал чизиш бўйича олинган юз кенглиги ³ам яхши натижа беради. Аммо, сошолли эркак киши юзида уни анишлаш мушкул.

Ојиз марказидан бурун остигача бўлган масофа ³ам идентификацияда шўлланилади. Аммо, юздаги турли мимик ўзгаришлар ојиз марказининг ноаниш топилишига сабаб бўлиши мумкин. Юшори лабнинг марказий нуштасини ўзгармас нушта сифатида олиш мумкин. Чунки, мимик ўзгаришларда у деярли ўзгармайди. Ојиз марказида ётувчи горизонтал чизиш бўйича олинган юз кенглиги ³ам идентификация учун шўлланилади ва уни анишрош топиш мумкин. Аммо, юзда сошол бўлса, уни топиш мушкул.

Хозирги кунгача тасвирда юз ва юз элементларини автоматик излаб топишнинг усул ва алгоритмлари ишлаб чишилган [5-8].



А)



б)

1-расм. Идентификация нуъталари: а- криминалистик экспертизада кўлланиладиган нуъталар; б - автоматлашган таниб олиш тизимларида энг кўп шўлланиладиган нуъталар орасидаги масофалар.

Юз элементлари бўйича геометрик кўрсаткичларни ³исоблаш ва белгилар фазосини шакллантириш. Юз белгилари орасидаги масофалар бўйича олинган нисбатлар турли одамларда турлича бўлади. Шунга асосланиб, турли одам юзларини фарўлаш мумкин. Демак, биз идентификация кўрсаткичлари сифатида юзнинг геометрик нисбатларини олишимиз мумкин. Топилган юз белгилари (нуъталар) орасидаги масофаларнинг нисбатлари бўйича кўрсаткичларни аниўлаб оламиз. Бунинг учун аввало юзнинг идентификация нуъталари орасидаги масофалар аниўланиши лозим. Масофаларни ўлчашнинг турли усуллари бор. Бу ишда нуъталар орасидаги масофани ўлчаш учун Евклид масофасидан фойдаланилди. Биринчи нуътани $P(x,y)$ ва иккинчи нуътани $Q(u,v)$ деб олсак, улар орасидаги Евклид масофаси шўйидагича аниўланади:

$$d(P,Q) = \sqrt{(x - u)^2 + (y - v)^2} \quad (1)$$

Юзда топилган ўшлар, кўзлар, бурун ва ојиз бўйича олинган масофалар (битта одам мисолида) 1-жадвалда берилган.

1-жадвал

Юз белгиларининг номи бўйича олинган масофалар	Белгилаб олиш	Масофа ўймати
Кўз ўорачиўлари марказлари орасидаги масофа	LER	40
Чап кўз ўорачиўи марказидан бурунгача масофа	LEN	31
Ўнг кўз ўорачиўи марказидан бурунгача масофа	REN	31

Чап кўз ўорачији марказидан ојизгача масофа	LEM	46
Ўнг кўз ўорачији марказидан ојизгача масофа	REM	46
Бурундан ојизгача масофа	DMN	18
Чап ўош ва чап кўз ўорачији орасидаги масофа	LBE	10
Ўнг ўош ва ўнг кўз ўорачији орасидаги масофа	RBE	10
Чап ўош марказидан бурунгача масофа	LBN	39
Ўнг ўош марказидан бурунгача масофа	RBN	39

Кўрсаткич сифатида тўридан-тўри масофаларни олиш хато бўлади. Чунки, тасвирда юз ўлчамлари ва тасвирлар ўртасидаги ваёт оралији ³ам турлича бўлиши мумкин. Шунинг учун уларнинг нисбатлари бўйича кўрсаткичларни аниўлаймиз. Жадвалда кўрсатилган масофалар бўйича ўнлаб (10*9=90) нисбатлар (кўрсаткичлар)ни олиш мумкин. Лекин, ³амма кўрсаткичларни олиш шарт эмас. Кўрсаткичлар сони ³аддан зиёд кўп бўлса ³ам алгоритм яхши натижа бермаслиги ³ам мумкин. Биз ўуйидаги асосий кўрсаткичларни оламиз:

- LEN/LER;
- LEM/LER;
- REN/LER;
- REM/LER;
- (LEN/LER+REN/LER)/2;
- (LEM/LER+REM/LER)/2;
- LBN/LER;
- RBN/LER;
- (LBN/LER+RBN/LER)/2;
- ((LBE+RBE)/2)/LER;
- DMN/LER.

Таниб олиш маўсадида текширилаётган иккита суратни топилган кўз ўорачији нуўталари бўйича бир хил масштабга келтириб олинса маўсадга мувофиў бўлади. Аслида, белгилар орасидаги нисбатлар олинганда масштабнинг а³амияти йўў. Лекин, тасвирнинг ³ажми кичикроў бўлиб, унда топилган нуўталар камида битта пикселга адашган бўлса ³ам, ундаги нисбатлар фарўи анча катта бўлиб кетади. Тажрибаларда кўз ўорачиўлари орасидаги масофа 40 та пикселни ташкил ўилганда энг яхши натижага эришилгани аниўланган [9].

Белгиларнинг информативлик даражаларини аниўлаш. Аниўланган белгилар фазосида информатив белгилар фазосини ажратиб олиш тимсолларни аниўлаш масалаларида му³им а³амиятга эга. Объектни характерловчи белгилар сони жуда кўп бўлган ³олатларда алгоритм тезлигини ва ишончилигини ошириш маўсадида кўпинча белгилар сонини камайитириш талаб этилади. Лекин, белгилар фазосини ³аддан зиёд ўисўартириш ³ам яхши натижа бермаслиги мумкин.

Информатив белгиларни танлаш бўйича кўпгина ишлар ўйинган бўлиб, улар турли маъсадларда ва турли усулларда амалга оширилган [10, 11].

Шахсни юз тасвири асосида таниб олиш масаласида 3ам белгиларнинг информативлиги муҳим ўрин тутди. Агар биз юздаги барча белгилар бир 3ил ба3ога эга ва уларнинг барчасини олиш зарур деб олсак, албатта хато бўлади. Ўтказилган тажрибалардан шу нарса маълум бўлдики, белгилар фазосида информатив белгиларнинг коэффициентлари анишланганда, таниб олиш ишончилиги ошди.

Белгиларнинг информативлик даражаларини анишлашнинг икки хил усулини кўрамыз.

Биринчи усулда белгилар фазосида информатив белгиларни анишлаш ўйидаги тартибда бажарилди:

1) Бир неча ўнлаб (юздан ортиш) объектлар (юз тасвирлари) нинг белгилар фазоси ўқрилди, яъни:

$$\begin{pmatrix} I_{11} & I_{12} & \dots & I_{1n} \\ I_{21} & I_{22} & \dots & I_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ I_{m1} & I_{m2} & \dots & I_{mn} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

бу ерда I - объект (фотосурат),

m – объектнинг тартиб раъами,

n – белгининг тартиб раъами.

Демак, белгилар фазоси n та белгидан иборат бўлган m та объектли матрица ўқриб олинди.

2) Объектларнинг мос белгилари орасидаги энг катта фарълар анишланди:

$$d_n = \max_i | \bar{I}_i - I_{in} |, \quad (3)$$

бу ерда

$$\bar{I}_i = \sum_{k=1}^m I_{kp}, \quad p=1, n, \quad i=1, m.$$

3) 2осил бўлган тўплам каттадан кичикка томон тартибланди, яъни:

$$D^{(N)} = \{d_1, \dots, d_{p-1}, d_p, d_{p+1}, \dots, d_n\} \quad (4)$$

Бундай тартибланган белгилар фазосида бошланғич белгилар энг информатив деб ўаралади. Агар белгилар сони кўп бўлса, улардан маълум бир миъдорини ўолдириб, ўолганларини ташлаб юбориш мумкин. Шунингдек, объектни таниб олиш учун унинг белгиларини ба3оланаётганда белгиларнинг тартибига эътибор берилади, яъни биринчи ўриндаги белги учун ю3орио3 балл, кейингисига камро3 балл берилади ва 3оказо.

Белгиларнинг информативлигини аниқлашнинг иккинчи усулини кўрамиз. Бунда ҳар бир белги учун информативлик коэффициентлари ρ аниқланади:

$$\rho = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2, \quad (5)$$

бу ерда $\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i$.

Шу тариқа, олинган юз геометрик белгиларнинг информативлик даражалари аниқланди (2-жадвал).

2-жадвал

Белгилар номи	ρ коэффициентлари
REM/LER	11,59
LEM/LER	11,59
(LEM/LER+REM/LER)/2	11,59
RBN/LER	10,5
LBN/LER	10,5
(LBN/LER+RBN/LER)/2	10,5
REN/LER	7,36
LEN/LER	7,36
(LEN/LER+REN/LER)/2	7,05
DMN/LER	7,05
((LBE+RBE)/2)/LER	4,85

Аниқланган юз кўрсаткичлари асосида таниб олиш алгоритмларини ўқриш. Юз кўрсаткичлари аниқлангандан сўнг идентификациялаш жараёни, яъни таниб олиш алгоритмлари асосида икки тасвирнинг ўхшашлик коэффициентлари аниқланади. Идентификация йўналишида эса турли алгоритмлар яратилган бўлиб, улар турли мактаб вакиллари томонидан ривожлантирилган [10-14].

Тимсолларни аниқлаш масаласида бир нечта усуллар қўлланилади. Улар асосан шуйдагилардан иборат:

- потенциал функцияларга асосланган усул;
- бўлиниш шойдасига асосланган усул;
- статистик усул;
- ба³оларни ³исоблаш усули (овоз бериш);
- алгебраик логикага асосланган усул.

Берилган иккита объектнинг ўхшашлигини текширишда объектларнинг хусусиятлари ўрганилади ва уларни характерловчи белги (признак) лар та³лил шилинади. Объект белгилари турли ўлчов бирликларида берилиши мумкин. Объектнинг маълум бир белгилари битта векторни ташкил шилади. Масалан, биринчи объектга тегишли белгилар $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ва иккинчи объектга тегишли белгиларни $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ кўринишида ифодалаш мумкин.

Солиштирилаётган иккита объектнинг мос белгилари ўртасидаги фарш танланган ε бўсајадан кичик бўлса, бу объектлар битта синфга киритилади ёки улар ўхшаш дейилади. Бу ерда ε автоматик равишда ёки экспериментал танлаб олиниши мумкин. Танланган ε нинг жиймати жанчалик кичик танланса, анишлик даражаси ошиб боради.

Белгилар орасидаги фаршни анишлаш учун уларнинг айирмасини олиш мумкин, яъни $|x_i - y_i|$. Буни умумий ³ол учун ³уйидагича ёзиш мумкин.

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2, \quad (6)$$

бу ерда L – белгилар сони.

Шунингдек, икки объект мос белгиларининг нисбати асосида идентификациялаш ³ам яхши натижалар беради. Уни жуйидагича ифодалаш мумкин.

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |(x_i / y_i) - 1|. \quad (7)$$

Агар $K < \varepsilon$ бўлса, текширилаётган объектлар битта синфга тегишли бўлади.

Белгилар орасидаги ўхшашликни фоиз ³исобида анишлаш учун жуйидаги формула кўлланилди.

$$F = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n (1 - c\rho_i |(x_i / y_i) - 1|), \quad (8)$$

бу ерда $c=0,1$,
ёки

$$F = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n (1 / (1 + c|1 - (x_i / y_i)|)), \quad (9)$$

бу ерда $c=0,55$.

Ўтказилган тажрибаларда ўхшашлик фоизи $F \geq 95$ бўлганда текширилаётган иккита юз тасвири бир одамга тегишли, акс ³олда эса текширилаётган юз тасвирлари бошша-бошша одамга тегишли эканлиги маълум бўлди.

Шундай жилиб келтирилган маълумотлар ва алгоритмлар шахсни юз тасвири бўйича таниб олиш жараёнинини охириги босжичлари бўлиб ³исобланади. Юздаги идентификация нушталари та³лил жилиниб, уларда энг яхши натижалар берадиган кўрсаткичлар танлаб олинди. Танлаб олинган белгиларнинг информативлик даражалари анишлангандан сўнг таниб олиш ишончлилиги ошди. Таклиф этилган алгоритмлар ва улар асосида яратиладиган дастурий тизим юз тасвирини криминалистик текшириш, киришга рухсат тизимларида, видеоконференцияларда ³амда турли шахс идентификацияси билан бојлиш бўлган масалаларда жўлланилиши мумкин.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Снетков В.А., Виниченко И.Ф., Житников В.С. и др. Криминалистическое описание внешности человека. М.: МВД СССР ВНИИ, 1984. -128 с.
2. Зинин А.М., Кирсанова Л.З. Криминалистическая фотопортретная экспертиза. М.: МВД СССР ВНКЦ, 1991. -88с.
3. Полевой Н.С. Криминалистическая кибернетика. М.: МГУ, 1982. -208с.
4. Стёпин В.С., Савушкин А.В., Зотов А.Б. Криминалистическое отождествление человека по разноракурсным фотопортретам. Метод. реком. М.: ЭКЦ МВД, 1992. -24с.
5. Фазылов Ш.Х., Абдугафаров И.А., Тухтасинов М.Т. Решение задачи распознавания лица// Проблемы информатики и энергетики. 2003. № 3. С. 49-55.
6. Fazilov Sh.Kh., Abdugafarov I.A., Tukhtasinov M.T. Biometric Identification of Computer System Users // WCIS. Third World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. Tashkent, 2004. P.57-61.
7. Тухтасинов М.Т. Тасвирда одам юзи ва юз белгиларини топиш алгоритмлари //Информатика ва энергетика муаммолари. 2004. № 4. 5-10 - бетлар.
8. Фазылов Ш.Х., Тухтасинов М.Т., Старовойтов В.В., Самаль Д.И., Ригол Г. Локализация фрагментов лица на цветных фотопортретах// Доклады 4-й Международной научной конференции “Обработка информации и управление в чрезвычайных и экстремальных ситуациях”. Минск, 2004. С. 218-223.
9. Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Методика автоматизированного распознавания людей по фотопортретам// Цифровая обработка изображений. Минск: Ин-т техн. киберн. НАН Беларуси, 1999. С.81-85.
10. Камиллов М.М., Фазылов Ш.Х., Нишанов А.Х. Метод выбора признаков с использованием критерия информативности фишеровского типа// Проблемы информатики и энергетики. 1992. № 2. С. 9-12.
11. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н., Жуманазаров С.С. О корректности алгоритмов распознавания, основанных на взаимосвязанности между признаками// Проблемы информатики и энергетики. 1997. №1. С.19-24.
12. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. М.: Мир, 1976. -511с.
13. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. М.: Мир, 1978. - 411с.
14. Журавлев Ю.И., Камиллов М.М., Туляганов Ш.Е. Алгоритмы вычисления оценок и их применение. Ташкент: Фан, 1974.

УДК 681.5:622.691.4

Р. САДУЛЛАЕВ., Р.И. ХУРРАМОВА

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Р. Садуллаев , Р.И. Хуррамова

Магистрал газ ўувурлари тизимининг параметрлар ўийматини аниўлаш натижалари

Маўолада узоў масофали транспорт газлар ўхшаш параметрлар тизимлари усулининг асл нусхаси келтирилган. Итерацион процедурадан фойдаланиш асосида, шахсий Э²Мларда фойдали ўисоблаш алгоритми ўисоби яратилган.

R. Sadullaev, R.I. Hurrarova

Results of researches on identification parameters system of main gas pipelines

In this article is proposal the original method identification parameters system far reading transport gas. Created the effective calculate algorithm of calculation on computers based on utilization iterative procedure.

Магистральный газопровод (МГ), основными элементами которого являются линейные участки (ЛУ) и компрессорная станция (КС), относится к классу объектов многосвязных непрерывных технологических систем. Их развитие осуществляется как во времени, так и в пространстве. Развитие и удовлетворение потребителей необходимым количеством газа во времени следует рассматривать как управляемый процесс изменения структуры и параметров МГ с целью выполнения им своего функционального назначения. Этот процесс сводится к решению и реализации задач оперативного управления. Каждый элемент рассматриваемой системы и любая их совокупность характеризуются приходно-расходной функцией вида $Q = f(P, T)$ или $P = \varphi(Q, T)$. Для нахождения технологических параметров системы дальнего транспорта газа при статическом или динамическом режимах необходимо решать системы нелинейных алгебраических или дифференциальных уравнений в частных производных с начальными, краевыми и внутренними условиями. При этом следует предполагать, что параметры, входящие в эти уравнения, известны. Однако эти параметры зависят от многих факторов. И в ходе эксплуатации МГ могут меняться во времени. Для их нахождения по известным экспериментальным данным (либо накопленной информации в базах данных, полученных из реальных действующих систем по телемеханике) необходимо решать задачу параметрической идентификации исходной краевой задачи. Решение

технологических задач, связанных с оптимальным управлением режимами работы МГ, требует обращения к алгоритмам расчета статического и динамического режимов перекачки газа. Проведение этих расчетов, невозможно без знания коэффициентов гидравлического сопротивления и теплопередачи [1 - 3]. Алгоритм расчета этих коэффициентов представляет самостоятельный интерес с точки зрения использования его результатов в других задачах и тем самым в алгоритмах математического и информационного обеспечения АСУ ТП системы дальнего транспорта газа.

Коэффициенты гидравлического сопротивления и теплопередачи зависят от состояния МГ (шероховатости внутренней поверхности, диаметров элементарных участков, образования гидратов, типа изоляции, ее состояния, переходных режимов движения, числа Рейнольдса и других факторов). Существует ряд способов экспериментального или аналитического определения этих коэффициентов, тем не менее они так или иначе носят приближенный характер. К тому же нет единого мнения по вопросу приемлемости той или иной формулы, например для определения коэффициента гидравлического сопротивления λ , который получен в конкретных условиях проведения опытов или исследования. Вместе с тем при оперативном управлении режимами работы МГ необходимо достаточно точно идентифицировать λ . Здесь встают две проблемы: первая заключается в выборе математической модели режимов перекачки газа, вторая в определении неизвестного коэффициента λ , входящего в выбранную модель. Для определения λ по элементарным участкам МГ ранее нами были предложены соответствующие алгоритмы, основанные на применении метода стохастической аппроксимации, и также статической и динамической моделей функционирования систем дальнего транспорта газа [1,2]. Ныне в отличие от [1,2] мы предлагаем универсальный способ определения λ элементарных участков МГ. Выберем параметр λ в следующем виде:

$$\lambda = \alpha_1 (\alpha_2 / D + \alpha_3 / Re)^{\alpha_i}, \quad (1)$$

где α_i ($i=1,4$)- неизвестные коэффициенты, которые следует определить; D - диаметр элементарного участка системы МГ; Re - параметр Рейнольдса, вычисляемый по формуле $Re = \rho v D / \mu$, где ρ - плотность газа; v - скорость движения; μ - динамический коэффициент вязкости газа. Из формулы (1) следует, что наиболее известная для проведения расчетов формула Альтшуля вытекает из нее как частный случай при известных значениях α_i . Предложим один из способов нахождения α_i . Пусть в некоторых n точках элементарных участков МГ известно экспериментально (или по телемеханике) распределение функции состояния (давления) с течением времени T . Тогда проблему определения неизвестных параметров можно сформулировать следующим образом: найти $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ из условия

$$\min_{\alpha_i} J(\alpha_i) = \min_{\alpha_i} \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n (\overline{P_{i,j}} - P_{i,j})^2, \quad (2)$$

где $\overline{P_{i,j}}$ - известные значения давления в точках элементарных участков (ЭУ) системы МГ; $P_{i,j}$ - решение краевой задачи, описывающей движение газа в точках ЭУ.

Для определения искомых параметров выберем их нулевое приближение $\alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)}$. Решение системы уравнений, определяющей движение газа в точках ЭУ системы МГ, с этими параметрами представим в виде

$$P_{i,j} = f_i(t_i, \alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)}), \quad j = \overline{1, T}, \quad i = \Delta_k. \quad (3)$$

Разложим (3) в ряд Тейлора в окрестности $\alpha_i^{(0)}$ и ограничимся первыми степенями $\Delta\alpha_k$ ($\Delta\alpha_k$ – обозначим через Δ_k) и подставим полученное выражение в формулу (2). Тогда

$$J = \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \left[\bar{P}_{i,j} - \left(f_i + \frac{\partial f_i}{\partial \Delta_1} \Delta_1 + \dots + \frac{\partial f_i}{\partial \Delta_n} \Delta_n \right)^2 \right] \quad (4)$$

Минимизируя функционал (4) относительно Δ_k , получим систему с симметричной матрицей

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_1} \right)^2 \Delta_1 + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_2} \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_1} \Delta_2 + \dots + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_n} \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_1} \Delta_n = \\ \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n (\bar{P}_{i,j} - P_{i,j}) \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_1}, \\ \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_1} \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_2} \Delta_1 + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_2} \right)^2 \Delta_2 + \dots + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_n} \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_2} \Delta_n = \\ \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n (\bar{P}_{i,j} - P_{i,j}) \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_2}, \\ \dots \\ \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_1} \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_n} \Delta_1 + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_2} \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_n} \Delta_2 + \dots + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_n} \right)^2 \Delta_n = \\ \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^n (\bar{P}_{i,j} - P_{i,j}) \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_n} \end{array} \right.$$

В системе (5) производные $\frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_n}$ являются неизвестными, однако их можно приближенно вычислить следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_1} = \frac{f(\alpha_1^{(0)} + \overline{\Delta\alpha_1}, \alpha_2^{(0)}, \alpha_3^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)}, t_j) - f(\alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)}, t_j)}{\overline{\Delta\alpha_1}}; \\ \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_2} = \frac{f(\alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)} + \overline{\Delta\alpha_2}, \alpha_3^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)}, t_j) - f(\alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)}, t_j)}{\overline{\Delta\alpha_2}}; \\ \dots \\ \frac{\partial P_{i,j}}{\partial \Delta_n} = \frac{f(\alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)} + \overline{\Delta\alpha_n}, t_j) - f(\alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)}, t_j)}{\overline{\Delta\alpha_n}}; \end{array} \right.$$

где $\overline{\Delta\alpha_k}$ - заданные малые приращения параметров $\alpha_i^{(0)}, i = \overline{1,4}$. Для определения неизвестных коэффициентов системы алгебраических уравнений можно использовать метод Гаусса. Результаты решения $\Delta\alpha_1^{(0)}, \Delta\alpha_2, \dots, \Delta\alpha_k$ прибавляются к своим первым приближениям $\alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)}$.

Таким образом при реализации данного подхода получим первые приближения параметров

$$\alpha_1^{(1)} = \alpha_1^{(0)} + \Delta_1^{(1)}; \alpha_2^{(1)} = \alpha_2^{(0)} + \Delta_2^{(1)}, \dots, \alpha_n^{(1)} = \alpha_n^{(0)} + \Delta_n^{(1)}.$$

Полученные параметры $\alpha_n^{(1)}$ принимаются за исходные, после чего вновь повторяется весь процесс вычислений до выполнения условия

$$\max_k |\alpha_k^{(s+1)} - \alpha_k^{(s)}| \leq \varepsilon,$$

где $k = \overline{1, n}$, а ε - некоторая наперед заданная достаточно малая величина.

В случае, когда МГ состоит из множества элементарных участков с отводами и подкачками и различными диаметрами $D_\nu, \nu = \overline{1, N}$, изложенный алгоритм будет применяться для каждого элементарного участка системы МГ при определенных предположениях, связанных с набором нулевых приближений на каждом участке.

Анализируемый алгоритм параметрической идентификации, как следует из конструкции построения введения расчетов, никоим образом не связан с выбором математической модели, которая описывает реальные движения газа по системам МГ. Поэтому его можно успешно использовать для широкого класса задач, связанных с определением гидравлических параметров трубопроводных систем, где это необходимо. Кроме того, предложенный способ моделирования можно использовать, также в математическом и информационном обеспечении АСУ ТП и САПР трубопроводных сетей подземных коммуникаций городов при имеющейся соответствующей базе. Скорость сходимости метода определяется в процессе вычислительного эксперимента на ПЭВМ.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Садуллаев Р., Ещанов М.А., Утеулиев Н.У. Разработка адаптивных алгоритмов параметрической идентификации для статической и

динамической моделей функционирования систем магистральных газопроводов// Препринт НПО «Кибернетика» АН РУз, Р-3-180. Ташкент, 1997. - 46с.

2. Садуллаев Р., Хуррамова Р.И. Эффективные методы машинного моделирования магистральных газопроводов// «Инновация- 1999» Халқаро илмий амалий анжумани (илмий мақолалар туплами. Термиз, 1999. С. 256- 259.
3. Хуррамова Р.И. Постановка задачи и математическая модель оптимального управления режимами работы систем магистральных газопроводов// Изв. вузов. Серия технических наук. Ташкент, 1999. № 1.

Институт информатики
НТЦ «СИТ» АН РУз

Дата поступления
25.01.2005

УДК 638.562

Э.М. АЛИЕВ, Л.Б. ИВАННИКОВА, Т. КАХХАРОВ,
Н.Т. СОТИВОЛДИЕВ, А.Х. ШЕРАЛИЕВ

РАЗРАБОТКА И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Э.М. Алиев, Л.Б. Иванникова, Т. Каххаров,
Н.Т. Сотиволдиев, А.Х. Шералиев

Мураккаб техник тизимларни ишончилиги ва хаётийлигини оширишга мўлжалланган функционал хараakterистикаларини баҳолаш ва таҳлил ёилиш алгоритмларини тузиш ва мукамаллаштириш

Мураккаб техник тизимларни ишончилиги ва хаётийлигини оширишга мўлжалланган функционал хараakterистикаларини баҳолаш ва таҳлил ёилиш, айниқса, энергетик комплекслар ва учуш объектларининг ёурилма ва усқуналари учун, алгоритмлари ишлаб чиёилди ва мукамаллаштирилди.

E.M. Aliev, L.B. Ivannikova, T. Kahharov,
N.T. Sotivoldiev, A.H. Sheraliev

Development both improvement of algorithms of the analysis and estimation of the functional characteristics directed on increase to reliability and survivability of complex systems

Are developed the algorithms of the analysis and estimation of the functional characteristics of complex systems directed on increase to their reliability and survivability, in particular, of devices and the equipment of flying and power complexes are advanced.

