

Анализ технологии управления операциями обслуживания в АСУ КА

Москвин Б.В.

кандидат технических наук доцент

Григорьев К.Л.

кандидат технических наук, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, г. Санкт-Петербург

Аннотация

Рассматривается комплексная модель, включающая автоматную модель с конечным множеством состояний и модель типа сеть Петри, предназначенную для анализа и оптимизации технологии управления операциями в АСУ КА.

Ключевые слова: оперативность; технология управления; операция; автоматизированная система управления; обслуживание.

Введение

Возрастание сложности и масштабности задач, решаемых военно-техническими системами, повышение требований к качеству их функционирования, рост технологической сложности процессов, вызванные потребностями военной практики, тесно связаны с решением одной из центральных системно-кибернетических проблем исследования сложных систем любой материальной природы – проблемой управления.

Повышение оперативности и качества управления военно-техническими системами достигается, как правило, на основе совершенствования технологии управления операциями, связанными с обеспечением целевого назначения систем. В последние годы в этих целях интенсивно развиваются математические методы моделирования, позволяющие выявлять потенциальные, предельно достижимые характеристики систем и на этой основе совершенствовать процессы управления.

Процесс управления космическими аппаратами в АСУ КА можно структурировать с использованием понятия комплекса операций, который обладает определенной структурой, допускающей различные варианты проведения операций, и ресурсами, необходимыми для проведения операций (ресурсы могут использоваться различными способами). Тогда формализованное представление технологии управления достигается на основе разработки формальных математических моделей, описывающих особенности проведения комплекса операций управления. В качестве математического аппарата, используемого для управления процессом выполнения операций, в последние годы широко применяются автоматные модели с конечным множеством состояний и сети Петри.

Множество технологических операций управления обозначим через $D = \{d_q, q = 1, \dots, Q_o\}$. Каждой операции d_q в момент времени $t \in T$ однозначно сопоставляется вектор $x_q(t) = (x_{1q}(t), x_{2q}(t))^T$, характеризующий состояние операции.

Здесь $x_{1q}(t)$ – компонента вектора, описывающая степень выполнения операции d_q в момент времени t ; x_{2q} – описывает значение состояния, при котором операция d_q полагается выполненной.

Управление операцией осуществляется с использованием входного воздействия $u_q(t)$, принимающего значения из $\{0, 1\}$; если $u_q(t) = 1$ то изменение состояние операции разрешается. Управление $u_q(t)$ может принимать значение 1, только в том случае, если предшествующие для d_q операции (в соответствии с технологией управления) выполнены, и $u_q(t) = 0$ в противном случае. Выходной сигнал $y_q(t)$ свидетельствует о том, выполнена операция d_q , или нет; $y_q(t) \in \{0, 1\}$, причем $y_q(t) = 1$, если d_q выполнена, и $y_q(t) = 0$, если d_q не выполнена.

Наряду с множеством технологических операций D рассматривается множество ресурсов R , привлекаемых к выполнению операций; $R = \{r_m, m=1, \dots, M\}$. Будем полагать, что для выполнения операции d_q используется один вид ресурса r_m . При этом под «видом ресурса» r_m может пониматься какой-либо комплексный ресурс, состоящий из нескольких. Потребность операций в ресурсах описывается функцией $a: D \times R \rightarrow R^1_+$, где R^1_+ – подмножество неотрицательных действительных чисел; $a(d_q, r_m)$ характеризует длительность использования ресурса r_m при выполнении операции d_q . Как правило, множества D и R конечны, в этом случае функцию (a) можно характеризовать матрицей $A = \{a_{qm}\}$ размерности $N \times M$, где $a_{qm} = a(d_q, r_m)$.

В качестве модели, позволяющей описывать выполнение отдельной операции, будем рассматривать конечный автомат с дискретным временем. Тогда число тактов n_q выполнения операции d_q можно определить как $n_q = \text{Max Cell}(a_{qm}/K)$, где K – шаг дискретизации времени на интервале моделирования $T = [t_0, t_f]$; Cell – функция округления до ближайшего целого. В этом случае компоненты состояния операции на k -ом шаге $x_q(k) = (x_{1q}(k), x_{2q}(k))^T$ можно интерпретировать соответственно: $x_{1q}(k)$ – число тактов, прошедших с начала выполнения операции; $x_{2q} = n_q$ – число временных тактов, необходимых для выполнения операции. В момент окончания выполнения операции ($x_{1q}(k) = x_{2q}$) выходная функция y_q принимает значение 1 и остается равной 1 до конца моделирования, что позволяет идентифицировать множество выполненных операций.

