12. Siddikov I.X., Abubakirov A.B., Utemisov A.D., Abdumalikov A.A Qayta tiklanuvchan energiya manbali elektr ta'minoti tizimlarida reaktiv kuvvati manbalarining ko'p fazali toklarini kuchlanishga o'zgartirish datchiklarini modellashtirish // Respublikanskaya nauchno-texnicheskaya konfrensiya, "Sovremennie tendensii sovershenstvovaniya sistem kontrolya i upravleniya texnologicheskimi prosessami i proizvodstvami". Tashkent-2019 g. - S. 192-194.

13. Siddikov I.X., Lejina Yu.A., Xonto'raev I.M., Maksudov M.T., Abdumalikov A.A. Issledovanie pokazateley nadejnosti i veroyatnosti rabotosposobnosti datchikov kontrolya i upravleniya energopotrebleniem // Injenerno-stroitel'niy vestnik Prikasniya: nauchno-texnicheskiy jurnal. Astraxan': GAOU AO VO "AGASU", 2020. № 1(31). -S. 74-78.

МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТАБЛИЦ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

[1]Норматов И.Х., [2]Ибодуллаев Д, [3]Жураев М.,
[4]Отахонов А., [5]Аллаберганова А.Х.
[1,5,]Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека
[2,3]Джизакский филиал Национального университета Узбекистана
[4]Ферганский государственный университет
i_normatov@nuu.uz

Аннотация. В статье рассматривается стандартного описание рабочих мест для решения проблем алгоритмизации управления сложными системами. Предлагается описание процесса решения задачи управления объектом на основе алгоритмического подхода. Разработаны методы композиции ТФ для алгоритмического синтеза комплексов рабочих мест, управляющих мониторов.

Ключевые слова: алгоритм, метод, схема, монитор, операция, процесс, позиция, маркировка, граф, композиция.

Рассмотрим динамические таблиц функционирования (ТФ) определенные следующим образом:

$$\text{ТФ}=\{P,D,I,O,R,T,\Delta,F\},$$

где P - множества позиций, D - операций, I - входных и O - выходных состояний, A - рабочих мест, T - интервалов времени, Δ - множество координат рабочих мест системы, F - функция изменения ТФ во времени или функция управления A-системой.

Если $\forall t_i \in T$, $F(t)=const,$ то такая таблица функционирования называется статической. Функция $F(t)$, задающая изменения ТФ, называется функцией управления агрегатной системой.

В каждый интервал времени t_i описание ТФ представляется в виде маркированной сети Петри: $M=\{P,D,I,O,\mu\}$, где μ-оператор, сопоставляющий множеству позиций P в множестве N натуральных чисел: $\mu: P \rightarrow N$.

Каждая маркировка μ может быть представлена как вектор $\mu=(\mu_1,...,\mu_n)$, где $n=|P|$ и $\forall \mu_i \in N,\ i=\overline{1,n}$.

Интервалы времени, t_i в течение которых сеть Петри не изменяется, назовем технологическими циклами (ТЦ).

ТЦ являются подмножеством сетей Петри, для которого определяется формальный язык для описания технологических процессов.

Множество состояний ТЦ $P=\{p_1,...,p_n\}$ определяется аналогично множеству позиций сетей Петри. Множество функций переходов есть конечное множество $T=\{t_1,...,t_m\}$, $m \geq 0$. Они не пересекаются $(P \bigcap T=\varnothing)$. В качестве операций переходов примем логические операции - &, *V*.

Алфавит $\sum$ технологических циклов - это конечное множество символов. Строка - любая последовательность конечной длины из символов алфавита. Пустая строка λ - это строка, не имеющая символов, т.е. строка нулевой длины. Если $\sum$ алфавит, то множество всех строк из символов $\sum$

Связь символов с переходами осуществляется оператор помещения. Считается, что язык - *L* является языком ТЦ *L* – типа если существует помещение переходов $\delta: T \rightarrow \sum$, а начальная маркировка μ и конечное множество заключительных маркировок *F* такие, что

$$L=\left\{\delta(B) \in \sum{}^*,\quad \tilde{B} \in T\right\}, \text{ где } \delta\left(\mu, \tilde{B}\right) \in F$$

оператор переходов, т.е. для $\tilde{B}\left(t_{i_1},...,t_{i_k}\right)$ и маркировки оператора $\mu=\delta(\mu,\tilde{B})$ есть результат последовательного запуска $\left(t_{i_1},...,t_{i_k}\right)$. В нашем случае СС представляют собой композицию подсистем. Каждая из подсистем описывается отдельном ТЦ со своим языком. Последовательные композиции подсистем являются конкатенацией из одного, двух, трех и более языков ТЦ. Конкатенация языков формально определяется как:

$$L_1 \times ... \times L_n=\left\{x_1,...,x_n : x_1 \in L_1,...,x_n \in L_n\right\}.$$

На «Рис 1» представлена конкатенация для двух ТЦ. Следующим образом задана операция объединения:

$$L_1 \bigcup,...,\bigcup L_n=\bigcup_{i=1}^{n} L_i=\left\{x : x \in L_1 \text{ или} ... x \in L_n\right\}.$$