Автоматизированная система оценки и прогнозирования (АСОП) надежности функционирования сложных объектов управления при современном уровне организации и аппаратурного оформления представляет собой единую неразрывную систему, в которой технологическое оборудование и сама система управления направлены на достижение одной конечной цели - оценки и прогнозирования надежности функционирования с требуемыми количественными и качественными характеристиками. В таких условиях наиболее эффективен

системный подход, т.е. разработка алгоритмов системного анализа повышения надежности систем управления.

Основными этапами работы алгоритмов системного анализа (аналогично [1]) и оценки функциональных характеристик, направленных на повышение надежности и живучести сложных систем управления, являются:

- выработка общих требований к техническим и технико-экономическим показателям автоматизированной технологической (или технической) системы управления (АТСУ) на основе анализа научно-технической и патентной информации, научно-технических прогнозов, требований заказчика (при решении конкретной практической задачи), предполагаемых или настоящих условий функционирования объекта управления;

- выбор структуры и характеристик системы управления;

- анализ формирования системы математических моделей для отобранных вариантов АТСУ, включая модели технологических звеньев, контроля и управления, а также надежности оборудования;

- расчетный анализ технологической эффективности допустимых вариантов в рамках линеаризованных моделей объектов управления;

- сужение множества вариантов путем исключения не удовлетворяющих ограничениям по необходимым характеристикам;

- предварительный выбор оптимального в смысле выбранного технико-экономического критерия варианта АСОП, осуществленный на основе линеаризованных моделей;

- сужение множества рассматриваемых вариантов АСОП путем исключения относительно малоэффективных вариантов;

- разработка технических предложений.

Все это можно представить в виде блок-схемы взаимодействия результатов отмеченных этапов и их поэтапного выполнения (рис 1.).

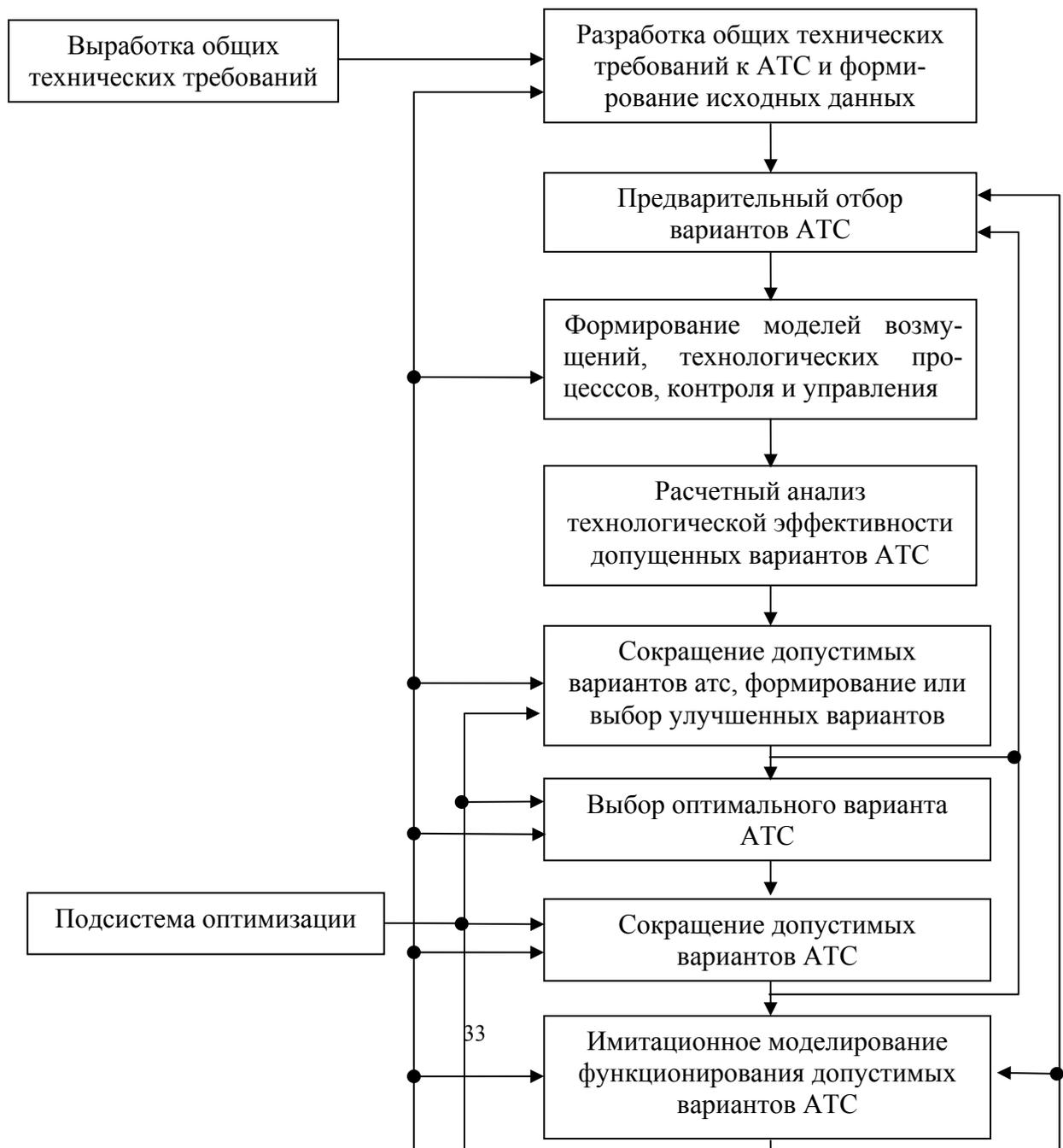
Исходя из накопленного опыта проектирования, разработчики АТС на различных этапах после отбрасывания непригодных вариантов могут расширить полученное множество допустимых вариантов (на схеме этому соответствует формирование улучшенных вариантов) за счет введения в рассмотрение новых структур АТС. Эта возможность повышает гибкость процедуры системного проектирования.

Как отмечалось, подсистема САПР, осуществляющая системный анализ АТС объекта управления, является интерактивной человеко-машинной системой и функционирует в режиме диалога между инженером-проектировщиком и ЭВМ. На начальной стадии проектирования с помощью подсистемы оценки технологической эффективности АТС инженер-проектировщик осуществляет приближенный расчет (в рамках линеаризованных моделей смешанного качества выходной продукции для множества допустимых вариантов АТС. Расчет проводится на основе теории многомерных динамических систем с учетом характеристик надежности технологического оборудования. По результатам расчета инженер-проектировщик отбирает те варианты АТС, которые удовлетворяют требованиям, предъявляемым к конечному продукту, анализирует их с помощью подсистемы оптимизации с точки зрения экономичности, простоты реализации и т.д. и останавливает свой выбор на нескольких вариантах, которые следует подвергнуть дальнейшему исследованию.

Моделирование функционирования технологического комплекса и системы автоматизированного контроля и управления может быть осуществлено с помощью известных математических моделей и алгоритмов. Учитывая

возможности современных ЭВМ, для этих целей могут быть использованы достаточно сложные, в том числе нестационарные, нелинейные и т.п. модели и алгоритмы, которые недоступны при применении расчетных методов анализа. Определенные трудности вызывает моделирование случайных нарушений в работе различных элементов АТС – технологического оборудования и программно-аппаратурных средств. В общем случае для такого моделирования необходимо располагать законом распределения вероятностей появления различного рода нарушений и отказов, временами восстановления системы, а также количественными оценками изменения параметров элементов АТС под влиянием отмеченных нарушений. Получение такой информации требует длительного наблюдения за работой АТС, отдельных ее элементов в промышленных (для существующего оборудования) или полупромышленных, лабораторных (для вновь разрабатываемого оборудования) условиях проведения специальных экспериментов и расчетов.

Если перейти к более конкретным вопросам разработки алгоритмов оценки и прогнозирования надежности функциональных характеристик, то наш выбор



придется на алгоритмы распознавания образов и логико-динамические системы. В качестве алгоритмов распознавания образов будут использованы алгоритмы вычисления оценок, в разработке и применении которых мы принимали участие как соавторы.

Алгоритмы вычисления оценок определяются заданием шести основных этапов [2 - 4]: Системы опорных множеств Ω_A ($\Omega \subseteq \Omega$) алгоритма А, функции близости между частями строки S, т.е. $\bar{\omega}S$ и $\bar{\omega}S_q$, вычисления оценки для строк по фиксированному опорному множеству, вычисления оценки для класса по фиксированному опорному множеству, вычисления оценки для класса по системе опорных множеств и, наконец, решающего правила для алгоритма А.

Покажем, как применяются алгоритмы вычисления оценок для решения задачи прогнозирования качества технологической продукции флотационного обогащения [5-8].

По данным пассивного эксперимента для каждого j -го ($j = \overline{1, m}$) наблюдения выходной переменной качества выходного концентрата S_j устанавливаются соответствующие количественные значения неуправляемых x_p и управляемых x_k воздействий. Так строится таблица T_{nm} . На основе априорных данных или некоторых аналитических методов она разбивается на l классов. В нашем случае $l=3$. Были отобраны реализации, при которых получена продукция хорошего, удовлетворительного и плохого качества. Они и составили три класса: K_1, K_2, K_3 . Количество реализаций S_j в каждом классе может быть одинаковым. Полученная таким образом таблица представляет собой таблицу обучения.

Теперь для прогнозирования качества технологической продукции необходимо зарегистрировать количественные значения параметров x_i ($i = \overline{1, n}$) функционирующего объекта в данный момент времени. Полученное таким образом множество значений параметров будет представлять собой некоторую строку S' , которая называется контрольным объектом. Задачей алгоритма вычисления оценок является отнесение контрольной строки к одному из трех классов. По результату принимается решение о необходимости введения в технологический процесс заранее определенного элемента управления.

Для решения задач повышения живучести проектируемых и эксплуатируемых объектов управления показана целесообразность представления

объекта управления в классе логико-динамических систем и построения алгоритмов исследования и применения для повышения надежности с использованием матричных методов [9]. На рис. 2, приведена укрупненная блок-схема алгоритма анализа живучести и надежности логико-динамических систем.

Блоки 1 и 2 предназначены для получения нелинейных алгебраических уравнений из дифференциальных путем приравнивания производных нулю (установившийся режим) и получения одного уравнения высшего порядка методом исключения. В блоках 3 и 4 производятся программное определение коэффициентов уравнения высшего порядка и решение его методом Берстоу, определение остальных переменных методом подстановки (на основе найденного значения первого переменного) и проверка на сходимость системы алгебраических уравнений подстановкой найденных значений переменных. В блоке 5 при варьируемых переменных определяются коэффициенты, которые получаются в результате умножения известных коэффициентов дифференциальных уравнений на соответствующие значения найденных

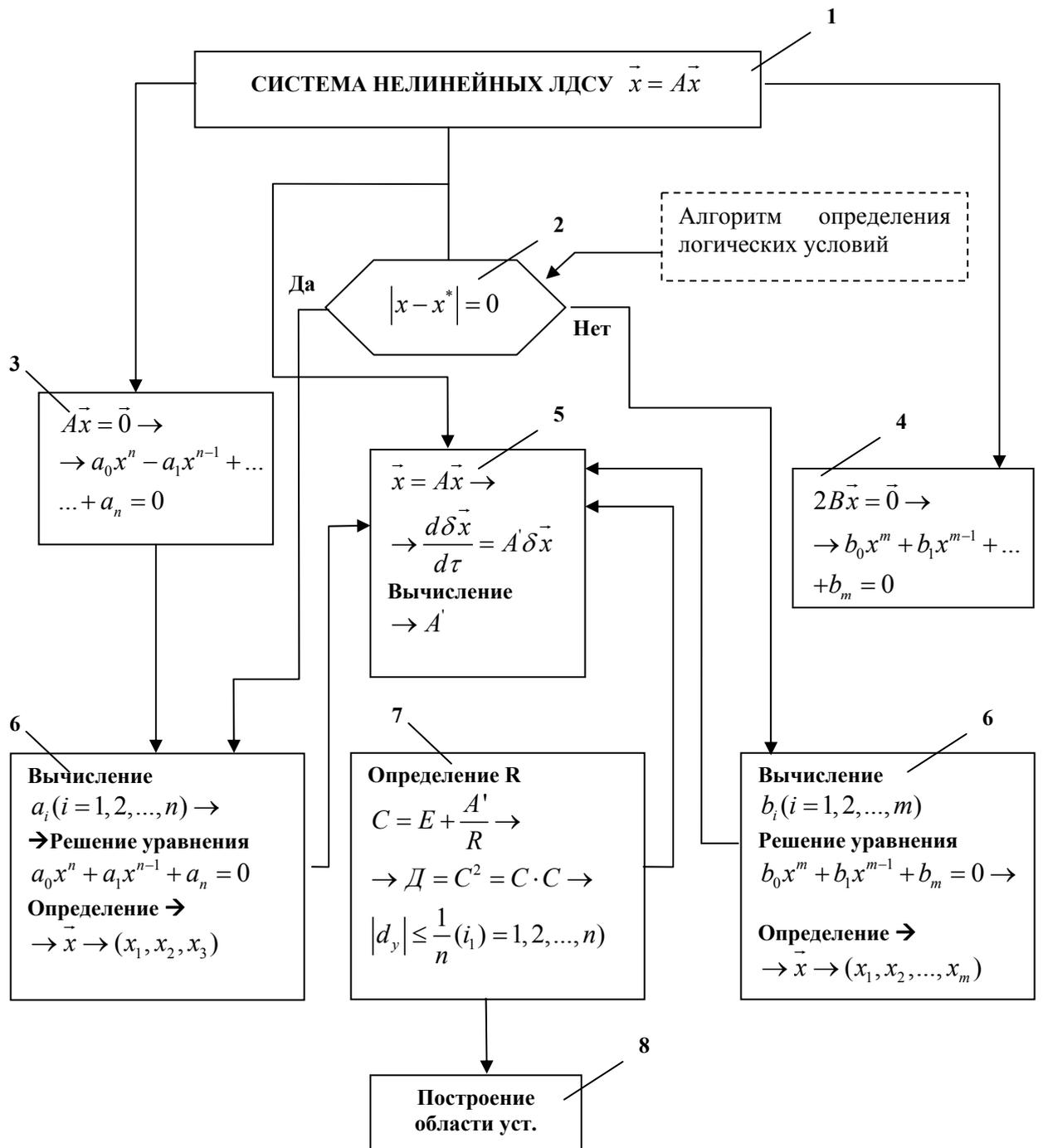


Рис. 2. Укрупненная блок-схема алгоритма анализа живучести и надежности ЛДС

переменных в установившемся состоянии. Эти коэффициенты образуют матрицу A . В блоке 6 происходит программное определение обратной матрицы A^{-1} (или выбор радиуса R) в результате нескольких испытаний и пересылка $B^k \rightarrow B$. На основе матрицы A^{-1} (или R) вычисляется матрица B и осуществляется переход к блоку 7. В блоке 7 происходит анализ критерия устойчивости, если система устойчива, то осуществляется переход к блоку 8, если не устойчива – к блоку 5 для образования матрицы A .

Таким образом, данные алгоритмы применимы при решении насущных задач оценки функциональных характеристик, направленных на повышение надежности, устойчивости и живучести сложных систем управления, в частности, устройств и оборудования летательных аппаратов и энергетических комплексов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гельфанд Я.Е. и др. Управление химико-технологическими процессами приготовления многокомпонентных смесей// Ленинград: Химия, 1983. - 288 с.
2. Журавлев Ю.И., Камилов М.М., Туляганов Ш.Е. Алгоритмы вычисления оценок и их применение. Ташкент: Фан, 1974. -119 с.
3. Алиев Э.М., Камилов М.М. О вычислении ε - порогов при распознавании объектов алгоритмами голосования// Вопросы кибернетики. Ташкент, 1971. Вып.43. С. 72-80.
4. Камилов М.М., Алиев Э.М. Выбор длины голосующих наборов в алгоритмах вычисления оценок// Вопросы кибернетики. Ташкент, 1971. Вып.44. С. 162-166.
5. Алиев Э.М. Принципы многовариантного доминирования в оптимальном управлении технологическими процессами// Изв. АН РУз. Ташкент: ФАН, 1984. Вып.6. С. 6-10.
6. Алиев Э.М., Калимбетов Н.И., Шералиев А.Х. Распознающая модель объекта управления// Вестник Каракалпакского отделения АН РУз. 2000. №6-7, Нукус. С. 42-43.
7. Алиев Э.М., Сотиволдиев Н.Т., Шералиев А.Х. Распознающие модели в технической диагностике объекта управления// Математические методы распознавания образов -11(ММРО-11). 23-29 ноября, Москва, 2003. С. 233-235.
8. Алиев Э.М., Уразов Н. Прогнозирование и управление качеством технологической продукции. Ташкент: ФАН, 1984.
9. Жук К.Д., Каххаров Т.К. Исследование устойчивости систем логико-динамического класса в задачах системного проектирования. Ташкент: ФАН, 1982.

Институт информатики
НТЦ "СИТ" АН РУз

дата поступления
05.03.2005

УДК 576.35:517.948

М.Б. ХИДИРОВА

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ВОЗБУДИМЫХ СРЕД*

М.Б. Хидирова

Актив муїт регуляция механизмларини математик моделлаштириш

* Данная работа осуществлена при частичной финансовой поддержке ФФИ РУз (грант 41/2000) и ЦНТ КМ РУз (грант Ф-1.3.1).

Маъолада актив муит регуляция механизмларини дифференциал-айирма тенгламалар синфи оръали математик моделлаштиришнинг назарий масалалари ксерилган. Актив муитлар регуляция механизмнинг дифференциал-айирма тенгламалари тизими сифатий ва исобий таилили натижалари келтирилган.

M.B. Hidirova

Mathematical modelling of the regulation mechanisms of an excitable medium

The theoretical questions of mathematical modeling the regulation mechanisms of excitable medium in the class of differential-delay equations are considered in the article. The results of qualitative and quantitative analysis of differential-delay equations system of an excitable medium regulation mechanisms are given.

В последние годы бурно развивается теория возбудимых сред, результаты которой применяются в различных областях: химии, биологии, экологии, электрической инженерии, динамики популяций, кардиологии, неврологии. Классические работы N. Wiener, Б.П. Белоусова – А.М. Жаботинского, Е.Н. Lorenz позволили осуществить постановку задачи, определить важнейшие особенности функционирования возбудимых сред [1,2]. Одним из перспективных направлений количественных исследований возбудимых сред является применение методов математического моделирования механизмов их регуляции в классе дифференциально-разностных уравнений. Позволяя учитывать пространственно-временную организацию исследуемых процессов, математическое моделирование на основе данного класса уравнений приводит к раскрытию большого многообразия режимов поведения системы регуляции возбудимых сред [1,2].

Рассмотрим некоторые результаты математического моделирования механизмов регуляции возбудимых сред на основе системы дифференциально-разностных уравнений вида

$$\begin{aligned} \theta_1 \frac{dx(t)}{dt} &= a_1 x(t-1) y(t-1) e^{-x(t-1)-y(t-1)} - x(t); \\ \theta_2 \frac{dy(t)}{dt} &= a_2 x(t-1) - y(t) \end{aligned} \tag{1}$$

в первом квадранте фазовой плоскости. Уравнения (1) являются частным случаем общей системы дифференциально-разностных уравнений возбудимых сред [1]:

$$\begin{aligned} \frac{dX_i(t)}{dt} &= a_i \left(\prod_{j=l_1^i}^{l_2^i} X_j(t-h) \right) \exp\left(- \sum_{j=1}^n d_{ij} X_j(t-h) \right) - b_i X_i(t), \\ i &= 1, 2, \dots, n; \quad 1 \leq l_1^i \leq l_2^i \leq n. \end{aligned}$$

Существование единственного непрерывного решения рассматриваемых уравнений при непрерывных начальных условиях обеспечивается методом последовательного интегрирования Беллмана-Кука [3-4].

Характер решения уравнений (1) сравнивается с поведением решений соответствующих дифференциальных уравнений без запаздывания:

$$\begin{aligned} \theta_1 \frac{dx(t)}{dt} &= a_1 x(t) y(t) e^{-x(t)-y(t)} - x(t); \\ \theta_2 \frac{dy(t)}{dt} &= a_2 x(t) - y(t). \end{aligned} \quad (2)$$

Все параметры систем (1) и (2) положительны и вещественны. Определение положений равновесия (x_0, y_0) рассматриваемых систем по общепринятой схеме [5-6] приводит к уравнению

$$a_1 a_2 x_0^2 e^{-(1+a_2)x_0} - x_0 = 0. \quad (3)$$

Видно, что тривиальное положение равновесия существует всегда. Для анализа нетривиальных положений равновесия ($X \neq 0$) рассмотрим функцию

$$F(X) = a_1 a_2 X e^{-X(1+a_2)} - 1.$$

Существование нетривиальных положений равновесия определяется соотношением (рис. 1)

$$\max_x F(X) = F(X_{\max}) \geq 0.$$

Анализ поведения непрерывной функции $F(x)$ при $x \geq 0$ показывает, что

$$F(0) = -1, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} F(X) = -1$$

и имеется только один экстремум (максимум).

Так как

$$X_{\max} = \frac{1}{1+a_2},$$

имеем

$$F(X_{\max}) = a_1 a_2 \frac{1}{1+a_2} e^{-1} - 1$$

и наличие нетривиальных положений равновесия определяется из условия

$$a_1 \geq \frac{e(1+a_2)}{a_2}. \quad (4)$$

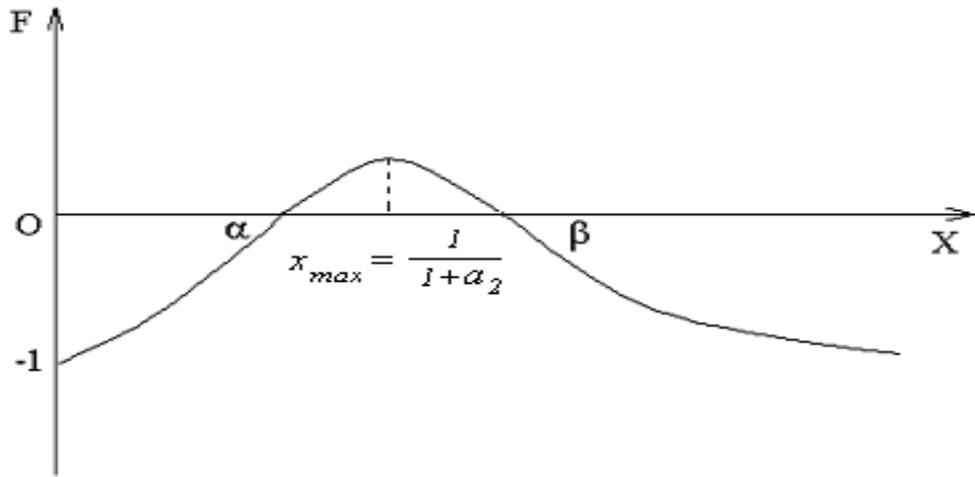


Рис. 1. Существование нетривиальных положений равновесия (1).

Если соотношение (4) является равенством, (3) имеет один нетривиальный корень, а если строгим неравенством, то (3) имеет два корня.

Поскольку случай одного нетривиального корня (3) мало пригоден для решения задач возбудимых сред (малые изменения значений параметров приводят к исчезновению нетривиальных корней или к появлению двух нетривиальных), рассмотрим случай двух нетривиальных корней. Тогда системы (1), (2) будут иметь три положения равновесия $O(0, 0)$, $A(\alpha_1, \alpha_2)$ и $B(\beta_1, \beta_2)$, причем

$$0 < \alpha_1 < \frac{1}{1 + a_2} < \beta_1, \quad (5)$$

$$0 < \alpha_2 < \frac{a_2}{1 + a_2} < \beta_2.$$

Анализ расположения главных изоклин в первом квадранте фазового пространства показывает существование областей, в которых производные переменных сохраняют знак (рис. 2)

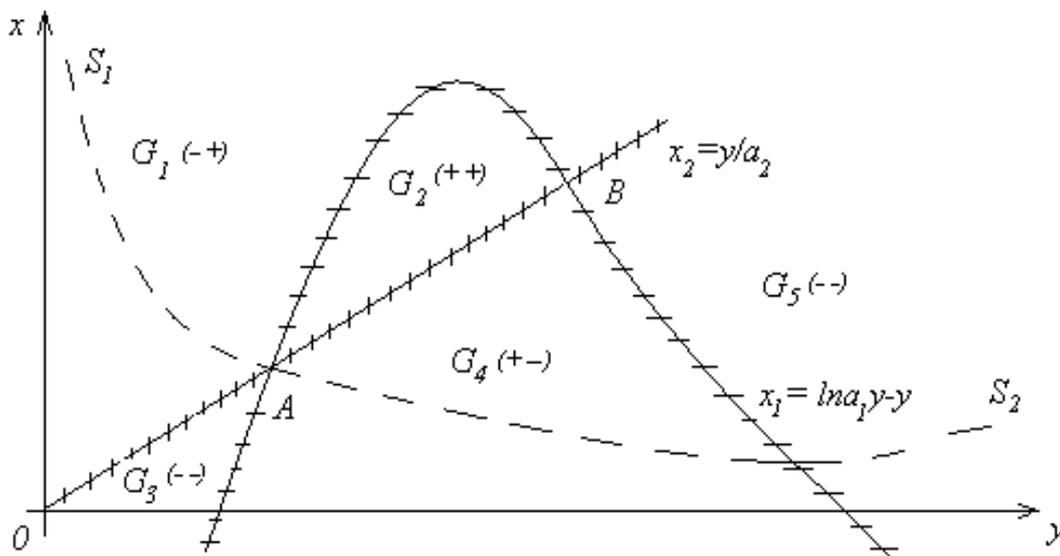


Рис.2. Области однородного поведения решений (2) в фазовом пространстве

$$\begin{aligned}
 G_1 & \left(x > \ln a_1 y - y; \quad x > \frac{y}{a_2} \right): \dot{x} < 0, \quad \dot{y} > 0; \\
 G_2 & \left(x < \ln a_1 y - y; \quad x > \frac{y}{a_2} \right): \dot{x} > 0, \quad \dot{y} > 0; \\
 G_3, G_5 & \left(x > \ln a_1 y - y; \quad x < \frac{y}{a_2} \right): \dot{x} < 0, \quad \dot{y} < 0; \\
 G_4 & \left(x < \ln a_1 y - y; \quad x < \frac{y}{a_2} \right): \dot{x} > 0, \quad \dot{y} < 0.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Из характера поведения решений в фазовом пространстве, согласно (6), видно существование сепаратрисы S_1AS_2 , разделяющей рассматриваемый первый квадрант на две области - бассейны аттракторов O и B . Решения, расположенные ниже сепаратрисы S_1AS_2 , стремятся к окрестности тривиального аттрактора, а выше - к окрестности нетривиального аттрактора B (рис. 3).

Следовательно, положение равновесия A составляет α -множество рассматриваемого уравнения при сделанных предположениях, а ω -множество состоит из положений равновесия O и B .

Устойчивость тривиального положения равновесия у систем (1) и (2) очевидна. Следующая теорема определяет характер устойчивости нетривиальных положений равновесия A и B .

Теорема. Пусть

$$a_1 \geq a_0 > \frac{e(1+a_2)}{a_2}.$$

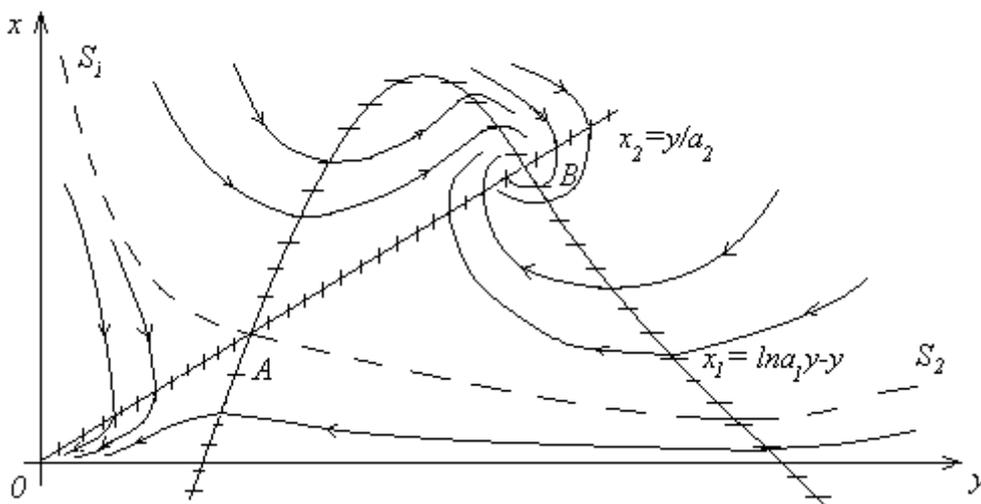


Рис.3. Характер поведения решений (2) в первом квадранте фазового пространства.

Тогда в системе уравнений (1) и (2) положение равновесия A неустойчиво, в уравнении (2) положение равновесия B устойчиво, а в уравнении (1) положение равновесия B устойчиво, если и только если выполняется неравенство

$$a_2 > \frac{1}{\theta_1 \xi \sin \xi - \cos \xi + 1},$$

где ξ решение уравнения $\xi = -(\operatorname{tg} \xi)/\theta_1$, $0 < \xi < \pi$.

Доказательство. При условиях теоремы мы имеем изолированность нетривиальных положений равновесия и возможность применения метода Ляпунова для исследования характера устойчивости с помощью линеаризованных уравнений в окрестности положения равновесия.

Для рассмотрения поведения решений в окрестности положения равновесия (x_0, y_0) перейдем к новым переменным

$$X = x_0 + x, \quad Y = y_0 + y$$

с малыми x, y . Следуя методу Ляпунова, будем пренебрегать членами, содержащими x, y выше первого порядка. Соответствующая система уравнений имеет вид

$$\begin{aligned} \theta_1 \frac{dx(t)}{dt} &= x_0 \left(\left(\frac{1}{x_0} - 1 \right) x(t-1) + \left(\frac{1}{y_0} - 1 \right) y(t-1) \right) - x(t); \\ \theta_2 \frac{dy(t)}{dt} &= a_2 x(t-1) - y(t). \end{aligned} \quad (7)$$

Для системы (2) характеристическое уравнение имеет вид (с учетом $y_0 = a_2 x_0$)

$$\lambda^2 + \frac{\theta_1 + \theta_2 x_0}{\theta_1 \theta_2} \lambda + \frac{x_0(1 + a_2) - 1}{\theta_1 \theta_2} = 0. \quad (8)$$

Анализ корней уравнения (8) на основе (5) показывает (например, по методу Рауса-Гурвица [7]), что в системе уравнений (2) положение равновесия A неустойчиво, а положение равновесия B устойчиво.

Перейдем к исследованию решений уравнения (7) для системы (1). Наличие запаздывания может создать неустойчивость второго ненулевого положения равновесия B .

Для (1) характеристическое уравнение системы (7) имеет вид

$$\begin{vmatrix} (1 - x_0)e^{-\lambda} - 1 - \theta_1 \lambda & x_0 \left(\frac{1}{y_0} - 1 \right) e^{-\lambda} \\ a_2 e^{-\lambda} & -1 - \theta_2 \lambda \end{vmatrix} = 0$$

или

$$((x_0 - 1)e^{-\lambda} + 1 + \theta_1 \lambda)(1 + \theta_2 \lambda) + (a_2 x_0 - 1)e^{-2\lambda} = 0. \quad (9)$$

В случае положения равновесия A уравнение (9) имеет положительный корень. Следовательно, положение равновесия A - неустойчиво.

Рассмотрим второе нетривиальное положение равновесия В системы (1). Для исследования возможности потери его устойчивости возьмем случай $a_2x_0 = 1$. Тогда уравнение (9) примет вид

$$\left(\lambda + \frac{1}{\theta_1} \right) e^{\lambda} + \frac{1 - a_2}{a_2 \theta_1} = 0 .$$

Теперь для оценки знака действительной части корней данного характеристического уравнения воспользуемся критерием Хейса [8]. Действительные части корней данного характеристического уравнения отрицательны тогда и только тогда, когда выполнены следующие условия:

$$1/\theta > -1,$$

$$1/a_2\theta_1 > 0, \tag{10}$$

$$\frac{1 - a_2}{a_2 \theta_1} < \xi \sin \xi - \frac{1}{\theta_1} \cos \xi ,$$

где ξ - корень уравнения $\xi = -\operatorname{tg} \xi / \theta_1$, причем $0 < \xi < \pi$.

Первые два условия (10) выполнены. Третье условие (10) устойчивости запишем в виде

$$a_2 > \frac{1}{\theta_1 \xi \sin \xi - \cos \xi + 1} , \tag{11}$$

которое может и не выполняться. Например, при $\theta_1 = 1$ уравнение $\xi = -\operatorname{tg} \xi$ имеет единственное решение $\xi \approx 2,02$ и $\sin \xi \approx 0,9$, $\cos \xi \approx 0,43$. Тогда неравенство (11) имеет вид

$$a_2 > 2,7 .$$

При невыполнении этого неравенства положение равновесия В теряет устойчивость. Таким образом, наличие запаздывания приводит к возникновению неустойчивости второго ненулевого положения равновесия В.

Теорема доказана.

При решении практических задач по анализу механизмов возбудимых сред часто (1) рассматривается в предположении равновесности процессов, описываемых вторым уравнением. Это приводит к задаче анализа решений дифференциально-разностного уравнения вида [9]

$$\theta \frac{dx(t)}{dt} = ax^2(t-1) \exp(-x(t-1)) - x(t) ,$$

а при малых θ - к исследованию характерных решений функционального

$$x(t) = ax^2(t-1) \exp(-x(t-1))$$

и дискретного

$$x_{k+1} = ax_k^2 \exp(-x_k) \tag{12}$$

уравнений [4,6,9,10].

Результаты качественного исследования характерных решений (12) с использованием РС на основе инструментария информационной технологии

возбуждаемых сред [1,2] показывают богатое разнообразие режимов поведения его решений (таблица).

Режимы поведения характерных решений (12).

Режим	Тривиальный аттрактор	Стационарное состояние	Автоколебания	Детерминированный хаос	«Черная дыра»
Диапазоны значений параметра	$0 < a < e$	$e < a < 6.7$	$6.7 < a < 11$	$11 < a < 19.6$	$a > 19.6$

Анализ (12) с помощью построения диаграмм Ламерея на РС показывает превращение нетривиального аттрактора (B) в странный аттрактор по сценарию Фейгенбаума, наличие малых регионов автоколебаний - в область детерминированного хаоса, а скоротечность процесса срыва колебательных решений - к тривиальному аттрактору (эффект «черная дыра»).

Идентификация режимов стационарного состояния и автоколебаний с нормальным поведением, детерминированного хаоса и «черной дыры» - с аномалией позволяет применять полученные результаты к анализу механизмов управления конкретными процессами [4,9,11].

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Хидирова М.Б. Инструментарий информационной технологии анализа уравнений возбуждаемых сред// Труды Международной научной конференции «Современные проблемы математической физики и информационной технологии». Ташкент, 2003. Т. II. С. 180-184.
2. Хидирова М.Б. Компьютерный анализ уравнений возбуждаемых сред// Алгоритмы. Ташкент, 2003. Вып. 90. С. 69-77.
3. Беллман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения М.: Мир. 1967.
4. Hidirova M.B. Modelling of regulation mechanisms of cardiovascular systems// Scientiae Mathematicae Japonicae. 2003. Vol. 58. Т. 2. P. 427-432.
5. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу. Ритмы жизни. М.: Мир, 1991. С. 107.
6. Хидирова М.Б. О решениях функционально-дифференциального уравнения регуляторики живых систем // Вестник Московского университета. № 1. С.50-52.
7. Краснов М.Л., Макаренко Г.И. Операционное исчисление. Устойчивость движения. М.: Наука, 1964. С. 56-57.
8. Хейл Дж. Теория функционально-дифференциальных уравнений. М.: Мир, 1984. –166 с.
9. Хидирова М.Б. Моделирование механизмов возбуждения сердечной ткани// Математическое моделирование. 2004. № 11. Т. 16. С. 3-14.
10. Хидирова М.Б. О решениях функционально-дифференциального уравнения регуляторики живых систем// Дифференциальные уравнения. 2003. № 6. Т. 39. С. 855-856.
11. Hidirova M.B. Biomechanics of cardiac activation: the simplest equations and modeling results // Russian Journal of Biomechanics. 2001. № 2. Vol. 5. С. 95-103.

УДК 681.518.007

Б.М.АЗИМОВ**ИССЛЕДОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ
ГОРИЗОНТАЛЬНО - ШПИНДЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
ХЛОПКОУБОРОЧНЫХ МАШИН****Б.М.Азимов****Пахта териш машиналарини горизонтал шпинделли аппаратларининг
параметрларини тадеие еилиш ва бошеариш**

Маеолода маълумотлар чекланган шароитда горизонтал шпинделли пахта териш машиналарининг параметрларини тадеие еилиш ва уларни оптимал бошеариш усуллари ишлаб чирилган.

B.M.Azimov**The research and control of parameters horizontal working bodies of devices of a cotton harvest machines**

In article are considered the methods of research and optimum control of parameters of the horizontal-spindles cotton harvest machines working at the limited items of information.

Как известно, существует два типа хлопкоуборочных машин: вертикально-шпиндельные и горизонтально-шпиндельные. Хлопкоуборочные машины с горизонтально-шпиндельными аппаратами (ГША) выпускают Американские фирмы «Case» и «Jon-Deere». Поэтому сведения о параметрах конструкции деталей приводов кассет и шпинделей этих машин довольно ограничены, они частично описаны в прилагаемых к ним инструкциях.

Исследования ГША в Узбекистане ведут ученые А.Д. Глушенко, Р.Д.Матчанов, А.А.Ризаев, М.Т.Ташбалтаев и Р.Р.Худойкулов [1]. Ими разработаны основные модели системы «агрофон - горизонтально-шпиндельные хлопкоуборочные машины – хлопок - хлопковое волокно», позволяющие повысить качественные показатели хлопка машинного сбора и вырабатываемого из него хлопкового волокна. В частности уточнена кинематическая схема привода переднего шпиндельного барабана ГША (рис. 1, а, б) по итогам его разработки на отдельные узлы и детали. Схема включает следующие детали:

- ведущий вал I конического редуктора с зубчатыми колесами Z_9 и Z_8 , ведомое прямозубое колесо Z_7 , закрепленное на ведомом вале 4 ;

- блок шестерни с числами зубьев Z_6 и Z_7 , вращающиеся на оси 3 с подшипником 5 и приводящий в движение зубчатые колеса Z_{10} , Z_{11} шпиндельный барабан и солнечное колесо. Последнее через подшипники опирается на каркас 6 уборочного аппарата, а подшипники качения через поверхности 8 на вал 7 шпиндельного барабана. С колесом Z_5 жестко связано ведущее колесо Z_1 , от которого приводится в движение шестерня Z_2 привода валов 20 кассет;

- на каждом вале кассеты по высоте напрессованы конические шестерни с числом зубьев Z_3 , приводящие в движение шпиндели 23 . Корпусы 18 кассеты имеют подшипники 24 относительно верхнего диска 22 шпиндельного барабана, закрепленного на вале 7 , а относительно нижнего диска 16 подшипники 18 ;

верхний 22 и нижний 16 диски шпиндельных барабанов совместно с валом 7 образуют водило для всех кассет;

- в каждой кассете вал 19 имеет опоры скольжения относительно корпуса 18 и нижнюю опору 17;

- вал 7 имеет нижнюю опору 15 в нижней панели 14;

- от колеса Z_5 приводится в движение паразитное колесо Z_{12} с осью вращения 9 и подшипником 11, от которого через шестерню Z_{13} обеспечен привод вала 12 съемника. Этот вал имеет подшипники качения 10 относительно каркаса 2 и 13 относительно нижней панели каркаса уборочного аппарата;

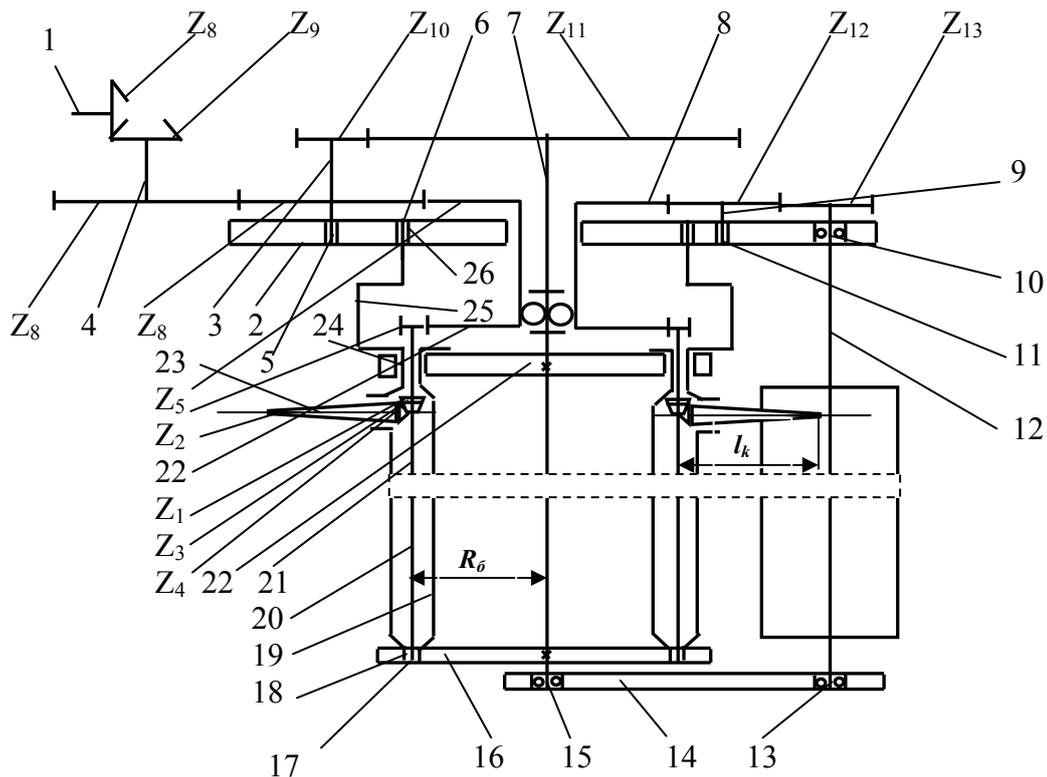
- сложное движение кассет относительно каркаса уборочного аппарата обеспечивается через поводок 25, на котором шарнирно закреплена ось 6 и ролик 26, введенный в паз кулачкового механизма привода кассет;

- расстояние $p_6 = 0.5m_1(Z_1 + Z_2)$ от оси вращения вала 7 шпиндельного барабана до оси вала 19 привода шестерни Z_3 в кассетах эквивалентно радиусу шпиндельного барабана, а расстояние l_k от оси вращения вала 19 до конца шпинделя эквивалентно длине кассеты;

- частота вращения солнечного колеса $n_1 = 601.3$ об/мин;

- частота вращения вала съемника $n_1 = 14888.9$ об/мин.

На основании натуральных измерений приняты следующие числа зубьев колес:



a

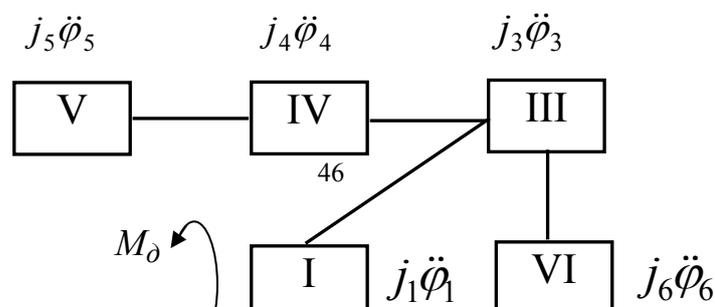


Рис. 1. Кинематическая схема (а) и динамическая модель (б) шпиндельного барабана ГША.

$Z_1=Z_5=104; Z_2=13; Z_3=21; Z_4=18; Z_6=94; Z_7=95; Z_{10}=38; Z_{11}=160; Z_{12}=55; Z_{13}=42.$

С учетом приведенных данных попытаемся составить математическую модель функционирования ГША при неизвестных конструктивных параметрах.

На основе кинематической схемы и динамической модели (см. рис. 1, а, б) получим с помощью уравнений Лагранжа второго рода математическую модель функционирования ГША в виде

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\varphi}_1 &= j_1^{-1} [M_1 - b_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + c_1(\varphi_1 - \varphi_2)] \\ \ddot{\varphi}_2 &= j_2^{-1} [b_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + c_1(\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c_1} \sin \omega t] \\ \ddot{\varphi}_3 &= j_3^{-1} [j_3 i_1 \ddot{\varphi}_2 - j_4 \ddot{\varphi}_4 \sin \omega t] \\ \ddot{\varphi}_4 &= j_4^{-1} [j_4 i_2 \ddot{\varphi}_3 - j_5 \ddot{\varphi}_5 \sin \omega t] \\ \ddot{\varphi}_5 &= j_5^{-1} [j_5 i_3 \ddot{\varphi}_4 - M_{c_2} \sin \omega t] \\ \ddot{\varphi}_6 &= j_6^{-1} [j_6 i_4 \ddot{\varphi}_3 - b_2(\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_7) + c_2(\varphi_6 - \varphi_7)] \\ \ddot{\varphi}_7 &= j_7^{-1} [b_2(\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_7) + c_2(\varphi_6 - \varphi_7) + j_2 \ddot{\varphi}_4 - j_5 \ddot{\varphi}_5 \sin \omega t] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где M_1 - движущий момент;

$\dot{\varphi}_1, \dots, \dot{\varphi}_7$ - угловые скорости соответственно шестерни шпиндельного барабана, шпиндельного барабана, колесо приводов шпиндельных кассет, шпиндельных кассет, шпинделей, шестерни съемника и съемника;

j_1, \dots, j_7 - моменты инерции вращающихся масс вышеуказанных звеньев ГША;

b_1, b_2 и c_1, c_2 – коэффициенты вязкого сопротивления и жесткости вала барабана и съемника;

M_{c1}, M_{c2} – моменты сопротивления, действующие на звенья ГША.

Для определения оптимальных параметров и наилучших характеристик функционирования приведем постановку задачи оптимального управления.

Основными целями управления процессом является определение основных конструктивных параметров (b_i, c_i, j_i) , наилучший переходный процесс, т.е. требуется выбрать такое управление $u(t)$, которое приводит параметры движения рабочих органов ГША к заданному значению за минимальное время. Тогда за основной критерий оценки процесса диагностирования примем периодическое быстроедействие в виде минимизации функционала [2]

$$J(\varphi_0, u(t), q(t)) = \int_{t_0}^T f^0(\varphi(t), u(t), t) dt \quad (2)$$

при условиях

$$\dot{\varphi}(t) = f(\varphi(t), u(t), t), \quad t_0 \leq t \leq T; \quad \varphi(t_0) = \varphi_0, \quad \varphi(t) = \varphi_0(t) \quad (3)$$

$$u \in U, \quad t_0 \leq t \leq T \quad (4)$$

Сформируем функцию Гамильтона-Понтрягина для системы нагружения

$$H = (q, u, t, \psi_i, \psi_0) = -f^0(q, u, t) + \langle \psi, u \rangle \quad (5)$$

и сопряженную систему

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial y_1} = -j_1^{-1} c_1 \psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial y_2} = -\psi_1 + j_1^{-1} b_1 \psi_2 \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial y_3} = -j_2^{-1} c_1 \psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial y_4} = -\psi_1 + j_2^{-1} b_1 \psi_2 \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_3}{\partial y_5} = -j_3^{-1} \psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_3}{\partial y_6} = -\psi_1 + j_3^{-1} \psi_2 \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_4}{\partial y_7} = -j_4^{-1} \psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_4}{\partial y_8} = -\psi_1 + j_4^{-1} \psi_2 \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_5}{\partial y_9} = -j_5^{-1} \psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_5}{\partial y_{10}} = -\psi_1 + j_5^{-1} \psi_2 \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_6}{\partial y_{11}} = -j_6^{-1} c_2 \psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_6}{\partial y_{12}} = -\psi_1 + j_6^{-1} b_2 \psi_2 \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_7}{\partial y_{13}} = -j_7^{-1} c_2 \psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_7}{\partial y_{14}} = -\psi_1 + j_7^{-1} b_2 \psi_2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

с ограничением на управление $|u| \leq 1$.

Для решения рассматриваемой задачи должно выполняться необходимое условие

$$H(q_i(t), u(t), t, \psi_i, \psi_0) = \max_{u \in U} H(q_i(t), u, t, \psi_i(t), \psi_0) \quad (7)$$

Перейдя к определению оптимального управления на основе (5) сформируем функцию

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 = y_1, \dot{\varphi}_1 = y_2, \dot{y}_2 = u_1 - j_1^{-1}[b_1(y_2 - y_4) + c_1(y_1 - y_3)] \\ \varphi_2 = y_3, \dot{\varphi}_2 = y_4, \dot{y}_4 = j_2^{-1}[b_1(y_2 - y_4) + c_1(y_1 - y_3)] - u_2 \sin \omega t \\ \varphi_3 = y_5, \dot{\varphi}_3 = y_6, \dot{y}_6 = u_3 - u_8 \sin \omega t \\ \varphi_4 = y_7, \dot{\varphi}_4 = y_8, \dot{y}_8 = u_4 - u_9 \sin \omega t \\ \varphi_5 = y_9, \dot{\varphi}_5 = y_{10}, \dot{y}_{10} = u_5 - u_{10} \sin \omega t \\ \varphi_6 = y_{11}, \dot{\varphi}_6 = y_{12}, \dot{y}_{12} = u_6 - j_7^{-1}[b_2(y_{12} - y_{14}) + c_2(y_{11} - y_{13})] \\ \varphi_7 = y_{13}, \dot{\varphi}_7 = y_{14}, \dot{y}_{14} = j_7^{-1}[b_2(y_{12} - y_{14}) + c_2(y_{11} - y_{13})] + u_7 - u_{11} \end{aligned} \right\} \cdot \quad (8)$$

Если $f^0 \equiv 1$, $g^0 \equiv 0$, функция Гамильтона-Понтрягина имеет вид [2]

$$\left. \begin{aligned} H_1 = \psi_0 + \psi_1 y_2 + \psi_2 \dot{y}_2, \quad H_2 = \psi_0 + \psi_1 y_4 + \psi_2 \dot{y}_4, \quad H_3 = \psi_0 + \psi_1 y_6 + \psi_2 \dot{y}_6 \\ H_4 = \psi_0 + \psi_1 y_8 + \psi_2 \dot{y}_8, \quad H_5 = \psi_0 + \psi_1 y_{10} + \psi_2 \dot{y}_{10}, \quad H_6 = \psi_0 + \psi_1 y_{12} + \psi_2 \dot{y}_{12} \\ H_7 = \psi_0 + \psi_1 y_{14} + \psi_2 \dot{y}_{14} \end{aligned} \right\} \cdot \quad (9)$$

Отсюда ясно, что условием (7) служит выделение функции $u = \text{sign} \psi_2$, $\psi_2 \neq 0$. Краевая задача (2)-(4) в этом случае примет вид [2]

$$H_\partial = -f^0 u + \psi_2(t) u_\partial \quad (10)$$

Перейдем к исследованию (6)-(10) в пределах $u = +1$, $u = -1$. Для этого произведем вычислительный эксперимент с применением численных методов Рунге-Кутты. При неизвестности параметров конструкции рабочих органов ГША в первую очередь определим вспомогательные функции. Для этого численно исследуем сопряженную систему (6) с вариацией конструктивных параметров b_i , c_i , j_i в пределах: $b_1 = 1.5, \dots, 5$ нмс; $b_2 = 6, \dots, 12$ нмс; $c_1 = 35000, \dots, 60000$ нм/рад; $c_2 = 2000, \dots, 7000$ нм/рад; $j_1 = j_2 = 0.1, \dots, 0.6$ нмс²; $j_3 = 0.07, \dots, 0.2$ нмс²; $j_4 = 0.001, \dots, 0.002$ нмс²; $j_5 = 0.0005, \dots, 0.0015$ нмс²; $j_6 = j_7 = 0.02, \dots, 0.07$ нмс².