На «Рис. 2» показана композиция для двух ТЦ (ТЦ_1 и ТЦ_2). Далее, следующим образом задана операция параллельной композиции:

$$\alpha_1 x_1 \| \alpha_2 x_2 \| ... \| \alpha_n x_n=\alpha_1\left(x_1 \| \alpha_2 x_2 ... \| ... \| \alpha_n x_n\right)+...+\alpha_n\left(\alpha_1 x_1 \| \alpha_2 x_2 \| ... \| x_n \|\right) \text{ и } \alpha \| \lambda=\lambda \| \alpha=\alpha.$$

Параллельной композицией двух и более языков является:

$$L_1 \| L_2 \| \cdots \| L_n=\left\{x_1 \| x_2 \cdots \| x_n : x_1 \in L_1,...,x_n \in L_n\right\}.$$

Операция пересечения, как и в случае объединения, подобна теоретико-множественному определению пересечения и определяется для языков ТЦ следующим образом:

$$L_1 \bigcap L_2 = \{x : x \in L_1 \text{ и } x \in L_2\}.$$

Примером операции пересечения может служить пример, приведенный на «Рис. 4» Операция обращения предложения x - это предложение, символы которого расположены в противоположном порядке. Эту операцию мы определим рекурсивно: $\alpha^R = a,\ (\alpha x)^R = x^R a,\ где\ a, x \in \Sigma.$

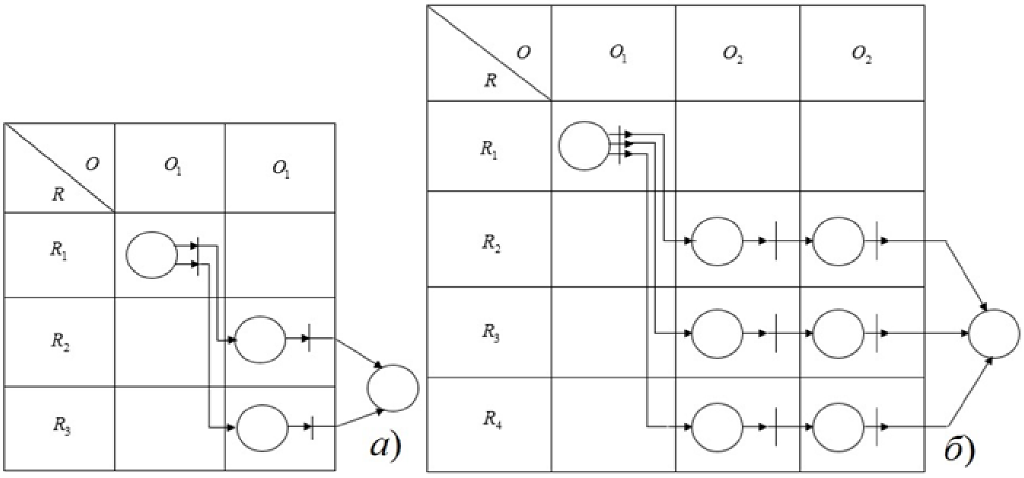
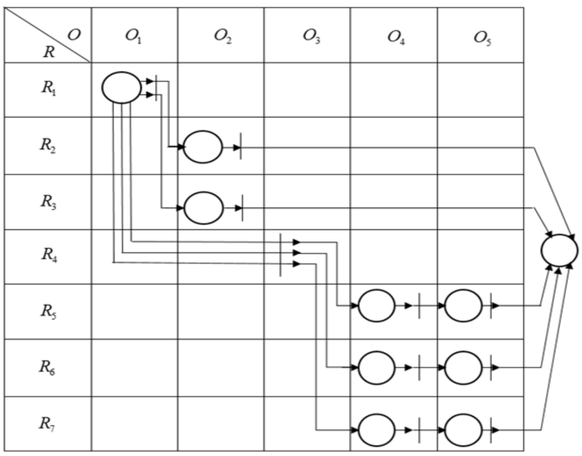


Рис. 1. Операция конкатенации ТФ (*а* – ТЦ$_1$, *б* – ТЦ$_2$, в – результат конкатенации ТЦ$_1$, и ТЦ$_2$