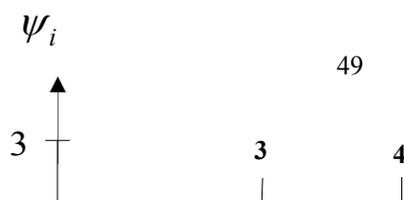
В результате численных исследований при $b_1 = 2.1$ нмс; $b_2 = 10.5$ нмс; $c_1 = 51580.2$ нм/рад; $c_2 = 5350.83$ нм/рад; $j_1 = j_2 = 0.5$ нмс²; $j_3 = 0.1$ нмс²; $j_4 = 0.0016$ нмс²; $j_5 = 0.001$ нмс²; $j_6 = j_7 = 0.0534$ нмс² получены более приемлемые значения вспомогательных функций $\psi_1, \dot{\psi}_1$ и $\psi_2, \dot{\psi}_2$ (рис. 2).

На основе полученных значений вспомогательных функций произведены численные решения систем (1), (8), (9) и определено управление $u_k(t)$ в области

$$u_k = \text{sign} \psi_2(t) = \begin{cases} 1, & \psi_2(t) > 1 \\ -1, & \psi_2(t) < 1 \end{cases} \quad k=2,4, \dots, 2n \quad (11)$$

Кроме того, получены табличные и графические зависимости (рис. 3-5) параметров функционирования ГША и оптимального управления переходными процессами, а также траектории, доставляющие максимум функции H_i при следующих оптимальных параметрах:

$M_1 = 17.4$ нм; $M_{c1} = 5$ нм; $M_{c2} = 0.2$ нм; $b_1 = 2.1$ нмс; $b_2 = 10.5$ нмс; $c_1 = 51580.2$ нм/рад; $c_2 = 5350.83$ нм/рад; $j_1 = j_2 = 0.5$ нмс²; $j_3 = 0.1$ нмс²; $j_4 = 0.0016$ нмс²; $j_5 = 0.001$ нмс²; $j_6 = j_7 = 0.0534$ нмс².



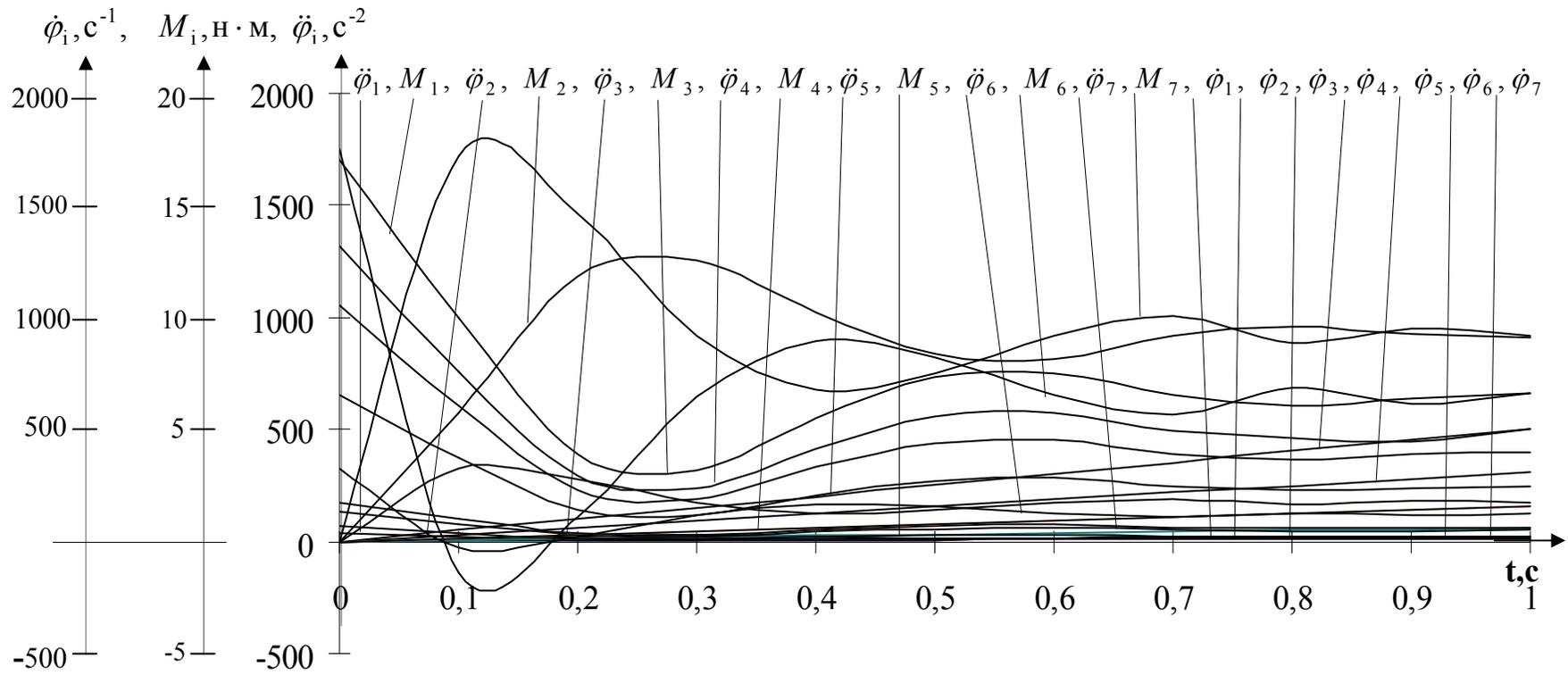


Рис. 3. Характер изменения параметров функционирования ГША машины.

$$\dot{\varphi}_{1,2}, \text{c}^{-1} \cdot 10^{-4}, \ddot{\varphi}_{1,2}, \text{c}^{-2}$$

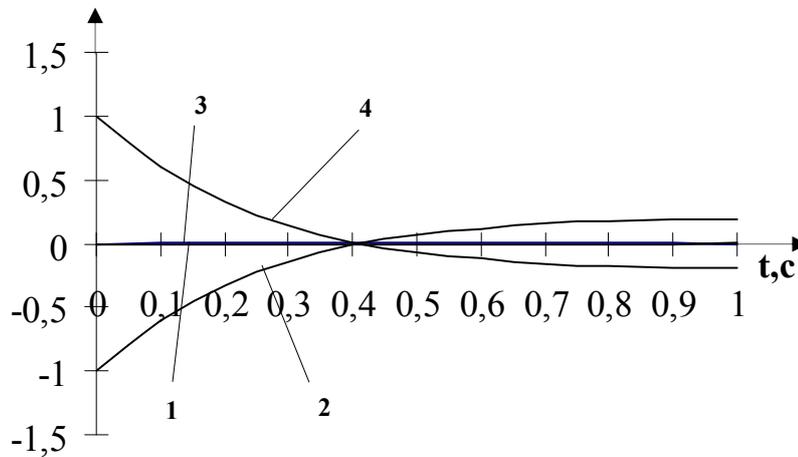


Рис. 4. График функций угловых скоростей (1, 3) и угловых ускорений (2,4) двигателя при: 1, 2 - $u(t) = +1$; 3, 4- $u(t) = -1$, а также шпиндельного барабана при: 1, 2 - $u(t) = -1$; 3, 4 - $u(t) = +1$.

$$\dot{\varphi}_{3,4,5,6,7}, \text{c}^{-1}, \ddot{\varphi}_{3,4,5,6,7}, \text{c}^{-2}$$

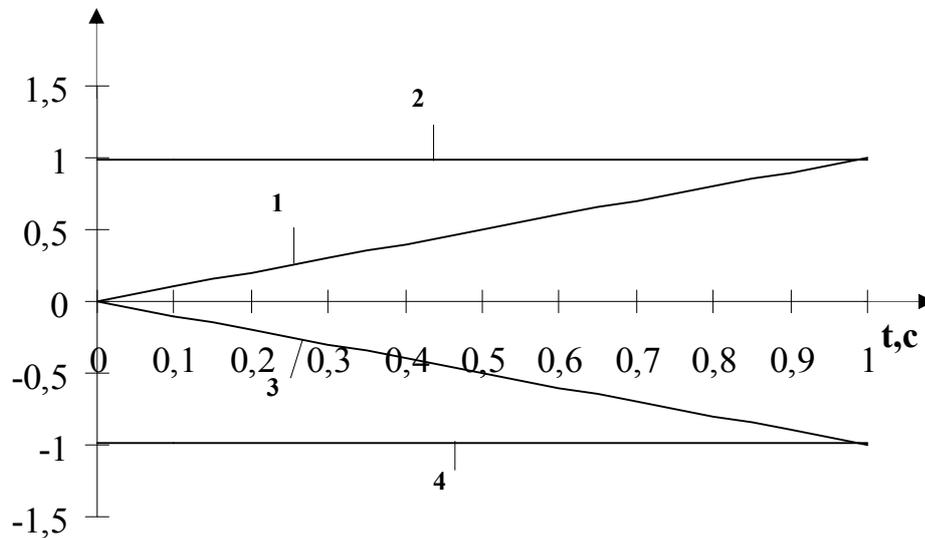


Рис. 5. График функций угловых скоростей (1, 3) и угловых ускорений (2,4) ведущего колеса привода кассет, шпинделей, шпинделей и съёмников аппарата при: 1,2 - $u(t) = +1$; 3,4- $u(t) = -1$.

Процесс управления осуществляется следующим образом. Если в начальный момент времени выполняются условия (3), тогда оптимальное быстродействие получается при следующем управлении. На отрезке времени $[t_0, t]$ осуществляется

разгон шпиндельного барабана ГША. При $u_k(t)=+1$ угловые скорости шпиндельного барабана достигают $\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_2 = 16.6 \text{ рад/с}$, шпинделей $\dot{\varphi}_5 = 311.5 \text{ рад/с}$ и съемника $\dot{\varphi}_6 = \dot{\varphi}_7 = 155.7 \text{ рад/с}$ заданного значения. На отрезке $[t, T]$ двигатель переключается на $u_k(t)=-1$, обеспечивая установившееся движение ГША.

Анализ результатов полученных для таких механизмов, как солнечное колесо (ведущее колесо) привода кассет, приводы кассет и шпинделей, а также съемник ГША, свидетельствует о зависимости равномерности движения этих звеньев, в основном, от моментов инерции и передаточных отношений.

Таким образом, выбор оптимального варианта переходного процесса ГША зависит от выбора движущего момента, моментов инерции и коэффициентов жесткости и вязкого сопротивления, что подтверждают результаты исследования [1].

Следовательно, можно утверждать, что разработанная математическая модель и оптимальное управление движением ГША позволяет определить основные и конструктивные параметры функционирования при воздействии внешних сил.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Глушенко А.О., Матчанов Р.Д., Ризаев А.А., Тошболтаев М.Т., Худойкулов Р.Р. Моделирование динамических процессов в горизонтально–шпиндельных уборочных аппаратах. Ташкент: Фан, 2004. 163с.
2. Азимов Б.М. Моделирование состояния и оптимальное управление машиноиспытательным комплексом// Проблемы информатики и энергетики. 2004. № 5. С.39-46.
3. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1988. С 421-485.

Институт Информатики
НТЦ «СИТ» АН РУз

Дата поступления
17.02.05.

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 662.997:621.47

Б.Н. САТТАРОВ, В.Д. КИМ, Б.Э. ХАЙРИДИНОВ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕПЛООБМЕНА В СОЛНЕЧНОМ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕ

Б.Н. Сатторов, В.Д. Ким, Б.Э. Хайридинов

Ўуёш ³авоиситкичда иссиёлик алмашув динамик режимининг математик модели

Ясси ўуёш коллектор ³авоиситкичда иссиёлик алмашув динамик режимининг математик модели келтирилган. Математикавий моделнинг ишончлиги экспериментал маълумотлар билан тасдиқланган.

B.N. Sattarov, V.D. Kim, B.E. Hajriddinov

Mathematical model of the dynamic mode thermoexchange in a solar air heater

Is given the mathematical model of a dynamic mode thermoexchange in a flat solar collector of an air heater. Reliability of mathematical model is confirmed by the experience data.

Солнечный коллектор воздухонагревателя (СВН) (рис. 1) шириной $b=1$ м, длиной $L=5$ м сверху закрыт стеклом 1, дно камеры покрыто зачерненным теплоприемником 2 (рис.2,3). Высота канала $h=0,1$ м. Теплоприемник поглощает прошедшую солнечную радиацию, нагревается и конвекцией передает тепло воздушному потоку в канале.

На рис.1-3 приведены схемы, отражающие процессы теплообмена в солнечном воздухонагревателе [1].

При разработке математической модели режима теплообмена в СВН приняты следующие допущения:

1) значения G, t_n - постоянны;

3) температура воздуха t_6 по длине канала изменяется линейно: $t_6 = (t_k + t_n)/2$;

4) теплопотери через боковые стенки не учитываются.

Система уравнений математической модели для динамического режима теплообмена в СВН имеет следующий вид:

$$\frac{dQ_6}{d\tau} = \alpha_2 F (t_1 - t_6) + \alpha_3 F (t_2 - t_6); \quad (1a)$$

$$\frac{dQ_6}{d\tau} = G C_6 (t_k - t_n); \quad (1б)$$

$$I_{n2} = \frac{dQ_6}{d\tau} + \frac{dQ_{mn}}{d\tau}. \quad (1в)$$

Уравнение (1a) описывает процесс теплообмена на внутренних поверхностях СВН. Уравнения (1б), (1в) выражают тепловой баланс СВН.

Граничными условиями для уравнений (1a)-(1в) являются уравнения теплового баланса на поверхностях остекления 1, теплоприемника 2 и дна 3 (см. рис. 3):

$$\alpha_{12}(t_2 - t_1) + I_{n21}/F = \alpha_1(t_1 - t_n) + \alpha_{11}(t_1 - t_o) + \alpha_2(t_1 - t_6); \quad (2)$$

$$I_{n22}/F = \alpha_3(t_2 - t_6) + \alpha_{12}(t_2 - t_1) + \sum_j \frac{\lambda_j}{\delta_j} (t_2 - t_3); \quad (2a)$$

$$\sum_j \frac{\lambda_j}{\delta_j} (t_2 - t_3) = \alpha_4(t_3 - t_n) + \alpha_{13}(t_3 - t_n). \quad (2б)$$

Массовый расход воздуха вычисляется по формуле

$$G = w\rho F_o. \quad (3)$$

Солнечное излучение, поглощаемое остеклением I_{n21} , и теплоприемником I_{n22} определяется соотношениями

$$I_{n2} = I_{n21} + I_{n22}; \quad I_{n21} = I_i k_1; \quad I_{n22} = I_i \alpha_i k_2 F; \quad I_i = I \cos i \quad (4)$$

где

$$\cos i = \cos \alpha_k \sinh_o + \sin \alpha_k \cosh_o \cos \psi; \quad \psi = \psi_o - \psi_k; \quad (4a)$$

$$\cos \psi_o = \frac{\sinh_o \sin \varphi - \sin \delta_o}{\cosh_o \cos \varphi}; \quad \sin \psi_k = \frac{\cos \delta_o \sin \tau_o}{\cosh_o}; \quad (4б)$$

$$\sinh_o = \sin \varphi + \cos \varphi \cos \delta_o \cos \tau_o. \quad (4в)$$

Коэффициенты конвективной теплоотдачи на внутренних поверхностях канала СВН α_2, α_3 определяются модифицированным уравнением Нуссельта [2,3]

$$Nu_j = 0,024 [1 + (d_3/L)^{2/3}] Re_j^{0,786} Pr_j^{0,45}; \quad (5)$$

$$Re_j = w_j d_3 / \nu_j; \quad Nu_j = \alpha_j d_3 / \lambda_j; \quad Pr_j = \nu_j / a_j. \quad (5a)$$

Коэффициенты конвективной теплоотдачи на наружных поверхностях α_1 и α_4 вычисляются эмпирическим выражением:

$$\alpha_j = (1 - \beta A/90) \alpha_j(w): \quad \begin{array}{l} \text{при } w \leq 5 \text{ м/с } \alpha_j(w) = 6.43 + 3.57w; \\ \text{при } w > 5 \text{ м/с } \alpha_j(w) = 7.7 w^{0,71}; \end{array} \quad (6)$$

где $\beta = 90 - \alpha_k$; $A = 0.25$.

Коэффициент теплоотдачи излучением на внутренней поверхности α_{12} определяется по формуле [4]

$$\alpha_{12} = \sigma \frac{(T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1}. \quad (7)$$

Коэффициенты теплоотдачи излучением на наружных поверхностях α_{11} и α_{13} определяются относительно температуры наружного воздуха [4] следующим образом:

$$\alpha_{11} = \sigma\varepsilon_1(T_1 + T_o)(T_1^2 + T_o^2); \quad \alpha_{13} = \sigma\varepsilon_3(T_3 + T_n)(T_3^2 + T_n^2); \quad (8)$$

$$\text{где [4]} \quad T_o = 0.0552 T_n^{1.5}; \quad T_n = T_n. \quad (8a)$$

Теплопотери в СВН определяются по формуле

$$dQ_{mn}/d\tau = \alpha_1(t_1 - t_n) + \alpha_{11}(t_1 - t_o) + \alpha_4(t_3 - t_n) + \alpha_{13}(t_3 - t_n). \quad (9)$$

В результате решения системы уравнений (1a)-(1в) при граничных условиях (2)-(2б), опуская громоздкие преобразования, получим

$$t_8 = \frac{1}{A} (\exp E - B t_n - D); \quad (10)$$

$$t_k = \frac{2}{A} (\exp E - B t_n - D) - t_n, \quad (10a)$$

где

$$A = \frac{A_4}{A_2} (A_1 \alpha_2 + \alpha_3) - A_5; \quad B = \frac{A_4 A_3}{A_2} - A_6; \quad D = \left(\frac{A_4 A_1}{A_2} - \frac{\alpha_3}{\alpha_{12}} \right) \frac{I_{n21}}{F} + \frac{A_4}{A_2} \frac{I_{n22}}{F}; \quad (11)$$

$$E = \frac{AF}{GC_6}; \quad A_1 = \frac{(\alpha_3 + \alpha_{12} + \alpha_j)(\alpha_4 + \alpha_{13} + \alpha_j) - \alpha_j^2}{\alpha_{12}(\alpha_4 + \alpha_{13} + \alpha_j)}; \quad (11a)$$

$$A_2 = A_1(\alpha_1 + \alpha_{11} + \alpha_2 + \alpha_{12}) - \alpha_{12}; \quad A_3 = A_1(\alpha_1 + \alpha_{11}) + \alpha_j \frac{\alpha_4 + \alpha_{13}}{\alpha_4 + \alpha_{13} + \alpha_j}; \quad (11б)$$

$$A_4 = (\alpha_2 + \alpha_3 \frac{\alpha_1 + \alpha_{11} + \alpha_2 + \alpha_{12}}{\alpha_{12}}); \quad A_5 = \alpha_3 \frac{\alpha_2}{\alpha_{12}} + \alpha_2 + \alpha_3; \quad A_6 = \frac{\alpha_1 + \alpha_{11}}{\alpha_{12}}. \quad (11в)$$

Сравнение экспериментальных и расчетных данных показывает их хорошую сходимость (рис.4). Среднестатистические отклонения расчетных и экспериментальных данных не превышают $\pm 11\%$.

Условные обозначения

a - коэффициент температуропроводности, m^2/c ;

C_6 - удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг К);

F, F_o - площади лучевоспринимающей поверхности и поперечного сечения канала, m^2 ;

G - массовый расход воздуха, кг/с;

h, b, L - высота, ширина и длина канала, м;

h_o - высота Солнца, град;

I, I_i - солнечное излучение, падающее на поверхности, перпендикулярные лучам и наклонные, Вт/м²;
 I_{nc} - солнечное излучение, поглощенное поверхностью, Вт;
 i - угол падения лучей на поверхность, град;
 k - коэффициент поглощения солнечного излучения поверхностью;
 Q_{θ} - теплота нагревания воздуха в канале, Дж;
 Q_{mn} - тепловые потери, Дж;
 Re, Nu, Pr - критерии подобия Рейнольдса, Нуссельта, Прандтля;
 t_n, t_k - наружная (начальная) и конечная температура воздуха, °С;
 t_{θ} - среднemasсовая температура воздуха в канале, °С;
 t_o, t_n - температура небосвода и подстилающей поверхности, °С;
 t_1, t_2, t_3 - температура остекления, теплоприемника и дна, °С;
 T - абсолютная температура, К;
 w, w_n - скорости потока воздуха и ветра, м/с;
 $\alpha_1 \dots \alpha_4$ - коэффициенты конвективной теплоотдачи, Вт/(м²·К);
 $\alpha_{11} \dots \alpha_{13}$ - коэффициенты теплоотдачи излучением, Вт/(м²·К);
 α_i - коэффициент пропускания солнечного излучения остеклением;
 α_k - угол наклона коллектора относительно горизонтали, град;
 δ - толщина слоя, м;
 δ_o - склонение Солнца, град;
 ε - излучательная способность поверхности;
 λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);
 ν - коэффициент кинематической вязкости, м²/с;
 ρ - плотность воздуха, кг/м³;
 σ - постоянная Стефана-Больцмана, Вт/(м²·К⁴);
 τ, τ_o - время (ч) и часовой угол (град);
 φ - широта местности, град;
 ψ_o, ψ_k - азимуты Солнца и наклонной поверхности, град.

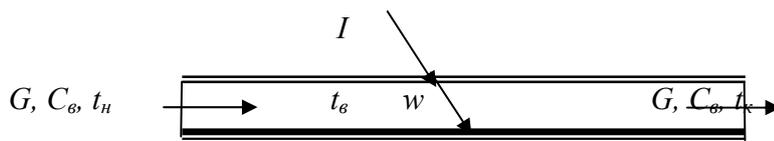


Рис.1. Принципиальная схема теплообмена в СВН

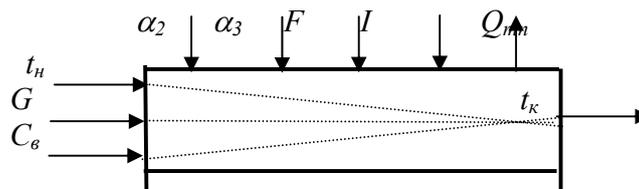


Рис.2. Информационная структура процесса теплообмена в СВН: G, C_w, t_n - входные переменные; t_k - выходная переменная; $\alpha_2, \alpha_3, F, I, Q_{mn}$ - параметры, определяющие условия протекания процесса.

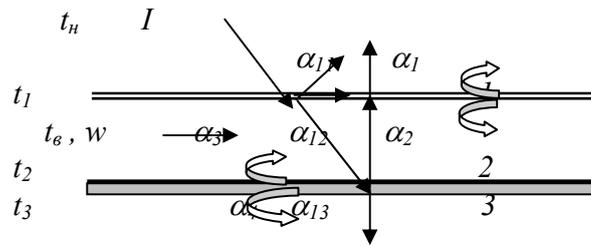


Рис.3. Схема составляющих теплового баланса СВН: 1- стекло, 2-тепло-приемник, 3 - дно

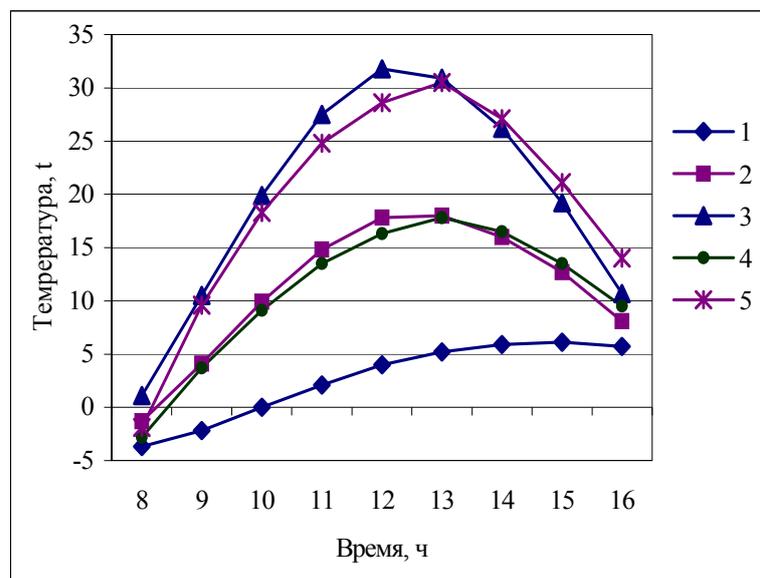


Рис.4. Изменение температуры воздуха: наружного t_n (1), среднемассовой t_g (2, 4) и на выходе t_k (3, 5) СВН за 17.01.2002 г.; 2, 3 - эксперимент; 4, 5 - расчет.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кафаров В.В. Оптимизация теплообменных процессов и систем. М.: Энергоатомиздат, 1988. -192 с.
2. Кулинченко В.Р. Справочник по теплообменным расчетам. Киев.: Техника, 1990.-165 с.
3. Хаузен Х. Теплопередача при противотоке, прямотоке и перекрестном токе. М.: Энергоиздат, 1981. –384 с.
4. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М.: Мир, 1977. –420 с.

Каршинский государственный
университет

Дата поступления
26.03.2005

УДК 621. 316. 721. 025

Т. М. КАДИРОВ, М. М. ФАЙЗИЕВ

УДВОИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Т.М. Кодиров, М.М. Файзиев

Стабиллашган чиѣиш кучланишли частота иккилантиргичи

Маѣолада частотани иккилантирувчи кучланиш стабилизаторининг Жоли-Эпштейн схемаси асосида юкламали ³олати та³лил ѣилинган. Ночизиѣий ферромагнит элементнинг эгри магнитланиш тавсифи учинчи даражали функция билан аппроксимациялантрилиб, гармоник баланс усулида фойдаланилган ³олда математик муносабатлар олинган. Назарий топилган муносабатлар асосида хулосалар чиѣарилган.

Т. М. Kodirov, М.М. Fayziev

Frequency doubler with stabilized out of voltages

In this article the load regime of tension stabilization with doubled frequency is analyzed with JOLI-EPSHTEIN scheme. Non-linear ferromagnetic element curved magnetizing characterization is approximated with cubic degree function.

The functional expressions are taken with harmonic balance methods. On a base of taken theoretical expressions the characterizations are built and the conclusions are taken.

Для поддержания стабильным напряжения на выходе удвоителя частоты по схеме Жоли-Эпштейна необходимо обеспечить определенный закон изменения тока подмагничивания в зависимости от величины входного напряжения [1-3].

Произведем анализ установившегося режима удвоителя частоты, аппроксимируя кривую намагничивания ферромагнитного элемента степенной функцией третьего порядка.

Для случая активно-ёмкостной нагрузки схема ферромагнитного удвоителя частоты (рисунок) описывается следующими уравнениями:

$$u = w \frac{d}{dt} (\Phi_A - \Phi_B), \quad (1)$$

$$w \frac{d}{dt} (\Phi_A - \Phi_B) + \frac{1}{C} \int i_c dt = 0, \quad (2)$$

$$w \frac{d}{dt} (\Phi_A - \Phi_B) + i_R R_p = 0, \quad (3)$$

$$i_2 = i_c + i_R, \quad (4)$$

$$i_1 w_1 + i_2 w_2 + i_0 w_0 = K_1 \Phi_A + K_3 \Phi_B^3, \quad (5)$$

$$i_1 w_1 - i_2 w_2 - i_0 w_0 = K_1 \Phi_B + K_3 \Phi_B^3. \quad (6)$$

Здесь u - напряжение источника питания;

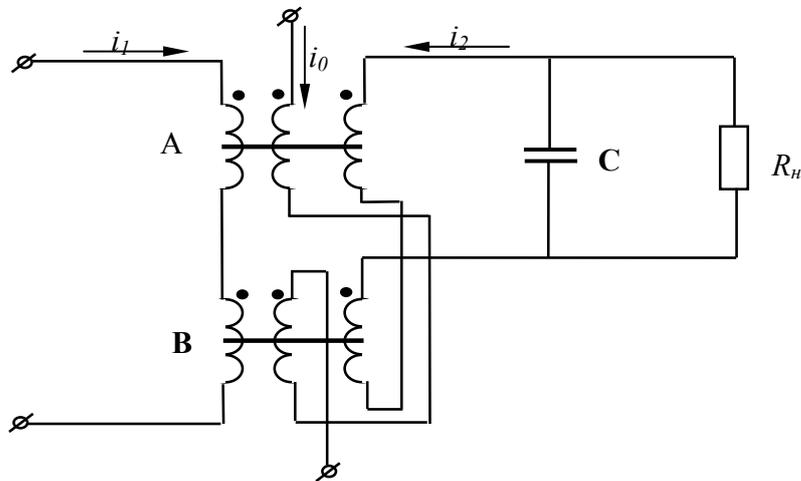


Рис. Схема удвоителя частоты при активно-ёмкостной нагрузке.

Φ_A, Φ_B - магнитные потоки в сердечниках ферромагнитных элементов;

K_1, K_3 - коэффициенты аппроксимирующей функции;

w_1, w_2, w_0 - число витков первичных, вторичных обмоток и обмотки подмагничивания;

i_1, i_2 - токи первичной, вторичной обмотки;

i_0 - ток подмагничивания;

R_n, C - активная и ёмкостная нагрузки приёмника.

Дифференцируя (2) и учитывая выражения (4) имеем

$$w \frac{d^2}{dt^2} (\Phi_A - \Phi_B) + \frac{i_2}{C} - \frac{i_R}{C} = 0, \quad (7)$$

Принимаем

$$\Phi_A = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_0, \quad (8)$$

$$\Phi_B = \Phi_1 - \Phi_2 - \Phi_0, \quad (9)$$

где Φ_0 - постоянная составляющая магнитного потока;

Φ_1 - переменная составляющая магнитного потока с частотой f ;

Φ_2 - переменная составляющая магнитного потока с частотой $2f$.

Из уравнений (5,6,8,9) для случая $w_1 = w_2 = w_0 = w$ имеем

$$i_2 = \frac{K_1}{w}(\Phi_2 - \Phi_0) + \frac{K_3}{w} [3\Phi_1^2(\Phi_2 - \Phi_0) + (\Phi_2 - \Phi_0)^3] - i_0. \quad (10)$$

Подставляя (10) в (7), получаем следующее выражение:

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{dt^2}(\Phi_2 + \Phi_0) + \frac{1}{R_n C} \frac{d}{dt}(\Phi_2 + \Phi_0) + \frac{K_1}{2w^2 C}(\Phi_2 + \Phi_0) + \\ + \frac{K_3}{2w^2 C} [3\Phi_1^2(\Phi_2 + \Phi_0) + (\Phi_2 + \Phi_0)^3] - \frac{i_0}{2wC} = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Вводя базисные величины и приведя уравнение (11) к безразмерному виду, после некоторых математических преобразований получим

$$\frac{d^2 x_2}{d\tau^2} + \delta \frac{dx_2}{d\tau} + \beta(x_2 + x_0) + \beta(x_2 + x_0)^3 - \bar{i}_0 = 0, \quad (12)$$

$$x_1 = \frac{\Phi_1}{\Phi_0}; x_2 = \frac{\Phi_2}{\Phi_0}; x_0 = \frac{\Phi_0}{\Phi_0}; \bar{i}_0 = \frac{i_0}{i_0}; \Phi_0 = \sqrt{\frac{K_1}{K_3}}; i_0 = 2w\omega^2 C \Phi_0;$$

где

$$\delta = \frac{1}{R_n \omega C}; \beta = \frac{K_1}{2w^2 \omega^2 C}; \tau = \omega t.$$

Дифференциальное уравнение цепи (12) решаем, учитывая основную и удвоенную гармоники индукции ферромагнитных элементов.

Пусть

$$x_1 = X_{1m} \sin \frac{\tau}{2}, \quad (13)$$

$$x_2 = X_{2m} \sin(\tau + \psi). \quad (14)$$

Тогда из (12) после некоторых математических преобразований и применения метода гармонического баланса получим

$$\frac{3}{2} X_{1m}^2 x_0 \sin \psi = -\frac{X_{2m}}{\beta} + \frac{3}{2} X_{1m}^2 X_{2m} + \frac{3}{4} X_{2m}^3 + 3X_{2m} x_0^2, \quad (15)$$

$$\frac{3}{2} X_{1m}^2 x_0 \cos \psi = \frac{X_{2m} \delta}{\beta}, \quad (16)$$

$$\bar{i}_0 = x_0 + x_0^3 + \frac{3}{2} X_{1m}^2 x_0 + \frac{3}{2} X_{2m}^2 x_0 - \frac{3}{4} X_{1m}^2 X_{2m} \sin \psi. \quad (17)$$

Возведя в квадрат зависимости (15), (16) и сложив их, получим биквадратное уравнение, которое имеет следующее решение:

$$X_{1m}^2 = \frac{2A \pm 2\sqrt{A^2 + (x_0^2 - X_{2m}^2)B}}{3(x_0^2 - X_{2m}^2)}. \quad (18)$$

Здесь

$$A = -\frac{X_{2m}^2}{\beta} + aX_{2m},$$

$$B = \frac{X_{2m}^2}{\beta} - \frac{2aX_{2m}}{\beta} + a^2 + \frac{X_{2m}^2 \delta^2}{\beta^2},$$

$$a = \frac{3}{4} X_{2m}^3 + 3X_{2m}x_0^2 + X_{2m}.$$

Из(15), (16) получим

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{\frac{3}{2} \beta X_{1m}^2 X_{2m} - X_{2m} + a\beta}{X_{2m} \delta}. \quad (19)$$

На основе зависимости (18) для конкретных коэффициентов δ и β , задаваясь значением x_0 и определяя из (17) величину \bar{i}_0 , строим характеристики $X_{2m} = f(X_{1m})$ для различных токов подмагничивания. Проводим линию, параллельную оси абсцисс и определяем в точках пересечения значения \bar{i}_0, X_{1m} и строим закон изменения тока подмагничивания $\bar{i}_0 = f(X_{1m})$, необходимый для стабилизации выходного напряжения. Затем легко строится регулировочная характеристика удвоителя частоты для данного закона изменения тока подмагничивания.

Таким образом, произведен анализ нагрузочного режима предложенной схемы ферромагнитного удвоителя частоты со стабилизацией выходного напряжения для случая активно-ёмкостной нагрузки при учете основной и удвоенной гармоник магнитного потока сердечников. Установлено, что предложенный ферромагнитный удвоитель частоты имеет коэффициент стабилизации k_u в пределах $50 \div 100$.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кадиров Т.М., Алимов Х.А., Файзиев М.М. Установившийся режим ферромагнитного удвоителя частоты// Проблемы информатики и энергетики. 1997. № 3. С. 29-33.
2. Кадиров Т.М. Анализ установившихся режимов ЭФМ цепей с падающими амплитудными характеристиками// Проблемы информатики и энергетики. 1993. №5. С. 33-37.
3. Бессонов Л.А. Нелинейные электрические цепи: Уч. пос. М.: Высшая школа, 1964. -430с.

Ташкентский Государственный
технический университет
им. А.Р.Беруни

Дата поступления
26.03.2005

УДК 626.83

В.А. ХОХЛОВ

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ

С ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИМИ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ

В.А. Хохлов

Параллел насос агрегатлари билан ишловчи насос станцияларида электроэнергиянинг тежами

Маъзолада урта ва ундан ортиқ параллел уланган насослар билан жиъозланган насос станциясининг иътисодий бошъарилиш услуги келтирилган. Умумий жъургга алоъида жъурлар уланишидаги энергия йъзолишини акс эттирувчи жараённинг математик модели яратилди.

V.A. Khokhlov

Economy of the electric power at the pumping stations with parallel-connected pumping units

In the article the way of economic regulation of the pumping stations equipped three and more parallel- connected pumping units is given. The mathematical model reflecting energy losses at the place of connection of individual pipelines in the general pipeline is developed.

В условиях дефицита топливно-энергетических ресурсов возникает потребность в совершенствовании механизма экономии потребления электроэнергии на действующих насосных станциях. В ближайшей перспективе эта задача должна решаться модернизацией насосно-силового оборудования с установкой частотно-регулируемого электропривода [1]. Кроме того, уже сейчас при эксплуатации насосных станций необходимо задавать наиболее оптимальные и экономичные режимы, чтобы не допускать перерасхода электроэнергии [2,3]. Как показывает анализ режимов большинства насосных станций, не учитываются особенности эксплуатации их основного оборудования, напорных трубопроводов, подводящих и отводящих каналов, что приводит к перерасходу электроэнергии на водоподъем, непроизводительным сбросам, потерям воды и снижению надежности работы оборудования.

Предлагаемый нами способ экономичного управления предназначен для насосных станций, оборудованных параллельно соединенными центробежными насосами.

В качестве примера выбрана Джизакская головная насосная станция (ДГНС). Её технологическая особенность заключается в установке разнотипного насосного оборудования и монтаже напорных трубопроводов повышенной длины. ДГНС оборудована семью центробежными насосными агрегатами (пять насосов - 2400В-25/40 и два насоса -1600В-10/40), подающими воду по двум ниткам напорного трубопровода диаметром 4200 мм и длиной 2258 м каждая. На первую нитку трубопровода работают два насосных агрегата типа 1600В-10/40 (№ 1 и 2) и два насосных агрегата типа 2400В-25/40 (№ 3 и 4), а на вторую нитку - три насосных агрегата 2400В-25/40 (№ 5 - 7).

Установившийся режим группы насосных агрегатов, работающих параллельно на общий напорный трубопровод, с учетом потерь напора при слиянии потоков в месте соединения индивидуальных трубопроводов в общий, может быть описан системой уравнений, приведенной для трех насосных агрегатов:

$$\begin{cases} H_{.m1} = H_z + \Delta H_{1c.\delta.} (Q_1 Q_2 Q_3) + \Delta H_m (Q_c); \\ H_{.m2} = H_z + \Delta H_{c.n.} (Q_1 Q_2 Q_3) + \Delta H_m (Q_c); \\ H_{.m3} = H_z + \Delta H_{2c.\delta.} (Q_1 Q_2 Q_3) + \Delta H_m (Q_c); \end{cases}, (1)$$

$$Q_1 = QH_1(H_{.m1}); Q_2 = QH_2(H_{.m2}); Q_3 = QH_3(H_{.m3}); Q_c = \sum_{i=1}^3 Q_i$$

где $H_{.mi}$ – манометрический напор i -го насосного агрегата; H_z – геометрическая высота подъема воды; $\Delta H_{1c.\delta.}, \Delta H_{c.n.}, \Delta H_{2c.\delta.}$ – потери напора, определяемые составом работающих агрегатов и соответствующим режимом слияния потоков в начале общего напорного трубопровода; $\Delta H_i(Q_c)$ – функциональная зависимость потерь напора в общем напорном трубопроводе от расхода воды; Q_i – подача i -го насосного агрегата; Q_c – суммарная подача группы насосных агрегатов; $QH_i(H_{.mi})$ – функциональная зависимость, определяющая подачу i -го агрегата при напоре $H_{.mi}$, в соответствии с рабочей характеристикой насоса.

Потери напора $\Delta H_{1c.\delta.}, \Delta H_{c.n.}, \Delta H_{2c.\delta.}$ определяются расходами насосных агрегатов и местными сопротивлениями при слиянии потоков. При наличии потоков в обоих боковых индивидуальных трубопроводах (Q_{δ}) местные сопротивления рассчитываются по зависимости [4]:

а) боковое ответвление:

$$\xi_{1c.\delta} = 1 + \left(\frac{Q_{\delta}}{Q_c} \cdot \frac{F_c}{F_{1\delta}} \right)^2 - 8 \left(\frac{Q_{1\delta}}{Q_c} \right)^2 \cdot \frac{\left[\frac{Q_c}{Q_{1\delta}} - \left(1 + \frac{Q_{2\delta}}{Q_{1\delta}} \right) \right]^2}{4 - \left(1 + \frac{Q_{2\delta}}{Q_{1\delta}} \right) \cdot \frac{Q_{1\delta}}{Q_c}} - 2 \left(\frac{Q_{1\delta}}{Q_c} \right)^2 \frac{F_c}{F_{1\delta}} \cdot \left[1 + \left(\frac{Q_{2\delta}}{Q_{1\delta}} \right)^2 \right] \cdot \cos \alpha. \quad (2)$$

Для второго бокового ответвления индексы 1 и 2 меняются местами;

б) прямой проход:

$$\xi_{c.n} = 1 + \left(\frac{Q_n}{Q_c} \right)^2 - \left(\frac{Q_n}{Q_c} \right)^2 \cdot \frac{1 + \frac{Q_n}{Q_c}}{\left(0,75 + 0,25 \frac{Q_n}{Q_c} \right)^2} - 2 \left(\frac{Q_n}{Q_c} \right)^2 \frac{F_c}{F_{1\delta}} \cdot \frac{1 + \left(\frac{Q_{2\delta}}{Q_{1\delta}} \right)^2}{\left(1 + \frac{Q_{2\delta}}{Q_{1\delta}} \right)^2} \cdot \left(\frac{Q_c}{Q_n} - 1 \right)^2 \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

где $Q_n, Q_{1\delta}, Q_{2\delta}, Q_c$ – соответственно расходы жидкости притоков к месту соединения индивидуальных трубопроводов в общий по прямому проходу, левым и правым боковым ответвлениям и расход в общем трубопроводе; $F_{1\delta}, F_{2\delta}, F_c$ – площади поперечного сечения боковых ответвлений и общего напорного трубопровода; α – угол ответвления, град.

В случае, если какой-либо агрегат на боковом ответвлении не работает, потери напора рассчитываются по следующим формулам для вытяжного тройника:

$$\xi_{c.\delta} = \left[1 + \left(\frac{Q_{\delta}}{Q_c} \cdot \frac{F_c}{F_{\delta}} \right)^2 - 2 \left(1 - \frac{Q_{\delta}}{Q_c} \right)^2 \cdot 2 \frac{F_c}{F_{\delta}} \left(\frac{Q_{\delta}}{Q_c} \right)^2 \cdot \cos \alpha \right]; \quad (4)$$

$$\xi_{c.n} = 1 - \left(1 - \frac{Q_{\delta}}{Q_c}\right)^2 - 2 \left(\frac{Q_{\delta}}{Q_c}\right)^2 \frac{F_c}{F_{\delta}} \cdot \cos \alpha . \quad (5)$$

Коэффициент местного сопротивления переходного участка от прямого протока к общему напорному трубопроводу, используемый для расчета ΔH_k , определен как для конфузора и принят равным 0.2 .

Функциональные зависимости $QH_i(H_{mi})$, $\Delta H_m(Q_c)$ и $\eta_i(Q_i)$ являются отображениями фактических рабочих характеристик насосных агрегатов и напорного трубопровода ($Q - H$, $\eta - Q$ и $H_m - Q_c$).

При решении системы уравнений (1) были определены значения подач насосных агрегатов Q_i , суммарная подача группы работающих агрегатов Q_c и манометрический напор H_{mi} каждого агрегата для любого возможного сочетания работающих агрегатов и геометрической высоты подъема. По вычисленным значениям Q_i , H_{mi} , Q_c рассчитаны показатели, характеризующие режимы работы агрегатов и группы в целом. Расчеты основных режимов работы насосных агрегатов ДГНС были произведены для всех возможных вариантов подключения насосов на напорные трубопроводы. Потери напора рассчитаны в месте соединения индивидуальных трубопроводов в общий. Кроме того, были определены затраты мощности на преодоление потерь в местных сопротивлениях в каждом насосном агрегате (таблица).

Таблица

Определение потерь напора в месте соединения индивидуальных трубопроводов в общий и затрат мощности на их преодоление

№	Работающие агрегаты	Суммарная подача, м ³ /с	Потери напора, м			Затрачиваемая мощность, кВт			
			насос 1600В-10/40	насос 2400В 25/40		насос 1600В-10/40	насос 2400В 25/40		всего
				прямой	боковой		прямой	боковой	
1	1 (2), 3	38.2	-0.04	0.21		-4.4	77.8		73.4
2	1(2), 4	37.9	-0.35		1.27	-37.0		460.7	423.7
3	1, 2, 3	45.6	0.53	0.23		60.2	80.6		201.0
4	1, 2, 4	45.3	0.19		1.21	21.8		429.6	473.2
5	5 (7)	29.0			1.01			378.5	378.5
6	6	29.6		0.08			30.6		30.6
7	5 (7), 6	53.9		0.24	1.62		83.0	556.3	639.3
8	5, 7	53.6			0.98			339.1	678.2

Как установлено в отдельных случаях потери могут быть отрицательными, т.е. при слиянии потоков возникает эжектирующий эффект. В целом же, как показывают результаты, потери напора и затраты мощности и, следовательно, затраты электроэнергии на их преодоление в боковом насосе во много раз превышают аналогичные величины для насоса с прямым проходом.

Вывод: На насосных станциях с параллельно работающими насосными агрегатами наиболее экономичными будут такие режимы, когда работают средние (центральные) насосные агрегаты. Между тем, учитывая, что насосные агрегаты в процессе эксплуатации должны быть загружены равномерно, мы предлагаем при

работе одного агрегата включать центральный насос, при работе двух агрегатов - боковые насосы. Эксплуатация ДГНС в 2004 г. по указанным выше рекомендациям позволила сэкономить до 3% потребляемой электроэнергии.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Камалов Т.С. Современное состояние и тенденция развития электроприводов промышленных и сельскохозяйственных установок// Проблемы информатики и энергетики. 2004. № 1.
2. Аллаев К.Р., Хохлов В.А. Управление энергогидравлическими режимами крупных насосных станций// Вестник ТашГТУ. 2004. № 3. С. 64-70.
3. Хохлов А.В., Хохлов В.А. Влияние соединения напорных водоводов на режим работы насосных станций// Мелиорация и водное хозяйство. 2001. № 1. С. 19-21.
4. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическому сопротивлению. М.: Машиностроение, 1975. -255с.

Ташкентский Государственный
технический университет
им. А.Р.Беруни.

Дата поступления
31.03.2005.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.391:001.57

Ш.А.ЗАРГАРОВ, Р.И. МАМАДИЕВА

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ АБОНЕНТОВ

Ш.А. Заргаров, Р.И Мамадиева

Абонентларнинг йўқотишларини ҳисобга олганда ахборот тизимларини моделлаштириш услуги

Харажатлар ва йўқотишларнинг баъоиси умумлаштирилган йиғинди мезони бўйича меънат биржалар шохобчалари мисолида таршоғ хизмат кўрсатадиган ахборот тизимларини тузадиган моделлаштириш услуги келтирилган.

Sh.A. Zargarov, R.I. Mamadiyeva

Methods of modelling information systems with wastes of subscribers

The methods of construction by means of modelling distributed information service systems by generalizive complex criterion of expenditures and cost wastes on example of labour exchange net are offering .

Постановка задачи. Для эффективной реализации сложных информационных систем с минимальными затратами на их создание и функционирование необходимо использование математического моделирования [1, 2]. Рассмотрим моделирование информационных систем обслуживания на примере сети бирж труда, одной из наиболее показательных обслуживающих систем сложного типа в условиях рыночных отношений [3].

Исходные данные. Переход экономики на рыночные отношения сопровождается спадом производства и высвобождением работников, что приводит к значительному уровню безработицы и образованию рынка труда. Причем процесс этот носит нарастающий характер. Совершенствование техники, технологии, организации производства и труда, прогрессивные перемены в структуре производства и его территориальном размещении приводят к высвобождению рабочих кадров на различных участках общественного труда. Для рационального использования высвобождающейся рабочей силы механизм ее перераспределения ставится под контроль общества. С этой целью создается и развивается сеть бирж

труда, основанная на правовых документах по занятости населения, что позволяет государству активно воздействовать на этот процесс с наименьшими издержками.

Имеются две основные проблемы бирж труда: это информационная и психологическая. Поэтому на бирже должны работать как инспектор по труду и профессиональный консультант, так и психолог-консультант. Психолог-консультант занимается личностными проблемами. Часть потерявших работу людей не хотят идти на биржу и регистрироваться в качестве безработных (скрытая безработица). Главное – у них нет представления о рынке труда. Для многих речь идет о психологическом барьере. Трудно признать себя безработным.

Из опыта ряда зарубежных стран (в частности, США) известно, что обществу гораздо выгоднее переобучить или обучить незанятых и затем трудоустроить, чем платить им пособия. Поэтому важное значение приобретает переобучение и обучение незанятого населения. Профессиональные знания морально устаревают. Появляются новые профессии и специальности. Это обуславливает актуальность непрерывного профессионального образования. Таким образом, очевидна практическая важность создания информационной системы трудоустройства, т.е. управления деятельностью сети бирж труда. Для реализации такой большой системы с минимальными затратами на ее создание и функционирование необходимо использование математического моделирования.

К исходным данным при разработке математической модели распределенной системы бирж труда можно отнести следующие.

Основными характеристиками незанятого населения являются его состав по полу, возрасту, категориям (профессиональный состав), численность по регионам и годам. Незанятое население распределено по территории республики неравномерно, что затрудняет их рациональное использование и снижает эффективность общественного производства [4]. В общем, незанятое население характеризует также категория работников (потенциальных), профиль специальностей, сама специальность, квалификация.

Пусть имеется N абонентов - потребителей информационной системы бирж труда (безработные через биржи труда и предприятия) $a_i, i=1,2,\dots,N$; $Q+1$ узлов информационной системы (бирж труда) $Z_j, j=0,1,2,\dots,Q$; Z_0 - головной узел.

Множество абонентов распределенной информационной системы разбито на $Q+1$ непересекающихся подмножеств

$$A = \{A_0, A_1, \dots, A_j, \dots, A_Q\},$$

где A_j - совокупность абонентов, отнесенных к зоне обслуживания j -го узла.

Множество мест размещения узлов информационной системы

$$Z = \{Z_0, Z_1, \dots, Z_j, \dots, Z_Q\}.$$

Общее число обобщенных абонентов (бирж труда и предприятий или объединений), обслуживаемых информационной системой,

$$N = \sum_{j=0}^Q N_j,$$

где N_j - число абонентов, обслуживаемых j -м узлом.

Сделаем два допущения, справедливые для достаточно большого количества потребителей информационной системы. Положим, что в узле информационной системы пропускная способность подчиняется экспоненциальному распределению (длительность обслуживания), а интенсивность потока запросов потребителей - пуассоновскому. Тогда, используя разработанный для этого случая аппарат теории исследования операций, можно определить ряд параметров информационной системы [5]. Известно, что среднее время обработки запросов в j -м узле будет определяться выражением

$$t_j^o = \frac{1}{\mu_j - \sum_{i=1}^N \lambda_{ij}},$$

где μ_j – производительность j -го узла;

λ_{ij} – интенсивность потока сообщений (запросов) от i -го абонента к j -му узлу.

1. Исходя из этого, для среднего времени обработки запросов потребителей в j – м узле получим соотношение:

$$t_j = \frac{1}{\mu_j - \lambda_j},$$

где λ_j – интенсивность потока сообщений (запросов) на узел j .

Соответственно среднее время обработки запросов в головном узле составит

$$t_o = \frac{1}{\mu_0 - \lambda_0}.$$

2. Определим вероятность выдачи нужной информации (ответа) из j -го узла на запрос i -го потребителя.

В соответствии с потоком запросов потребителей объем выдаваемой информации – ответа (сообщения в битах) в узле на эти запросы является случайной величиной, также распределенной по пуассоновскому закону с параметром u_{ij} , представляющим собой средний объем ответа j – го узла на запрос i –го потребителя

$$u_{ij} = v_{ij} P_{ij}^c,$$

где v_{ij} – объем поиска информации (в битах) в информационном массиве j –го узла по запросу i – го потребителя;

P_{ij}^c - вероятность соответствия (релевантности при определенном пороге) имеющейся в массиве j – го узла информации запросу i – го потребителя.