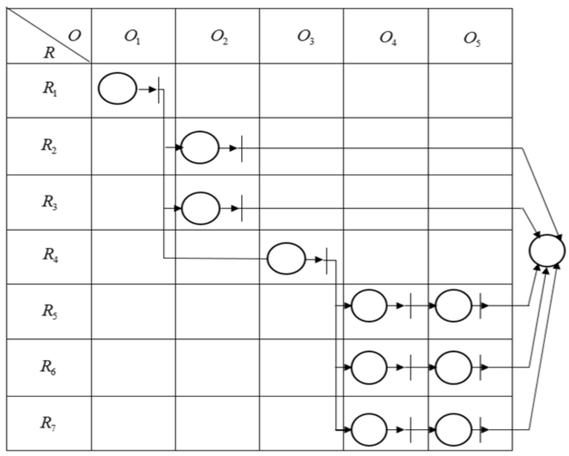


Рис. 2. Объединение ТФ

Рис. 3. Пересечение ТФ

Начальная и заключительная маркировки меняются местами. Следовательно, построенный ТЦ выполняется, как и первоначальный, но в обратном порядке. Язык ТЦ имеет в своем описании операцию повторной композиции, а языки ТЦ замкнуты по отношению к любому конечному числу выполнения операций объединения, пересечения, обращения, параллельной композиции и конкатенации, осуществляемых в любом порядке. Доказательство следует из теории о замкнутости этих операций для языков сетей Петри. Важной операцией в языках ТЦ для проектирования и моделирования процессов в СС является подстановка. Ее следует рассматривать как композицию двух языков ТЦ, в которой вместо символа в языке используется множество строк в L_n.

Система, состоящая из основного множества $\text{ТФ}=\{\text{ТЦ}_i\}, i=\overline{1,n}$ технологических циклов и совокупности операций, называемой сигнатурой, является универсальной алгеброй, если каждая из операций, принадлежащих сигнатуре Ω, всюду определена на множестве ТФ. В нашем случае основным множеством служит $\text{ТФ}=\{\text{ТЦ}_i\}$ множество технологических $a\Omega=\{x,\bigcup,\bigcap,\|R\}$ циклов. Ввиду того, что все операции замкнуты, на множестве ТФ, $\bigcup_{\text{ТФ}}=\{\text{ТФ},\Omega\}$ является универсальной алгеброй над ТФ.

Введенная алгебра над таблицами функционирования позволяет в дальнейшем использовать алгебраические методы построения алгоритмов управления. Технологическому циклу можно поставить в соответствие систему векторов. Поскольку каждый переход в ТЦ определяется своим входом и выходом: $\Omega=\left\{F_S^{US} : S=\overline{1,n}\right\}$ последовательно каждый такой цикл может быть описан двумя матрицами C^- и C^+, причем C^- является системой векторов входных состояний, а C^+ системой векторов выходных состояний.

Следовательно, в общем случае технологический цикл ТЦ может быть описан двумя матрицами размерностью $(n\times m)$, где n - число переходов, m - число всех входных или выходных состояний ТЦ. Значением элементов C_{ij} матрицы C^- и C^+ является число фишек (маркеров) b_i соответственно входной или выходной позиции для j-го перехода. Все вышеописанные операции над множеством позволяют нам производить композицию системы и ее структуры.

Тогда операция конкатенации двух ТЦ в матричной форме может быть представлена в следующем виде:

$$A^{(\pm)}=\left\|\alpha_{ij}^{(\pm)}\right\|n_1\times m_1,\ B^{(\pm)}=\left\|b_{ij}^{(\pm)}\right\|n_2\times m_2, \text{ по правилу } C^-=A^-\times B^-, C^+=A^+\times B^+.$$

Для системы матриц в случаях $ТЦ_1$ и $ТЦ_2$ (Рис. 3)

$$A^-=\begin{vmatrix}200\\010\\001\\100\end{vmatrix},\ A^+=\begin{vmatrix}000\\101\\100\\011\end{vmatrix},\ B^-=\begin{vmatrix}2000000\\0100000\\0010000\\0001000\\0000100\\0000010\\0000001\\0000000\end{vmatrix},\ B^+=\begin{vmatrix}0000000\\1000000\\0100000\\1000000\\0001000\\0000010\\0010100\\1111111\end{vmatrix}.$$

Результирующими матрицами операций конкатенации являются:

$$C^{-} = \begin{vmatrix} 2000000000 \\ 0100000000 \\ 0010000000 \\ 0001000000 \\ 0000100000 \\ 0000010000 \\ 0000001000 \\ 0000000100 \\ 0000000010 \\ 0000000001 \\ 0000000000 \end{vmatrix}, \quad C^{+} = \begin{vmatrix} 0000000000 \\ 1000000000 \\ 1010000000 \\ 0110000000 \\ 0001000000 \\ 0000100000 \\ 0001000000 \\ 0000001000 \\ 0001000000 \\ 0000000010 \\ 0000000111 \end{vmatrix}$$

Остальные операции и результирующими матрицами операции аналогично представляются.

Таким образом, разработанные методы преобразования ТФ для управления СС, позволяют анализировать и описать процессов решения задач при построении алгоритма управления сложных систем.

Литературы:

1. Kabulov A V, Normatov I H and Karimov A Algorithmization control of complex systems based on functioning tables// – Journal of Physics Conference Series 1441:012141·January 2020 DOI: 10.1088/1742–6596/1441/1/012141 (Scopus, IF = 0.7), pp. 1–9.
2. Kabulov A.V., Normatov I.H. and Ashurov A.O. Computational methods of minimization of multiple functions// – Journal of Physics Conference Series 1260(10):102007 August 2019 DOI: 10.1088/1742–6596/1260/10/102007 (Scopus, IF = 0.7), pp. – 1–10.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем// – М.: Мир, 1984. – 264 с.