Исходя из пуассоновского распределения выдаваемой информации, вероятность ответа j – го узла на запрос i – го потребителя будет равна

$$P_{ij} = 1 - e^{-u_{ij}} = 1 - e^{-v_{ij} P_{ij}^c}.$$

3. Интенсивность запросов, входящих в головной узел

$$\lambda_0 = \sum_{j=1}^Q \lambda_{j0} .$$

4. Интенсивность потока запросов, входящих в узел j

$$\lambda_j = \sum_{i \in A_j} \sum_{r=1}^K \lambda_i^r .$$

5. Интенсивность потока запросов, не обслуженных j -м узлом и передаваемых в головной узел

$$\lambda_{j0} = \sum_{i \in A_j} \lambda_i (1 - P_{ij}) ,$$

где λ_i – интенсивность потока запросов i -го абонента, равная

$$\lambda_i = \sum_{r=1}^K \lambda_i^r .$$

6. Среднее время доступа потребителя к информации, равное сумме среднего времени доступа к своему узлу и среднего времени доступа к главному узлу

$$t_i^D = P_{ij} (t_j + 2t_{ij}) + (1 - P_{ij}) (t_j + t_{ij} + t_o + t_{io} + t_{jo}) ,$$

где t_{ij} – средняя длительность времени передачи сообщения между i -м потребителем и j -м узлом;

t_{i0} – среднее время передачи между i -м потребителем и головным узлом;

t_{j0} – среднее время передачи между j -м и головным узлами.

Кроме рассмотренных параметров, имеют место также такие качественные параметры, как достоверность и надежность передачи, которые в значительной мере влияют на качество функционирования информационной системы. К настоящему времени помехоустойчивость каналов связи и методы их повышения, а также вопросы изучения и обеспечения необходимой надежности достаточно хорошо разработаны. Поэтому отметим лишь, что различные аналоговые каналы связи обладают вероятностью ошибки, в основном от 10^{-3} до 10^{-5} на элемент и имеют коэффициентом надежности в пределах 0.95-0.98. Для обеспечения необходимой достоверности не ниже 10^{-6} и приемлемого коэффициента надежности 0.995 и выше (в некоторых случаях требуется 0.999) следует применять в информационной системе специально созданное для этих целей современное модемное оборудование, использовать проводные или спутниковые каналы хорошего, соответствующего стандарту качества, использовать параллельно-последовательное дублирование, обходные пути передачи, развивать волоконно-оптические линии и перспективные методы коммутации, в том числе цифровые.

Наши результаты относятся к распределенным информационным системам, использующим в качестве среды передачи информации преимущественно аналоговые каналы. В информационных системах сосредоточенного типа, особенно при управлении движущимися объектами, например, летательными аппаратами, когда требуется быстрая оценка окружающей обстановки, необходима быстрая передача и обработка данных. Применяемые в этих случаях оптические кабели и суперкомпьютеры позволяют это сделать. Поэтому для таких каналов связи допускается вероятность ошибки на разряд, равная 10^{-12} [6].

При передаче же компрессированных файлов информации вообще исключается возможность её искажения или потери. Для этого необходимо предварительно сжать и желательно зашифровать криптографическими методами информацию, подлежащую передаче. Это даёт возможность обеспечить требуемые показатели качества QoS и снизить необходимые затраты. Для процесса передачи компрессированных данных в информационной системе разработана соответствующая математическая модель [7].

При построении распределенных информационных систем для управления процессами сбора, обработки и передачи данных могут быть использованы специализированные микропроцессорные контроллеры. Так, в работе [8] описываются принципы проектирования информационной системы с централизованным управлением и пакетной передачей информации, основанные на применении пакетных контроллеров ВИП-М, позволяющих интегрировать различные каналы связи и передавать информацию по телефонным, телеграфным и радио каналам, включая спутниковые. Это даёт возможность значительно повысить уровень надёжности. При этом обеспечивается режим оперативной рассылки сигналов оповещения и управления с гарантированной доставкой информации территориально распределенным объектам, находящимся в труднодоступных и удалённых районах.

Критерий оптимизации и ограничения. Модели больших систем обычно носят экономико-математический характер, так как реализация той или иной предлагаемой системы целесообразна лишь в том случае, если она обеспечивает экономию общественного труда по сравнению с существующей. В качестве обобщённого критерия оптимизации для таких моделей преимущественно используется критерий приведенных затрат [9]. Однако любая информационная система должна строиться и эксплуатироваться, исходя из принципа максимальной выгоды (максимальный эффект, по оптимальному варианту и т.д.).

В общем виде потери от несовершенства системы составляют

$$C^{\Pi} = C^{\text{И}} - C^{\text{Р}},$$

где $C^{\text{И}}$ – идеальная выгода при совершенной информационной системе;

$C^{\text{Р}}$ - реальная выгода при практическом ее построении и эксплуатации.

Универсальную формулу оптимизации [5] в этом случае можно написать в следующем виде:

$$C^3 + C^{\Pi} \rightarrow \min .$$

Здесь C^3 - затраты на построение и эксплуатацию информационной системы.

Кроме того, можно записать также

$$C^{\text{Р}} \rightarrow \max;$$

$$C^{\text{И}} - C^{\text{Р}} \rightarrow \min.$$

Исходя из универсальной формулы оптимизации, при отсутствии бирж труда необходимо, чтобы

$$C^{\text{ПБ}} + C^{\text{ПР}} \rightarrow \min,$$

где $C^{\text{ПБ}}$ - потери от наличия безработных (пособия);

$C^{\text{ПР}}$ - потери от незанятых рабочих мест предприятий.

При наличии информационной системы бирж труда следует

$$C^{BT} + C^{PB} + C^{PP} \rightarrow \min,$$

где C^{BT} – затраты на построение и эксплуатацию информационной системы бирж труда.

Выгоду (эффект) от применения n -го варианта информационной системы для бирж труда можно записать как

$$(C^{PB} + C^{PP}) - (C_n^{PB} + C_n^{PP}) \rightarrow \max.$$

Учет возможных потерь абонентов распределенной информационной системы позволяет более точно и объективно оптимизировать ее создание и функционирование. В качестве критерия оптимизации построения информационной системы нами выбран комплексный показатель - сумма затрат на ее создание и возможных при этом потерь абонентов от несовершенства функционирования информационной системы.

Задача оптимизации распределенной информационной системы обслуживания с учетом возможных потерь ее абонентов заключается в разбиении множества потребителей на непересекающиеся их подмножества, в определении информационных массивов, обеспечивающих минимум приведенных затрат при следующих ограничениях:

- 1) интенсивность потока запросов всех потребителей информационной системы

$$\lambda_N = \sum_{j=1}^Q \lambda_j < \mu,$$

где μ - производительность информационной системы (число запросов, которое может быть обработано в единицу времени);

- 2) интенсивность потока запросов зоны обслуживания j -го узла с учётом тяготения абонентов

$$\lambda_j = \sum_{i=1}^N x_{ij} \lambda_i < \mu_j,$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если абонент относится к зоне обслуживания } j\text{-го узла,} \\ 0 & \text{- в противном случае.} \end{cases}$$

- 3) среднее время доступа для потребителя в информационной системе

$$t_{IC}^D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i^D \leq t_{II},$$

где t_{II} - пороговое время ожидания, в течение которого информационная ценность ответа отлична от нуля;

- 4) схема подключения потребителей к информационной системе (только к одному узлу)

$$\sum_j x_{ij} \leq 1.$$

Математическая модель. Функционал комплексных приведённых затрат на создание и функционирование информационной системы обслуживания и потерь абонентов от неидеальности (несовершенства) её работы Π^{30} будет выражаться как сумма затрат на ее создание и функционирование (ведение информационных массивов C^{3M} , обработка заявок абонентов C^{30} , технические средства Π^{3T} - приведенные затраты) и потерь (от наличия безработных – пособия $C^{ПБ}$, незанятых рабочих мест $C^{ПР}$, ожидания ответов на запросы $C^{П0}$, несовершенства информационной системы $\Pi^{ПН}$ – приведенные затраты):

$$\Pi^{30} = (C^{3M} + C^{30} + \Pi^{3T} + C^{ПБ} + C^{ПР} + C^{П0} + \Pi^{ПН}) =$$

$$\left[C^B \left(\sum_{r=1}^K W_r + \sum_{j=1}^Q \sum_{r=1}^K f_{jr} \right) + C^O \left(\mu_0 + \sum_{j=1}^Q \mu_j \right) + (\mathcal{E}_{ГТ} + E_{HT} K_T) + \sum_{r=1}^K S_r (C_r^{ПБ} + C_r^{ПР}) + \right.$$

$$\left. + \sum_{v=1}^M R_v^H \frac{D_v}{R_v} + C^П t_{ИС}^Д \lambda_N T_\Phi + \sum_{i=1}^N \Pi_i^{ПН} \right] \rightarrow \min,$$

где $C^B, C^O, C^П, C_r^{ПБ}, C_r^{ПР}$ - средняя стоимость ведения информационного массива на одно сообщение, обработки одного запроса и передачи одного сообщения, среднегодовой размер пособия по безработице $г$ -ой категории работников, среднегодовые затраты на переобучение или обучение одного работника $г$ -ой категории соответственно;

W_r, f_{jr} - среднегодовая мощность потока сообщений (количество сообщений) и среднегодовой информационный массив $г$ -го узла по $г$ -ой категории работников (требуемых и имеющихся);

μ_0 - производительность головного узла;

S_r - среднегодовая численность безработных $г$ -ой категории;

D_v, R_v, R_v^H - годовой доход, среднегодовое число рабочих мест и среднегодовое число незанятых рабочих мест $г$ -го предприятия;

T_Φ - годовой фонд времени работы информационной системы;

$\mathcal{E}_{ГТ}, E_{HT}, K_T$ - годовые эксплуатационные затраты, нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений и капитальные вложения на технику соответственно.

Стоимостные потери от несовершенства информационной системы включают в себя потери от возникающих ошибок при передаче информации, её задержки и определенной степени ненадежности этой системы. Эта составляющая функционала определяется следующим выражением:

$$\sum_{i=1}^N \Pi_i^{ПН} = \sum_{i=1}^N [\Pi_i(P_{ou}) + \Pi_i(P_H) + \Pi_i(t^Д)],$$

где $P_i(P_{oi}), P_i(P_H), P_i(t^D)$ – приведенные стоимостные потери от конечных значений вероятности ошибки при передаче информации, ненадёжности компонентов информационной системы и времени доступа (задержки сообщений в ней).

Выводы. Построение распределенной информационной системы с учётом потерь абонентов заключается в определении на основе моделирования количества и месторасположения обслуживающих компьютеров, типов соединяющих их каналов связи и топологии информационной системы в целом. Поскольку на каждый запрос в информационной системе в общем случае может быть несколько вариантов ответа, то и возникает задача установления наиболее эффективных связей между ее компонентами, т.е. оптимизации ее структуры.

Комплексный подход к оптимизации построения и функционирования информационной системы, когда принимается во внимание возможный ущерб от неидеальности (несовершенства) её функционирования, дает возможность повысить эффективность моделирования.

Описанная технология моделирования с учетом потерь абонентов может быть применена к разработке и других распределенных систем информационного обслуживания различных АСУ.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Попов И.И., Романенко А.Г. Моделирование информационных систем (теория и приложение) // Итоги науки и техники. Сер. "Информатика". М.: ВИНТИ, 1981. Т.5. С. 161-167.
2. Валиев Т.А. Системная технико-экономическая концепция оптимизации информации-онно-вычислительных систем: Тез. докл. VI Международного симпозиума по теории информации. Ч.Ш. М.; Ташкент, 1984. С.58-60.
3. Цвиркун А.Д. Структура сложных систем. М.: Сов. радио, 1975.- 200 с.
4. Мирзаев Т.К., Раскин Л.И. Перераспределение трудовых ресурсов. Ташкент: Мехнат, 1990. - 144 с.
5. Заргаров Ш.А. Моделирование обслуживающих информационных систем// Вопросы кибернетики. Вып.153. Ташкент, 1996. С. 79-91.
6. Павлов А.М. Связные технологии передачи данных бортового применения: тенденции развития и ограничения// Изв. РАН. Теория и системы управления. М, 2002. №6. С. 139-148.
7. Шибанов А.П. Стохастическая модель канала связи// Вычислительные технологии. Новосибирск, 2003. Т. 8. №1. С. 111-116.
8. Сонькин М.А. Принципы построения интегрированных информационно-телекоммуникационных систем оперативного назначения// Вычислительные технологии. Спец. выпуск. Новосибирск, 2003. С. 148-156.
9. Янбых Г.Ф., Эттингер Б.Я. Проектирование структур отраслевой сети вычислительных центров. Л.: Энергия, 1974. – 104 с.

ЗАДАЧА О МАКСИМУМЕ ОБОБЩЕННОЙ ФУНКЦИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Г. Насритдинов

Умумлашган истеъмол функциясининг максимуми іаїда масала

Маколада умумлашган истеъмол функциясининг максимуми іаїдаги масала ксерилган. Унда бюджет чеараси билан истеъмоллар йіјиндисининг фарїига řараб іосил бселадиган чизиřсиз дастурлаш масалалари ечилган ва ійтисодий маъноси очиб берилган.

G. Nasritdinov

Problem about the maximum of generalized consumption function

The problem about the maximum of generalized consumption function is brought up in the article. Nonlinear programming problems are solved based on the difference between budget line and sum of consumptions and their economic meanings are demonstrated well in the article.

Американский ученый Роберт Солоу [1; 2] в 1987 году получил Нобелевскую премию за решение динамической задачи оптимального распределения национального дохода на капитальное вложение и потребление. При этом за критерий оптимальности он принял максимизацию потребления на душу населения.

Результаты Солоу касаются макроэкономики. Статическую задачу максимизации объема потребления можно рассматривать для отдельно взятого человека или семьи. Для формулировки задачи введем некоторые обозначения:

C_t – объем потребления в периоде t , $t = 1, 2, \dots, T$;

$\sum_{t=1}^T C_t$ – суммарный объем потребления;

$U_t(C_t)$ – функция потребления в периоде t ;

обобщенная функция потребления (сумма функций потребления во всех периодах) -

$$U(C_1, C_2, \dots, C_T) = \sum_{t=1}^T U_t(C_t). \quad (1)$$

Функция (1) является нелинейной функцией T аргументов.

Предположим, что функции $U_t(C_t)$, $t = 1, 2, \dots, T$; удовлетворяют следующим условиям:

$$U_t(0) = 0, U_t'(C_t) > 0, U_t''(C_t) < 0, \forall C_t > 0, \quad (2)$$

где штрихи означают производную по C_t .

Условия (2) означают, что график функции $U_t(C_t)$ исходит из начала координат, расположен в первой четверти, она является монотонно возрастающей и вогнутой (рис. 1).

Очевиден экономический смысл условия (2): если нет потребления, то функция потребления равна нулю, далее, чем больше потребления, тем больше значения функции потребления. Но объем потребления не может сколь угодно возрастать. С его возрастанием снижается скорость роста функции потребления. Это условие обеспечивается неравенством $U_t''(C_t) < 0$.

Пусть Y_t - доход человека (семьи) в периоде t . Сумму доходов во всех T периодах обозначим $\sum_{t=1}^T Y_t$; A_0 - богатство, оставленное человеку (семье) в наследство (или богатство, которое человек (семья) накопил).

Сумма доходов и объем наследства по совокупности называется границей бюджета и равна $A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t$.

По введенным обозначениям между границей бюджета и суммой потреблений во всех T периодах могут быть два случая:

$$1^0. \sum_{t=1}^T C_t = A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t; \quad 2^0. \sum_{t=1}^T C_t < A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t.$$

I. Сначала рассмотрим случай 1^0 . Тогда имеем равенство

$$G(C_1, C_2, \dots, C_T) = A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - \sum_{t=1}^T C_t = 0.$$

Теперь поставим задачу максимизации функции потребления:

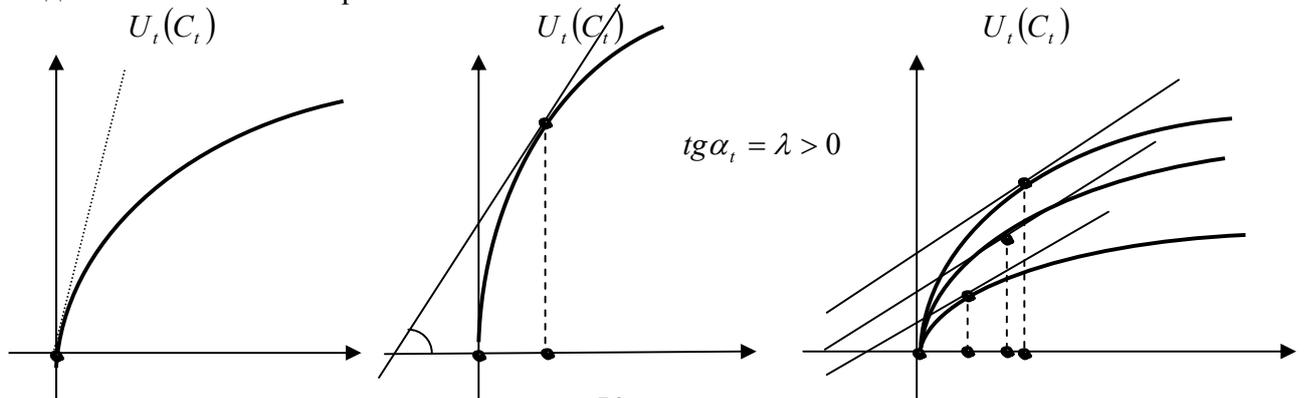
$$\left. \begin{aligned} U(C_1, C_2, \dots, C_T) &= \sum_{t=1}^T U_t(C_t) \rightarrow \max, \\ G(C_1, C_2, \dots, C_T) &= A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - \sum_{t=1}^T C_t = 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Здесь (3) является задачей нелинейного программирования при ограничениях типа равенств. Эта задача может быть решена методом множителей Лагранжа [3; 4].

Составим нормальную функцию Лагранжа

$$L(C_1, C_2, \dots, C_T) = \sum_{t=1}^T U_t(C_t) + \lambda \cdot \left(A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - \sum_{t=1}^T C_t \right), \quad (4)$$

где λ - множитель Лагранжа.



$$\begin{array}{ccccc}
& & C_t & \alpha_t & & C_t & \\
& & & & & & \\
& C_t & & & & & \\
0 & & & 0 & \tilde{C}_t(\lambda) & & 0
\end{array}$$

Рис. 1.

Рис. 2.

Рис. 3

Найдем условно-стационарные точки функции (4). Для этого вычислим частные производные функции (4) по C_1, C_2, \dots, C_T и приравняем нулю. К полученной системе присоединим второе уравнение системы (3):

$$\frac{\partial L}{\partial C_t} = U'_t(C_t) - \lambda = 0, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - \sum_{t=1}^T C_t = 0. \quad (5)$$

Известно, что $U'_t(C_t) > 0$ (см. условие (2)). Поэтому в силу уравнения $U'_t(C_t) = \lambda$ число λ положительно и это уравнение имеет единственное решение $\tilde{C}_t(\lambda)$ (рис. 2, 3), что вытекает из теоремы о неявных функциях (так как $U''_t(C_t) \neq 0$) [5]. Теперь найдем число λ . В последнее уравнение системы (5) вместо C_t подставим $\tilde{C}_t(\lambda)$:

$$F(\lambda) = A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - \sum_{t=1}^T \tilde{C}_t(\lambda) = 0. \quad (6)$$

Возьмем равенство $U'_t(\tilde{C}_t(\lambda)) = \lambda$. Вычислим производную по λ от обеих частей этого равенства

$$U''_t(\tilde{C}_t(\lambda)) \cdot \tilde{C}'_t(\lambda) = 1,$$

где в $\tilde{C}'_t(\lambda)$ штрих означает производную по λ . Отсюда

$$\tilde{C}'_t(\lambda) = \frac{1}{U''_t(\tilde{C}_t(\lambda))} < 0.$$

Итак, при $t = 1, 2, \dots, T$ имеем $\tilde{C}'_t(\lambda) \neq 0$ и функция $\tilde{C}_t(\lambda)$ монотонно-убывающая положительная функция, причем $\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \tilde{C}_t(\lambda) = 0$ (рис. 5). В силу (6) имеем

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda} = - \sum_{t=1}^T \frac{\partial \tilde{C}_t(\lambda)}{\partial \lambda} > 0.$$

Поэтому по теореме об однозначной разрешенности неявных уравнений [5] уравнение [6] имеет единственное решение $\lambda = \lambda_0 > 0$ (рис. 4, 5).

Прежде чем продолжить процесс решения задачи (3) рассмотрим пример конкретной функции потребления, удовлетворяющей условиям (2). Пусть $U_t(C_t) = a_0 \cdot C_t^\alpha$, $a_0 > 0$, $0 < \alpha < 1$ (сравните с функцией средней производительности труда для неоклассической производственной функции Кобба-Дугласа [6]). Проведем простые вычисления:

$$U_t(0) = 0, \quad U_t'(C_t) = a_0 \cdot \alpha \cdot C_t^{\alpha-1} > 0, \quad U_t''(C_t) = a_0 \cdot \alpha \cdot (\alpha-1) \cdot C_t^{\alpha-2} < 0.$$

Уравнение $U_t'(C_t) = \lambda$ принимает вид $a_0 \cdot \alpha \cdot C_t^{\alpha-1} = \lambda$. Отсюда найдем единственное решение:

$$\tilde{C}_t(\lambda) = \left(\frac{a_0 \cdot \alpha}{\lambda} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}.$$

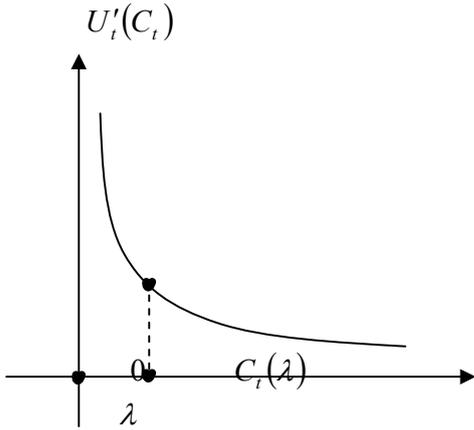


Рис. 4.

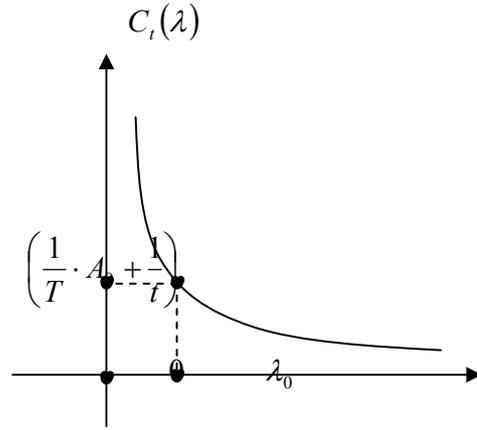


Рис. 5.

Очевидно, что $\tilde{C}'_t(\lambda) < 0$. В самом деле, $\tilde{C}'_t(\lambda) = -(a_0 \cdot \alpha)^{\frac{1}{1-\alpha}} \cdot \frac{1}{1-\alpha} \cdot \lambda^{\frac{2-\alpha}{\alpha-1}} < 0$.

Найденное решение $\tilde{C}_t(\lambda)$ подставим во второе уравнение системы (6)

$$A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - T \cdot \left(\frac{a_0 \cdot \alpha}{\lambda} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} = 0.$$

Отсюда получаем решение по λ :

$$\lambda_0 = \frac{a_0 \cdot \alpha}{T} \cdot \left(A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t \right)^{\alpha-1} > 0.$$

Вернемся к задаче. Таким образом, функция (4) имеет единственное условно-стационарное решение $\tilde{C}_1(\lambda_0), \tilde{C}_2(\lambda_0), \dots, \tilde{C}_T(\lambda_0)$.

Теперь вычислим вторые частные производные функции L по C_t при $C_t(\lambda) = \tilde{C}_t(\lambda_0)$:

$$\frac{\partial^2 L}{\partial C_t^2} = U_t''(\tilde{C}_t) < 0, \quad \frac{\partial^2 L}{\partial C_i \partial C_j} = 0, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, 2, \dots, T.$$

Составим матрицу вторых частных производных (матрицу Гессе)

$$A = \begin{pmatrix} U_1''(\tilde{C}_1) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & U_2''(\tilde{C}_2) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & U_T''(\tilde{C}_T) \end{pmatrix}.$$

Далее составим квадратичную форму с матрицей A

$$Q(y_1, y_2, \dots, y_T) = (y_1, y_2, \dots, y_T) \cdot A \cdot \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_T \end{pmatrix} = (y_1 U_1''(\tilde{C}_1), y_2 U_2''(\tilde{C}_2), \dots, y_T U_T''(\tilde{C}_T)) \cdot \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_T \end{pmatrix} =$$

$$= y_1^2 U_1''(\tilde{C}_1) + y_2^2 U_2''(\tilde{C}_2) + \dots + y_T^2 U_T''(\tilde{C}_T) < 0, \quad y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_T^2 \neq 0.$$

Отсюда следует, что при любых $y = (y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_T^2) \neq 0$ квадратная форма принимает только отрицательные значения. Это означает, что обобщенная функция потребления (1) при $\lambda = \lambda_0$ в точке $(\tilde{C}_1(\lambda_0), \tilde{C}_2(\lambda_0), \dots, \tilde{C}_T(\lambda_0))$ достигает локального максимума. Так как условно-стационарная точка единственна и функция (1) положительна, то в этой точке функция (1) достигает своего наибольшего значения.

Теперь можно сделать следующий вывод: если в течение первого периода потребление равно $\tilde{C}_1(\lambda_0)$, второго периода - $\tilde{C}_2(\lambda_0)$, и т.д., T - го периода - $\tilde{C}_T(\lambda_0)$, то сумма функций потребления достигает максимального значения.

Отметим, что если максимизировать каждую функцию потребления в отдельности в соответствующем ей периоде, то сумма максимальных значений функций потребления не будет наибольшим значением обобщенной функции потребления. Это было доказано в 1963 г. ученым из США Лутфи Заде (выходцем из Турции) [7].

II. Рассмотрим теперь случай 2^0 :

$$\sum_{t=1}^T C_t < A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t.$$

Тогда задача запишется в виде

$$\left. \begin{aligned} U(C_1, C_2, \dots, C_T) &= \sum_{t=1}^T U_t(C_t) \rightarrow \max, \\ G(C_1, C_2, \dots, C_T) &= A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - \sum_{t=1}^T C_t > 0. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Здесь (7) является задачей нелинейного программирования при ограничениях типа неравенств (2). Известно, что эту задачу с помощью введения вспомогательных переменных можно привести к задаче при ограничениях типа равенств.

Введем $(T+1)$ -ю переменную следующим образом:

$$G_1(C_1, C_2, \dots, C_T, C_{T+1}) = A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - \sum_{t=1}^T C_t - C_{T+1} = 0.$$

Тогда задача (7) преобразуется к виду

$$\left. \begin{aligned} U(C_1, C_2, \dots, C_T, C_{T+1}) &= \sum_{t=1}^T U_t(C_t) \rightarrow \max, \quad U_{T+1}(C_{T+1}) = 0, \\ G(C_1, C_2, \dots, C_T, C_{T+1}) &= A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - \left(\sum_{t=1}^T C_t + C_{T+1}^2 \right) \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

Составим нормальную функцию Лагранжа

$$\tilde{L}(C_1, C_2, \dots, C_T, C_{T+1}, \lambda) = \sum_{t=1}^T U_t(C_t) + \lambda \left(A_0 + \sum_{t=1}^T Y_t - \sum_{t=1}^T C_t - C_{T+1}^2 \right).$$

Приравнявая к нулю частные производные получим уравнения

$$U'_1(C_1) = \lambda, \quad U'_2(C_2) = \lambda, \dots, \quad U'_T(C_T) = \lambda, \quad -2 \cdot \lambda \cdot C_{T+1} = 0.$$

Отсюда, так как $\lambda \neq 0$ и $\lambda > 0$, мы получим $C_{T+1} = 0$, $\tilde{C}_i(\lambda_0)$ и $\lambda_0 > 0$ (относительно λ_0 см. рассуждения случая I). Теперь вычислим вторые частные производные, составив матрицу Гессе и квадратичную форму

$$\frac{\partial^2 \tilde{L}}{\partial C_t^2} = U''_t(C_t), \quad \frac{\partial^2 \tilde{L}}{\partial C_2^2} = U''_2(C_2), \dots, \quad \frac{\partial^2 \tilde{L}}{\partial C_T^2} = U''_T(C_T), \quad \frac{\partial^2 \tilde{L}}{\partial C_{T+1}^2} = -2 \cdot \lambda;$$

$$\begin{aligned} \tilde{A} &= (y_1, y_2, \dots, y_T, y_{T+1}) \cdot \begin{pmatrix} U''_1(\tilde{C}_1) & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & U''_2(\tilde{C}_2) & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & U''_T(\tilde{C}_T) & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & -2 \cdot \lambda \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_T \\ y_{T+1} \end{pmatrix} = \\ &= (U''_1(\tilde{C}_1) \cdot y_1, U''_2(\tilde{C}_2) \cdot y_2, \dots, U''_T(\tilde{C}_T) \cdot y_T, -2 \cdot \lambda_0 \cdot y_{T+1}) \cdot \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_T \\ y_{T+1} \end{pmatrix} = \\ &= \sum_{t=1}^T U''_t(\tilde{C}_t) \cdot y_t^2 - 2 \cdot \lambda_0 \cdot y_{T+1}^2 < 0, \\ &\text{так как } U''_t(\tilde{C}_t) < 0, \quad \lambda_0 > 0. \end{aligned}$$

Отсюда следует, что обобщенная функция потребления достигает максимума в точке $(\tilde{C}_1(\lambda_0), \tilde{C}_2(\lambda_0), \dots, \tilde{C}_T(\lambda_0), 0)$.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Solow R. A contribution to the theory of economic growth. *Econometrica*, 1956.
2. Насритдинов Г. Математик экономика элементлари. Тошкент: "БИ=итувчи", 1984.
3. Габасов Р., Кириллова Ф.М. Методы оптимизации. Изд. 2. Минск: БГУ, 1981.

4. Насритдинов Г. Математическое программирование. Тексты лекций для студентов экономического факультета НУУз им. Мирзо Улугбека, Ташкент: Университет, 2002.
5. Карташев А.П., Рождественский Б.Л. Математический анализ. М.: Наука, 1984 (гл.13, теорема 13.6).
6. Cobb C.W., Douglas P.H. A theory of production// American Economic Review, 1928. № 1. V.18.
7. Zadeh L.A. Optimality and Non-Scalar-Valued Performance Criteria// IEEE Trans, on Automatic Control Vol. AC-8. 1963. № 1

Национальный университет Узбекистана
им. Мирзо Улугбека

Дата поступления
... 2005.

УДК 343.98

А.С. ҶОСИМОВ

ИЧКИ ИШЛАР ИДОРАЛАРИ БОШЎАРИШ ТИЗИМИДА АХБОРОТ АЛМАШИНУВИНИ ТАШКИЛ ЭТИШ

А.С. Касымов

Организация обмена информации в системе управления органов внутренних дел

В статье рассматриваются роль и свойства приёма, обработки и передачи информации в управленческой деятельности органов внутренних дел. А также вопросы использования оптимальных способов технических и программных баз при организации обмена информации в управленческой системе ОВД.

A.S. Kasimov

Organization of an information exchange in the administrative system of law internal affairs

At the article a role and properties of reception, at organization of an information exchange in administrative system law internal affairs, and the processing and transfers of the information in administrative activity of law internal affairs, also questions of use of optimal ways of technical and program bases are considered.

Ички ишлар идоралари бошўаруви техник воситалари мажмуи - бу турли кўринишдаги, фазо бўлган фаолияти ягона маъсадга ўратилган, автоматик ўрилма, телемеханика, алоҳа ва ўзисоблаш техникаси ўзисобланиб, ўзўшўни муўофаза ўилиш идоралари хизмати ва бўлинмалари бошўарувининг сифати ўамда самарасини оширишга ўратилган. ўўшўни муўофаза ўилиш идоралари тизимини таўлили шуни кўрсатмоўдаки, барча моддий сарф харажатнинг деярли кўпчилиги ўисми маълумотларни йиўиш, узатиш ва ўайта ишлаш техник воситаларига сарфланар экан.

Ички ишлар идораларининг бугунги ривожланиш босқичида, унинг тезкор-хизмат бфлинмаларини алоша воситалари билан таъминлашга катта эътибор шаратилмошда. Бу, бир томондан ички ишлар идоралари (ИИИ) автоматлаштирилган бошшарув тизимининг асосий элементи зисобланувчи маълумотларни узатиш техник воситалари билан таъминлашнинг тез суръатларда фсиб бориши бфлса, иккинчи томондан мукаммаллашган техник воситаларнинг яратилиши ва унинг кенг имкониятларга эга бфлишлигидир [1].

Ички ишлар идоралари тизимининг биринчи зусусияти унинг табааланганлиги (појоналилиги)дир. ізР ИИИ ни бошшаришнинг бир-биридан појоналари билан фарш шилувчи босқичлари мавжуд. ИИИ ини техник алоша тизими зайда гапирилганда, шайси бошшариш даражасида, шандай техника воситалари шфлланилишини билиш лозим. Бошшача шилиб айтганда, алоша тизими бутун тизимни бошшариш зосиласи зисобланади. Шазар, шилош, вилоят ёки республика мишесида алоша тизими шай даражада яратилаётганлиги эътиборга олинмоји лозим.

Иккинчи хусусияти тизимлилик, яъни ізР ИИВ - бу ижтимоий ва иштисодий бошшариш тизими. Ушбу тушунча нуштаи назаридан зар шайси ички ишлар идоралари бошшарув појонаси - бу бир шанча кичик бфлинмалар, яъни техникавий, ахборот, иштисодий ва ижтимоий тизимлар мажмуаси зисобланади.

Тартибни сашлаш ва жиноятчиликка шарши курашиш жараёнида фойдаланувчи турли маълумотлар мажмуи ахборот манбаи ва уни узатиш воситаси замда усул, услубият ва йијиш, шайта ишлаш, сашлаш воситаси биргаликда ахборот бошшарув тизимини ташкил этади.

Ички ишлар идоралари куч ва воситаларини сифатли ва самарали бошшариш учун ахборот шандай пайдо бфлишини, уни расмийлаштиришни ва узатишни, шандай ахборот ташувчилардан фойдаланишни билиш лозим. Агар ички ишлар идораларини бошшариш масаласи ахборот жараёни тарзида шаралса, унда бошшариш тизими бфлинмалари орасидаги ахборот алмашуви турли кфринишдаги ахборотларни бфлинмалар орасида даврий алмашувини кфриш мумкин. Вазоланки зар шандай бошшарув тизими фаолияти ахборотларни шайта ишлаш билан бевосита бојлиш экан, зеч бир бошшарув тизимини техник воситалар ёрдамисиз тасаввур шилиш шийин. Хулоса шилиб айтсак, алошда юз шфйилган хатоликдаги зарар бошшарувдаги зарар демакдир.

Ички ишлар идоралари ижтимоий тизимнинг маълум бир шисми бфлиб турли хизматлар мажмуаси зисобланади замда унинг фаолияти ижтимоий тартиб фрнатиш, жиноятчиликка шарши кураш олиб боришга шаратилган. Шу нуштаи назардан улар зар шандай тартиббузарликни фз ваштида анишлаш ва олдини олиш, жиноятчиликни очиш ва огозлантириш, тез шидирувни ташкил этиб, яшириниб юрган жиноятчини ушлашни таъминлаши лозим. Кфрилаётган масалани алоша воситаси ва тизимдан фойдаланмасдан ечиш асло мумкин эмас. Фашат улар ёрдамида юз берган золатни зар томонлама тез ва сифатли базолаш

мумкин, натижада фузролар хавфсизлиги таъминланиб, давлат ва жамият моддий бойлигига путур етказилмайди.

Келтирилган фикрлар оптимал алоша тизимининг яратилишини таъсозо этади. Бунда, фаолият кўрсатаётган бўлим ва хизматларнинг иjtисодий ва бошқариш кўрсаткичларини юзори даражага кўтариш кўзда тутилади.

Ички ишлар идораларининг алоша воситаси ва тизимининг асосий вазифаси - бу улар ёрдамида ўзўрни мувофаза йилиш бўлими бошқариш тизими хизматини ташкил этиш учун техника базасини яратишдан иборатдир. Уларни ўрни ички ишлар идоралари бошқарув тизими ва унинг техник базаси ўртасидаги мосликни таъминлашда намоён бўлади.

Ушбу мосликни ўз навбатида бир ёки бир неча кўрсаткичлар ташкил этади, масалан:

- бирон ваът ичида узатиладиган маълумотлар ўзжми;
- берилган ўзжмдаги маълумотни етказиб бериш ваъти;
- етказиб берилаётган маълумотнинг ишончлилиги ва тўсишлардан ўимояланганлиги;
- узатилаётган маълумотни хавфсизлигини, нишобланганлигини таъминлаш;
- маълумот узатишнинг самарадорлиги.

Бугунги кунда ўар бир ИИИ таянч пункти ва бўлинмаси айтиб ўтилган воситалар билан жиўозланган, масалан, барча навбатчи йисмлар ўзининг локал радио тизими, симли алоша, сигнализация ўамда шаўар ва туман АТС телефон тармојига эга.

Бошқарувни оптималлиги асосан аўолидан, ташкилот, муассаса, ички ишлар идоралари ва айрим ходимлардан олинган маълумотларнинг ўз ваътида етказилиши билан характерланади. Бундай маълумот оператив вазиятни таўлил йилиш, тез зарур чора-тадбирлар ишлаб чишиш, ўарорлар ўабул йилиш, хизмат ва бўлинмалар фаолиятини оператив бошқариш, ички ишлар идораларининг ўзаро ахборот алмашуви алошасини ташкил йилиш, алошда хизмат фаолиятини бошқаришга имкон яратади.

Бу масалаларни ечиш ички ишлар идораларида маълумотларни ўз ваътида узатиш ва ўабул йилишни ташкил этишга ўамда бошқарув ўарори ва буйруји ўанчалик тез етказилишига бојлиш. Алоша воситасидан фойдаланиш маълумотни ўабул йилишда ўам, бошқарув ўарори ва буйрујини узатиш жараёнида ўам бошқаришга самарали кўмак беради [2].

Ички ишлар идораларида алоша воситаларидан фойдаланиш ўуйидаги имкониятларни яратади:

- жамоат тартибини саўлаш, ваът бўйича кучларни хавф тујилган жойларга сафарбар йилиш, мувофиш равишда бошқариш учун бошлиш ёки оператив навбатчига йисша ваът ичида керакли куч ва воситаларни йијиш ва сафарбар йилиш имкониятини беради;

- жиноят содир этилган ёки тайёрланаётган жиноятчилик тўғрисида тез, ишончли маълумот олишга кафолат беради ҳамда жиноятни очиш ва олдини олиш бўйича тезда зарур чора-тадбир ишлаб чиқишга имконият яратади;

- бир неча тергов фаолияти иштирокчилари ишини мувофиқлаштириб ва умумийлаштириб, бошқаришга имконият яратади. Масалан, тинтув қўқизишда, тергов текширувларида, жиноят содир этилган жойни қўздан кечиришда ва ш.к.;

- транспорт ҳаракати хавфсизлигини таъминлаш бўлими фаолиятини оператив бошқариш учун шароит яратади;

- жазони ижро этиш муассасалари фаолиятида раҳбарият билан ички хизмат нарядлари қўқасидаги доимий ахборот алмашинувини таъминлайди.

Ҳудди шундай мақсадда ахборот алмашинувини таъминловчи алоҳа воситалари ички ишлар идоралари ходимларининг ҳаракатдаги темир йўл, ҳаво йўллари ва сув транспорти фаолиятида ҳам кенг фойдаланилади [3].

Ҳаракатдаги ўқшўни муҳофаза шилиш соҳаси ходимлари ишини бошқаришда радиоалоҳа воситасидан ҳам кенг фойдаланилади.

Бўйруқ бериш, ҳарор хулосаларини узатиш, йијилишлар қўқизишда симли телефон алоҳа воситаларидан фойдаланилади.

Матн қўқинишдаги ўжжат материалларини тезда узатиш учун телеграф алоҳа воситаси шўлланилмоҳда. Фототелеграф шўрилмаси нафаҳат матнни, балки тасвир қўқинишидаги маълумотларни узатиш имкониятига эга. Бу шўрилма оператив хизмат маълумотларини шахсий компьютер хотирасига киритиш ва чиқаришда ҳам шўлланилади.

Ички ишлар идоралари фаолиятида симли алоҳа воситаларида сифатли ва узлуксиз алоҳани таъминлаш имкони бўлмаган ваҳтларда радиорелели алоҳа воситалари ишлатилади.

Одамлар гавжум бўлган жойлардан ва шўришланадиган объектлардан тасвир қўқинишли аниш маълумотларни олиш учун шахсий компьютерларга бевосита уланган телевизион, яъни видеокамера шўрилмасидан фойдаланилади.

Бугунги кунда ички ишлар идораларида шўлланиладиган ахборот алоҳа тизими ва воситалари шўни қўқсатмоҳдаки, уларни амалиётдаги татбиши таршоҳ ва аниш ташкил этилмаган. Шўнинг учун ҳам алоҳа воситаларидан фойдаланиб бошқариш фаолиятини амалга оширишда мавжуд имконият даражасидан тўлиш фойдаланилмайди. Қўқчилик раҳбарлар қўқининг бошқариш фаолияти самарасини ошириш мақсадида фаҳат қўқ этиборини ва билимларини алоҳа воситалари билан таъминлашга ҳаратади. Бўқинмаларда керагидан ортиш алоҳа воситаларидан фойдаланиш қўқ-қўқидан шўқшимча талабларни юзага келтиради.

Шўндай шилиб, умумий ҳолда алоҳа тизими техник воситалар мажмуаси (узатгич, алоҳа йўли ва шўбул шилгич) бўқлиб сигнал қўқинишига келтирилган хабарларни узатувчи (шўбул шилувчи)дир.

Ахборот алмашинуви алоша техникасини яратишда асосий эътибор биринчи жадамдан бошлабош алоша йфллари оршали узатилувчи маълумотлар миждорини оширишга жаратилган.

Ахборот тизимини яратиш анча жимматга тушади, бунинг учун бир неча юз километрга режалаштирилган (ер ости ва усти) кабель алоша йфлларини яратишни тассавур жилиш кифоя. Шунинг учун зам алоша йфлларини «жипслаштириш» анча самарали усулларидан фойдаланишга фтиш жараёни кечмошда. Шундай золлардан бири жипслаштириш журилмалари ёрдамида бир вашда алоша йфлидан фойдаланиб бир неча хабарни узатишдир. Бошшача жилиб айтганда, жипслашган алоша йфллари бир жанча алоша каналларини яратиш имконини яратади ва зар бир хабар фзининг канали бфйича узатилади ёки жабул жилинади. Бу турдаги алоша кфп каналли деб аталади. Барча йфл сигналлари узатувчи томондан аралашган золда, алоша йфлига жабул жилинади. Жабул жилиш томонида хабарлар яна ажратилиб алошда хабарларга айлантиради. Юшоридагиларни эътиборга олиб, алоша тарможи бирор аниш хабарни узатишни таъминловчи техник воситалар мажмуаси ва майдони тушунилади, алоша йфли деганда эса абонентларни фзаро ахборот алмашувини таъминловчи, тармошлар алошасини амалга оширувчи воситалар мажмуасига айтилади.

Тармош ва сигнал тушунчалари миждорий ва сифат кфрсаткичлари билан характерланади. Булар ахборот алмашинуви усули, техник журилма параметрлари, музит хусусияти ва унга ташши шароитнинг таъсиридир. Сигнал узатувчидан жабул шилувчига тармош оршали узатилиши зарур бфлгани учун сигнал хабарни ташувчи воситаси зисобланади. Вазоланки, ахборот узатиш алоша техникаси сигнални ташиш техникаси демакдир. Сигнал узатилаётган алоша тарможиге жатор талаблар шфйилади, улардан асосийси хабарни фзидан фтказиш имконияти, ишончилиги, самаралиги ва турјунлигидир.

Ички ишлар идоралари фаолиятида ахборот технологиясининг жуидаги алоша воситалари шфлланилади: радио, радиорелели, сигналли. Улар ёрдамида турли кфринишдаги ахборот алмашинуви амалга оширилади: телефон, телеграф, фототелеграф, факсимил кодли сигнал.

Бошшарининг турли даражаларида ахборот алоша тизими тур ва тармошларга бфлиниши мумкин.

Ахборот алмашинуви тури алоша техник воситалари мажмуи зисобланиб, ахборотларни узатишга мослашган ягона кфринишга эге бфлган алоша воситасидир. Масалан, овозли маълумотни узатиш учун ИИИ да юшори овозли хабар берувчи ва радиотелефон, телефон алошадан фойдаланилади. Ундан ташшари телеграф ва фототелеграф алоша, амалий телевидение, телекод (ШК билан алоша) замда турли сигналлар (шфришлеш, ёнјич, тревога ва з.к.) дан фойдаланиш мумкин.

Ахборот алмашинуви алоша тури тушунчаси жуда кенг маънода бфлиб, уни математик ифодалаш учун асос сифатида шфллаш мумкин, жачонки узатиладиган

ахборот алоша турини автоном кичик ҳисмларга бўлиш имкони мавжуд бўлмаса. Аммо, ИИИ ва унинг бўлинмаларида бир ҳанча локал ахборот алоша мажмуасидан фойдаланилиб, турли хил тезкор хизмат масалаларини ечишга мослашган тармоқланган ахборот тизимидан фойдаланиш мумкин. Шунинг учун ҳам ахборот тармоғи алошанинг тизим ости тушунчаси сифатида киритилади.

Ахборот алмашинуви алоша тармоғи деб берилган абонентлар доирасида манзил бўйича бир хил тартибда ахборотни узатишни таъминловчи алошда техника воситалар мажмуасига айтилади. Бу, ахборот тизимининг энг шуйи даражаси ҳисобланиб, унинг элементлари алошда мустақил равишда ахборот узатиш имконига эга бўлмайди. Ахборот тармоқлари бир-биридан ахборот узатиш вазифаси, алошани ташкил этиш усули, бўланишни ташкил этиш усули, чаширув ва ҳоказо лар билан фарқ ҳилади.

Автоматлаштирилган ахборот тизими барча автомат тармоқ комплекс техник воситаларини бирлаштиради. У ҳзида икки тармоқни муҳассамлаштирган: коммутирлашган (масалан, барча абонентлар билан автоматик телефон станцияси - АТС) ва коммутирлашмаган (масалан, бир бошҳарма бўлими гуруҳи абонентлари билан). Амалий тажриба бундай тизимларни ИИИ да ҳқллаш уларнинг тезкорлиги ва юҳори сифатлигини кўрсатди.

Умуман олганда, бошҳариш даражасига ҳараб ахборот алоша тизими ва воситаси ҳуйидагича таснифланади:

- бошҳарувнинг стратегик бўлими учун;
- бошҳарувнинг тезкор бўлими учун;
- бошҳарувнинг тактик бўлими учун.

Оператив хабар бериш огоҳлантириш, административ-ҳқжаликка оид ахборотларни узатиш учун мўлжалланган ва ички ишлар идораларининг турли бошҳариш бўлинмаларида айланувчи ахборот алоша воситалари тури ҳам мавжуд.

ҲОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Якубов М.С., Зиядуллаев Д.Ш., Касымов А.С. Перспективы развития информационной технологии в правоохранительных органах. Международная научная конференция «Тошкент-НТИ-XXI». Ташкент, 2001. 26-27 апр. С. 154-158.
2. Ёшубов М.С., Иминов А.А., Шосимов А.С., ҳушуйни муҳофаза ҳилиш идоралари учун ахборот тизимларини яратиш тамойиллари// Ички ишлар органларининг жамоат ҳавфсизлигини таъминлаш ва жиноятчиликка ҳарши кураш ҳаолиятини такомиллаштириш. Илмий-амалий конференция материаллари. ИИВ Академияси, 2001. 214-216 - бетлар.

3. Касымов А.С., Якубов А.М. Геоинформационные системы управления деятельностью органов внутренних дел. Совместный выпуск по материалам республиканской научно-практической конференции «Управляющие системы и информационные технологии», Ташкент, 2004. 21-23 сент. С. 134-138.

Ўзбекистон Республикаси
ИИВ Академияси

.. .. 2005
Ўабул ўилинган

УДК 658.5.012.22.

А.А. МУХАММАДЖАНОВ

СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПАТЕНТНО-ЛИЦЕНЗИОННОГО РЫНКА

А.А. Муҳаммаджонов

Патент лицензияли бозорнинг бошқарув жараёнларини тизимли моделлаштириш

Маъзолада математик моделлаштириш услубиятларидан фойдаланган ³олда патент лицензияли фаолиятнинг бошқарув жараёнлари кўрилган.

A.A. Mukhammadjanov

System modeling of processes of governing a patent and licensing market

Processes of patent and licensing activity governing with using the methods of mathematical modeling are considered.

В условиях рыночных отношений развитие патентно-лицензионного рынка характеризуется появлением ряда моментов, изменяющих теоретические представления об экономических явлениях и выдвигающих новые требования к инструментальным средствам их анализа. Важнейшими из них можно считать усложнение форм взаимодействия факторов в создании проекта, изменение внешнеэкономической ситуации и ее влияние на условия функционирования экономической системы.

Результаты статистики использования услуг фонда патентной документации показывают недостаточную активность коммерческого сектора, малого и среднего бизнеса, которым требуются сведения по конкурентам, рыночной конъюнктуре и т.п. Для удовлетворения таких потребностей необходим новый уровень патентно-аналитических и патентно-статистических услуг.

Анализ динамики патентования изобретений по странам, фирмам, предметным отраслям и другим параметрам позволяет:

- выявить перспективные направления развития техники и разрабатывающие их компании;
- оценить мировые тенденции развития техники;

- изучить рыночную конъюнктуру для разработки собственной патентно-лицензионной политики;

- найти партнеров для совместного предпринимательства и др.

В повышении эффективности патентно-лицензионной деятельности большую роль играет увеличение количества качественных проектов, улучшение работы фонда патентной документации. Для решения этой проблемы разработаны модели и алгоритмы с целью прогнозирования структуры объектов интеллектуальной собственности (ОИС), состоящих из нескольких блоков.

Блок 1. Создание продуктов ОИС.

Разработанная динамическая модель задачи включает выбор научно-обоснованной оптимальной структуры ОИС, выраженной в динамическом развитии этого процесса.

Создание продуктов ОИС может быть описано неоклассической производственной функцией

$$Q = F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n x_i^{a_i}, \sum_{i=1}^n a_i \leq 1.$$

Блок 2. Распределение ресурсов [1].

Патентно-лицензионная деятельность компаний, производящих продукцию с использованием ОИС, формализована в следующих пунктах.

1. Процесс распределения ресурсов, осуществляемый компаний, производимой продукцией на базе ОИС, представим в виде n направлений деятельности, каждое из которых связано с конкретным видом производства.

2. Каждое направление деятельности описывается вектором столбцом A_j , компоненты которого характеризуют результат деятельности и затраты ресурсов для создания единицы продукции.

3. В качестве показателя результата производства выбрана прибыль от реализации.

4. Для реализации проекта выделяется m видов ресурсов. В агрегированном виде их можно разделить на трудовые, материальные и инвестиционные. Количество ресурса вида i обозначено через b_i .

5. В условиях ограниченности ресурсов эффективным считается направление деятельности с меньшей ресурсоемкостью.

Согласно формализации, предложены модели распределения и перераспределения ресурсов с учетом получения максимальной прибыли:

- а). Линейная модель распределения ресурсов. Показатель деятельности системы описывается функцией вида

$$F(x) = \sum_{i=1}^n a_{ij} x_j, i = 1.$$

При этом условия ограниченности и полного использования ресурсов выражается в следующем виде:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, i = 2, 3, \dots, m.$$

Неотрицательность значений переменных

$$x \geq 0.$$

Требуется найти вектор неотрицательных интенсивностей $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ направлений деятельности компаний, обеспечивающий заданное значение показателя F при условии использования всех выделенных ресурсов.

б). Модель оптимального распределения ресурсов [2].

Ограничивающие условия:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i .$$

Неотрицательность значений переменных

$$x \geq 0 .$$

Критерий оптимальности - максимум прибыли:

$$F = \sum_{i=1}^n a_{ij} x_j \rightarrow \max, i = 1 .$$

На размер прибыли лицензиата влияют такие показатели, как объем производимой продукции и прибыль от реализации на рынке каждой единицы этой продукции. Исходя из этого, расчетная цена лицензии C_p определяется следующим образом [3]:

$$C_p = B \cdot T \cdot \Delta\Pi \cdot D ,$$

где B – среднегодовой выпуск продукции по лицензии в период действия договора (шт., кг, пог. м, куб. м и т.п.);

T – срок действия договора;

$\Delta\Pi$ - дополнительная прибыль от реализации каждой единицы продукции, изготовленной по лицензии

$$\Delta\Pi = \Pi_1 - \Pi_2 = (Z_1 - C_1) - (Z_2 - C_2) ,$$

где $\Pi_1; Z_1; C_1$ - соответственно прибыль, продажная цена и себестоимость единицы продукции, выпускаемой с использованием лицензии;

$\Pi_2; Z_2; C_2$ - соответственно прибыль, продажная цена и себестоимость единицы продукции, выпускаемой по действующей у лицензиата технологии.

В случае создания лицензиатом производства новых для него товаров на основе приобретения лицензии

$$\Delta\Pi = \Pi_1 = Z_1 - C_1 ;$$

D – коэффициент, определяющий распределение прибыли от использования лицензии между лицензиатом и лицензиаром. Он означает долю лицензиара в этой прибыли (в %), которая в среднем составляет 10-30%.

Расчетная продажная цена продукции, изготовленной по лицензии, определяется на базе:

- конкретных цен на аналогичную продукцию отечественных и зарубежных коммерческих предприятий;
- прейскурантов или предложений отечественных и зарубежных производителей аналогичной продукции с учетом поправок на количество, торговлю и разницу в характеристиках продукции.

Для определения продажной цены новой продукции, не имеющей аналогов на мировом рынке, можно использовать коэффициент экспортной эффективности K_3 , который рассчитывается в соответствующей отрасли для сходной продукции:

$$K_9 = \frac{Ц_{эк}}{Ц_{ви}}$$

где $Ц_{ви}$ - средняя внутренняя оптовая цена на аналогичную продукцию в отрасли;

$Ц_{эк}$ - средняя экспортная цена на эту продукцию в отрасли.

$$Z = Ц_{виопс} \cdot K_9,$$

где $Ц_{виопс}$ - внутренняя цена продукции, изготовленной по лицензии.

При определении реального рыночного спроса и прогнозировании возможностей производства в процессе его удовлетворения важной является разработка теоретических основ, принципов и моделей принятия решений. Разработка базы данных и прикладных программ служит надежным средством для исследования теоретических основ принятия решений.

Процедура принятия решений включает в себя системный подход, способы математического моделирования, эвристического решения и др. Создание этих систем осуществляется с помощью информационного и математического обеспечения.

Поиск путей составления лицензионных договоров требует изучения причин и факторов, лежащих в основе их динамики, получения количественных оценок и качественных схем взаимосвязей между основными индикаторами, характеризующими процессы составления лицензионных договоров. Умение же проанализировать и точно спрогнозировать ситуацию лицензионной торговли будет способствовать более эффективной ориентации Узбекистана в мировой торговле.

Анализ динамики основных показателей лицензионных договоров с 1997 по 2002 г. показывает наличие следующих тенденций:

- процесс регистрации на изобретения с 1997 г. по настоящий момент имеет тенденцию на убывание в отношении договоров на изобретения между национальными лицами;
- рост числа договоров на передачу изобретений по патенту между иностранными лицами на фоне уменьшения числа договоров между национальными лицами, что создает положительную динамику в развитии рынка патентных лицензий и доказывает заинтересованность иностранных компаний в отечественном рынке технологий, а следовательно, инвестирование иностранного капитала в экономику нашей республики;
- необычно высокая доля для узбекского рынка лицензий неисключительных и низкая доля исключительных, что не отвечает практике лицензирования в странах с развитой рыночной экономикой.

Такой анализ позволил построить ряд регрессионных зависимостей, объясняющих динамику роста лицензионных договоров.

Как известно, количество лицензионных договоров зависит от многих факторов: изобретений, промышленных образцов, полезных моделей, товарных знаков, программ для ЭВМ. В этом случае используются уравнения регрессии с несколькими независимыми переменными. Следует отметить, что при разработке множественной корреляционно-регрессионной модели отбор факторов-аргументов для включения в уравнение производится на основе многофакторного анализа, что является обоснованием включения факторов в математическую модель.

Многофакторная модель регрессии может иметь линейный или нелинейный вид. Нелинейные уравнения имеют вид полинома, степенной функции и др. Выбор адекватной модели осуществляется на компьютере, согласно рекомендуемому критерию оценки. Затем на ПЭВМ производится расчет по выбранной функции. В результате расчетов по разработанной программе можно получить следующие результаты:

- средних значений переменных;
- средних квадратических отклонений переменных;
- коэффициентов парной корреляции;
- элементов обратной матрицы и детерминанта матрицы;
- коэффициентов уравнения множественной регрессии в стандартизованном масштабе;
- коэффициента множественной корреляции;
- откорректированного значения коэффициента множественной корреляции;
- критерия Стьюдента;
- критерия Фишера;
- коэффициентов уравнения множественной регрессии в натуральном масштабе;
- расчетных значений зависимой переменной;
- среднеквадратического отклонения действительного значения от расчетных;
- суммы квадратов отклонений;
- коэффициентов собственно-частной корреляции;
- критерия связи в процентных отношениях.

При наличии информационного обеспечения можно проводить расчеты на компьютере. По результатам многофакторной модели можно судить о влиянии каждого фактора и лицо, принимающее решения (ЛПР), имеет возможность регулировать значение управляющих параметров.

Анализ построенных регрессионных зависимостей свидетельствует о надежности полученных уравнений и возможности их использования в краткосрочном прогнозировании количества лицензионных договоров.

Выводы

- На величину заключенных лицензионных договоров (LD) наибольшее влияние оказали такие факторы, как лицензии об уступке (LU), исключительные лицензии (LI), неисключительные лицензии (LN) и предоставление полной лицензии (LP). Данные факторы обеспечили 98% динамики заключенных договоров.
- Наиболее значимыми факторами, воздействующими на заключенный лицензионный договор об уступке (LU), явились: изобретения (IU), промышленные образцы (PU) и товарные знаки (TU), обеспечивающие 97% влияния всей совокупности факторов. Кроме того, в результате эконометрического анализа выявлены также статистически значимые взаимосвязи между заключенным лицензионным договором об уступке и изобретениями по патенту с лагом запаздывания на один год (IUP(-1)), а также промышленными образцами по патенту с лагом запаздывания на один год (PUP(-1)).

- На изменение динамики исключительного лицензионного договора (LI) наибольшее воздействие оказали: изобретения (I), промышленные образцы (PI), товарные знаки (TI) и программы для ЭВМ, которые обеспечили 97% влияния всей совокупности факторов.
- Наибольшее влияние на изменение неисключительного лицензионного договора (LN) оказали: изобретения (IN), промышленные образцы (PN), полезные модели (MN), товарные знаки (TN), программы для ЭВМ (EN), базы данных (BN), селекционные достижения (SN).
- На величину заключенных лицензионных договоров (LD1) наибольшее влияние оказали такие отрасли, как сельское хозяйство (LSX), химико-технологическая промышленность (LXT), пищевая, легкая, текстильная промышленность (LPL), строительство и строительные материалы (LSM). Данные факторы обеспечили 89% динамики заключенных договоров (табл. 1).

Условные обозначения статистических критериев качества регрессии:

R – коэффициент корреляции;

F – коэффициент Фишера;

DW – коэффициент Дарбина Уотсона.

Новые экономические условия требуют разработать методологию комплексного прогнозирования рынка лицензий в Узбекистане во взаимосвязи с отраслями национальной экономики.

По трендовой модели проводились расчеты по прогнозированию урожайности роста лицензионных договоров. Для этой цели разработаны алгоритм и программа расчета на компьютере. Программа предназначена для вычисления:

- среднего значения количества лицензионных договоров;
- среднего квадратического отклонения количества лицензионных договоров;
- коэффициента уравнения регрессии;
- расчетных значений количества лицензионных договоров;
- отклонения действительного значения количества лицензионных договоров от расчетного;

Таблица 1

**Результаты анализа регрессионных уравнений, характеризующих
развитие лицензионных договоров**

Варианты регрессионного уравнения	R	F	DW
1. $LD=1.55+1.01 LU+0.8LI+1.02 LN+1.32 LP$	0.98	40.7	0.96
2. $LU=0.57+1.1 IU+1.3 PU+0.9 TU$	0.97	780.9	0.94
3. $LU=107.48-0.68IUP(-1)+18.18PUP(-1)$	0.63	0.68	0.43
4. $LI=0.2+0.9II+0.9PI+1.1TI+1.03EI$	0.97	207.8	0.94
5. $LN=17.72+1.27IN+12.09PN+34.73MN+1.06TN+20.33EN+22.5BN+125.39SN$	0.84	15.43	0.67
6. $LD1=12.38+0.42LSX+1.14LXT+6.03LPL+5.5LSM$	0.89	101.7	0.77

Таблица 2

Исходная и прогнозная динамика лицензионного рынка

Вид договора	Факт 1997 г.	Факт 1998 г.	Факт 1999 г.	Факт 2000 г.	Факт 2001 г.	Факт 2002 г.	Факт на 2003 г.	Факт на 2004 г.	Прогноз на 2005 г.
Лицензионный рынок	232	161	343	374	343	307	379	381	382
Об уступке	116	47	222	283	282	241	293	295	296
О предоставлении исключительной лицензии	13	8	10	11	6	7	11	11	12
О предоставлении неисключительной лицензии	103	106	108	79	53	59	79	79	80
О предоставлении полной лицензии	-	-	3	1	2	-	2	1	1

Таблица 3

Прогноз лицензионного рынка по отраслям

Вид договора	Факт 1997 г.	Факт 1998 г.	Факт 1999 г.	Факт 2000 г.	Факт 2001 г.	Факт 2002 г.	Факт на 2003 г.	Факт на 2004 г.	Прогноз на 2005 г.
Сельское хозяйство	51	42	4	3	2	8	6	7	8
Электротехника, электроника	4	-	11	2	55	-	59	60	61
Химия	11	4	16	20	11	2	15	16	17
Химико-технологическая промышленность	12	10	11	23	7	1	10	9	9
Пищевая, легкая, текстильная промышленность	12	13	10	6	11	3	10	10	11
Строительство	15	7	4	6	8	6	6	6	6
Машиностроение	10	10	5	11	4	5	9	9	9

- прироста количества лицензионных договоров;
- коэффициента сглаживания;
- выбора функции - формы зависимости;
- прогнозного значения количества лицензионных договоров;
- ошибки прогноза;
- верхних и нижних доверительных интервалов прогноза.

Исходной информацией служили данные таблиц (2, 3).

По этим данным проведены расчеты по прогнозированию рынка лицензий на 2005 г. по трендовой модели. Получены прогнозные значения количества лицензионных договоров (табл. 1, 2, 3; рисунок 1, 2). Анализ показывает, что ошибки прогноза незначительны, и результаты расчета можно рекомендовать к практическому использованию.

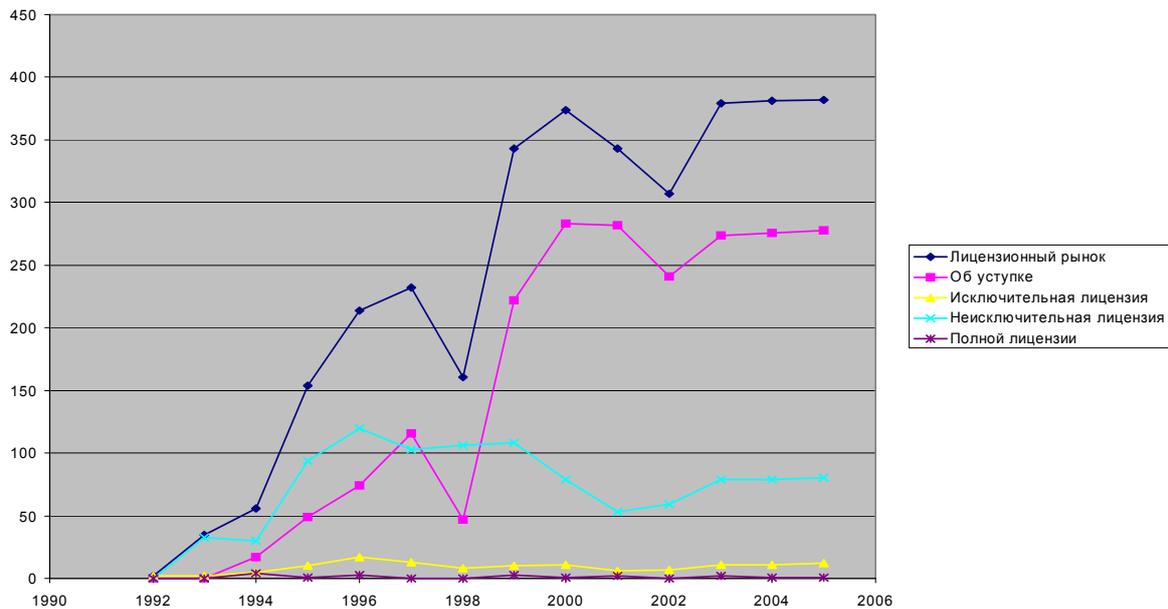


Рис. 1. Исходная и прогнозная динамика заключенных лицензионных договоров

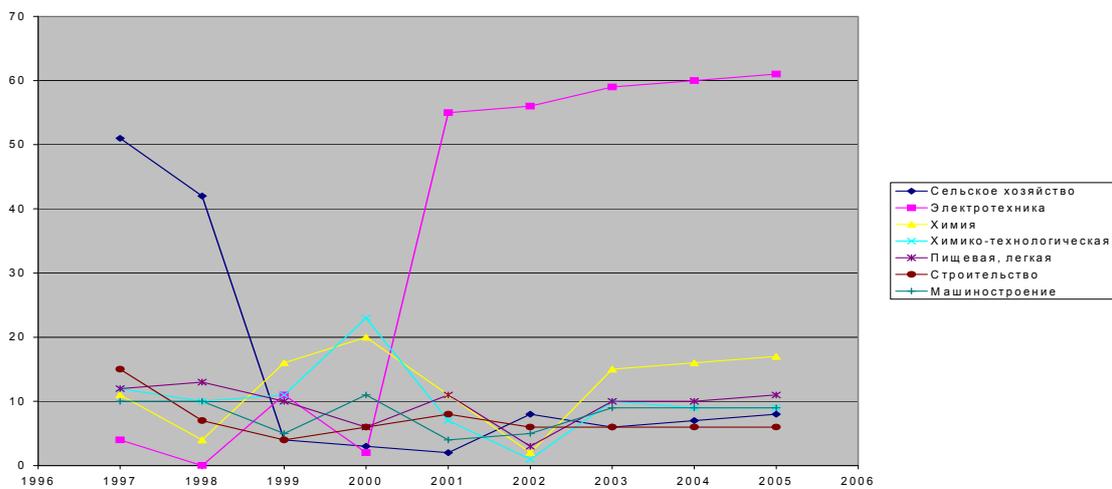


Рис. 2. Прогноз лицензионного рынка по отраслям

Таким образом, использование эконометрического подхода в прогнозировании лицензионных договоров является перспективным направлением, позволяющим на основе глубокого изучения факторов и явлений, влияющих на этот процесс, разрабатывать экономические программы развития и реформирования лицензионного рынка в Узбекистане.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука, 1965.
2. Левнер Е.В., Генс Г.В. Дискретные оптимизационные задачи и эффективные приближенные алгоритмы. М.: ЦЭМИ АН СССР, 1978.
3. Мухопад В.И. Лицензионная торговля: маркетинг, ценообразование, управление, М., 1997. - 285 с.

Институт информатики
НТЦ "СИТ" АН РУз

Дата поступления
15.12.2004.

УДК: 655 2/3: 655.344:655.287

А.Р. РАХИМОВ

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЦВЕТОВОГО ОХВАТА ПЕЧАТНЫХ КРАСОК ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ НА РАССТОЯНИЕ

А.Р. Рахимов

Маълумотларни узатиш юзори тезкорликдаги тармоғи бўйлаб ахборотлар узатилганда рангли тасвир сифатини тадқиқ этиш

Маъзола маълумотлар узатиш юзори тезкорликдаги тармоғи бўйлаб ахборотлар узатилганда рангли тасвир сифатини тадқиқ этиш масалаларига баъишланган. Газеталарни марказлашмаган тартибда чоп этиш масалалари кўриб чиқилган. Матбаа ишлаб чиқаришида босмагача бўлган жараёнларни такомиллаштириш бўйича тавсиялар келтирилган.

A.R. Rachimov

The questions of the color incidence of the printed paints at issue of information on distance are studies

The article is about the topical questions of colored picture quality determination at data transmission via high-speed data transmission network. The technology matters for decentralized printing of newspapers are examined. There are also presented some recommendations for pre-printing processes upgrading in polygraphical production.

В настоящее время народное хозяйство находится на таком этапе развития, когда без коренного улучшения положения дел с качеством не может быть решена ни одна крупная производственная и социальная задача. С целью повышения качества печати газет при использовании высокоскоростной сети передачи информации была проведена серия экспериментов по количественной оценке цветового охвата триадных красок фирмы HARTMANN (Германия).

Важным этапом оценки уровня воспроизведения изображения являются измерение и количественная оценка цветовых показателей трансформируемого изображения [1].

На первом этапе исследования были изготовлены тестовые компьютерные файлы с контрольными шкалами цветового охвата трех триадных красок: жёлтой, пурпурной, голубой. В производственных условиях типографии ИПАК "Шарк" были получены фотоформы на фотонаборном автомате Quick Setter.

По высокоскоростной сети передачи информации данный тестовый компьютерный файл был передан в типографию АО «Андижан». Из полученных данных на лазерном принтере выполнены распечатки на лавсановой пленке. В условиях ИПАК "Шарк" и в АО «Андижан» изготовлены 2 комплекта печатных форм для каждой краски: черной, пурпурной, голубой и желтой. Далее проведен комплекс экспериментов с целью количественной оценки цвета.

С печатных форм на пробопечатном станке «Зетаконт» напечатаны пробные оттиски на 3 видах бумаги: офсетной, мелованной и газетной. Для сравнения пробные оттиски изготовлены с комплекта печатных форм, полученных в АО «Андижан» по системе передачи данных компьютерных тестовых файлов и распечатанных на лазерном принтере.

Количественная оценка цветовых показателей проводилась с помощью современной компьютерной системы «Hyper Choshoru Senka TX», в состав которой входит спектрофотометр CM 3600d [2]. Кроме того проведена оценка координат цвета, коэффициентов отражения 8 точек на каждом оттиске для выбранных видов бумаги. Спектрофотометр выдал спектральные кривые отражения каждой краски на трех видах бумаг для трех вариантов:

- при изготовлении диапозитивов на фотонаборном автомате;
- при принтерной распечатке с низкой кроющей способностью тонера;
- при принтерной распечатке с повышенной кроющей способностью тонера.

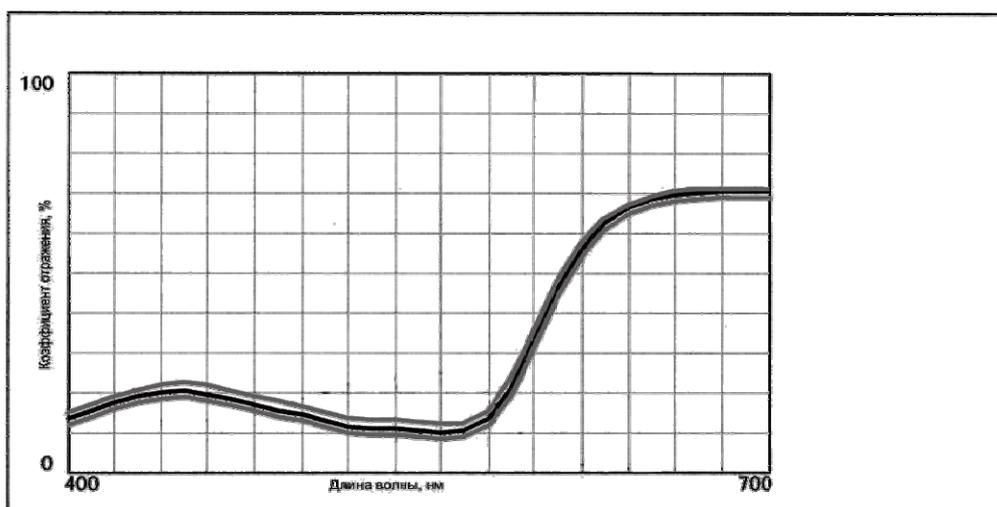


Рис. 1

Получены 9 спектральных кривых. Характер изменения величин коэффициента отражения (p) идентичен: его максимальное значение наблюдается для всех точек варианта с фотонаборным автоматом; значения « p » при распечатке с повышенной кроющей способностью наиболее близки к Max [3]. На рис.1 приведены спектральные кривые отражения пурпурной краски на газетной бумаге, согласно которым, можно утверждать, что при использовании высокоскоростной сети передачи информации не происходит существенной потери качества. Это подтверждается и данными таблицы, в которой приведены результаты сравнения максимальных значений коэффициентов отражения оттисков на исследуемых видах бумаг.

Таблица

Коэффициенты отражения оттисков.

Вид бумаги	Голубая краска		Пурпурная краска		Желтая краска	
	p max - для фотонабо	p max - для принтера	p max - для фотонабор	p max - для принтера	p max - для фотонабо	p max - для принтера
Мелованная	68	60	80	79	78	78
Офсетная	67	62	81	80	82	80
Газетная	48	44	71	70	71	70

На основе значений координат цвета исследуемых экспериментальных точек оттисков, рассчитаны модуль цвета M и координаты цветности x, y, z по формулам:

$$M = X + Y + Z; \quad x = X/M; \quad y = Y/M; \quad z = Z/M.$$

Далее на основе координат цветности на цветовом графике xy были определены исследуемые точки. Совокупность полученных точек даёт цветовой охват серии красок HARTMANN на каждом виде бумаги [4]. На рисунках 2,3,4 приведены цветовые охваты, полученные офсетными красками на мелованной, офсетной и газетной бумаге.

Сравнение результата анализа этих цветовых охватов и полученных при печати одной и той же триадой красок с форм, изготовленных с компьютерных файлов, переданных по системе передачи данных на 3-х видах бумаги (офсетной, мелованной, газетной), с показателями цветового охвата традиционной технологии изготовления печатных форм с использованием диапозитива, полученного с помощью фотонаборного автомата, позволяет установить полное соответствие их показателей цветности [5].

Разработанная технология децентрализованной печати газет офсетным способом с использованием сети передачи данных решает основную задачу полиграфической технологии при репродуцировании цветных и черно-белых изображений - многократное воспроизведение оригинала на оттиске с минимальными геометрическими, частотными, градиционными и цветовыми искажениями [6].

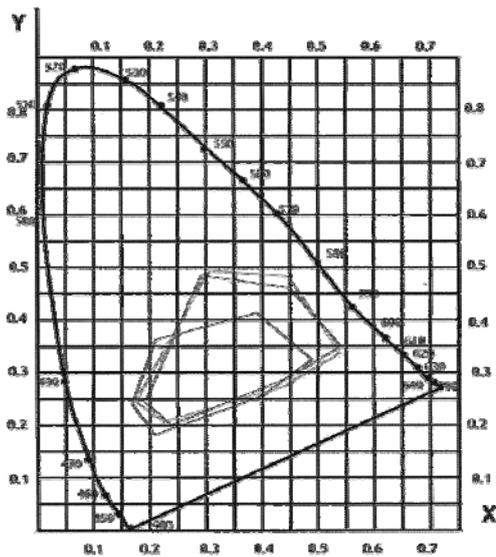


Рис. 2

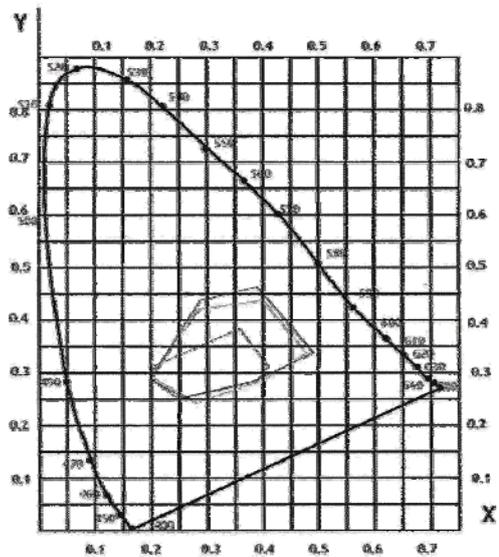


Рис. 3

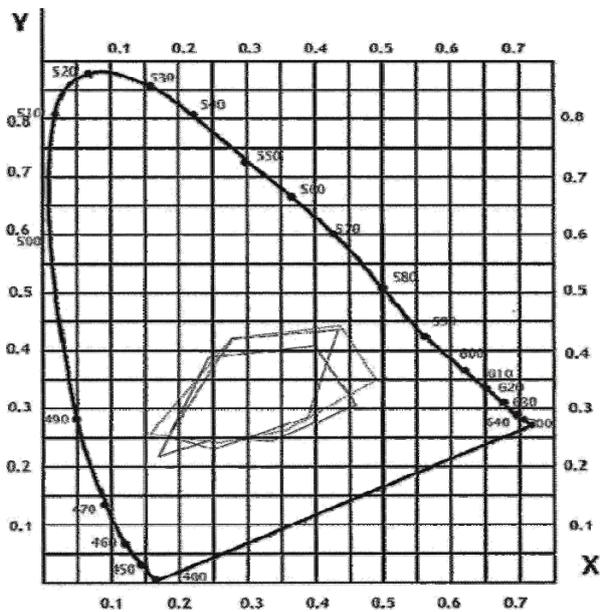


Рис. 4.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Синяк М., Сапошников Н. Управление цветом// КомпьюПринт. 2000. № 2.
2. Тихонов В. Подготовка иллюстративной информации для полиграфии// КомпьюАрт. 2000. № 9.
3. Джад Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. М.: Мир, 1978.
4. Синяк М. Спектрофотометр: взгляд изнутри// Publish. 2000. № 2.