Таким образом, модель выполнения отдельной операции может быть представлена в виде конечно-го автомата второго рода, задаваемого пятеркой (U, Y, X, p, h) ,

где U – множество входных воздействий;

Y – множество выходных значений;

X – множество состояний;

p – переходная функция;

h – функция выходов.

Изменение состояния $x_q(k) = (x_{1q}(k), x_{2q}(k))^T$ описывается функцией p ;

$$x_{1q}(k) = p(x_{1q}(k-1), u_q(k)),$$

причем

$$x_{1q}(k) = \begin{cases} 0, & \text{если } u_q(k) = 0, \\ x_{1q}(k-1) + 1, & \text{если } u_q(k) = 1 \text{ и } x_{1q}(k-1) < n_q, \\ n_q, & \text{если } x_{1q}(k-1) = n_q. \end{cases}$$

$$x_{2q} = n_q.$$

Здесь n_q – число временных тактов, необходимых для выполнения q -ой операции.

Изменение выхода $y_q(k)$ описывается функцией h ; $y_q(k) = h(x_q(k))$, где $h(x_q(k))$ – выходная функция:

$$y_q(k) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_{1q}(k) < n_q, \\ 1, & \text{если } x_{1q}(k) = n_q. \end{cases}$$

Технология управления операциями представляет собой взаимосвязанный комплекс. Выше была рассмотрена модель выполнения отдельной операции. Взаимосвязь различных операций в комплексе предлагается описывать на основе управляемых временных сетей Петри, формально задаваемых пятеркой $P = (D, S, I, E, m_0)$.

Здесь D – множество операций (в сети Петри интерпретируется, как множество позиций);

S – множество переходов (позволяет описывать взаимосвязь операций и синхронизировать выполнение операций по параллельным ветвям графа, описывающего технологию выполнения операций);

I – функция входов, $I: D \times S \rightarrow \{0, 1\}$;

E – функция выходов, $E: S \times D \rightarrow \{0, 1\}$;

m_0 – начальная маркировка (начальное состояние операций).

Изменение состояния (наличие маркера в соответствующей позиции) описывается рассмотренной автоматной моделью, в соответствии с которой маркер на выходе ($y_q(k)=1$) появляется с запаздыванием на определенное число тактов, что связано с выполнением операции. Управление на сети P заключается в выборе перехода для запуска из множества $S^+(i)$ – выходных (альтернативных) переходов позиции $i \in S$. Основой такого выбора является анализ множества достижимых из m_0 маркировок и тех маршру-

тов, которые ведут к финальным (позволяющим выполнить необходимый состав операций) маркировкам $\{m_f\}$.

Любой маршрут из начального состояния операций, описываемого маркировкой m_o , в конечное состояние комплекса операций, которому соответствует множество маркировок $\{m_f\}$, описывается последовательностью срабатывания переходов $w_i = (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{iL})$. Выбор определенной последовательности w_i представляет собой управление на сети Петри, причем каждой последовательности w_i из конечного множества W допустимых последовательностей срабатывания переходов (последовательностей, которые обеспечивают переход из m_o в m_f) соответствуют свои качественные показатели $F(w)$ выполнения комплекса операций, такие, например, как время выполнения, количество привлекаемых средств и другие. Тогда задача оптимального управления выполнением комплекса операций эквивалентна задаче поиска оптимальной последовательности срабатывания переходов w^* на сети Петри и имеет вид

$$w^* = \arg \text{Opt } F(w),$$

$$w \in W$$

Здесь W – множество последовательностей срабатывания переходов, обеспечивающих выполнение комплекса операций; Opt – оператор выбора оптимального значения функции $F(w)$, характеризующей некоторое качество выполнения операций.

Заключение

Представленная постановка задачи управления комплексом операций отражает развитие параллельных процессов, которые могут иметь место в некоторых технологиях выполнения операций. Позволяет оперативно (в ходе моделирования) учитывать прогнозируемое состояние ресурсов, технических средств и с учетом этих состояний выбирать рациональные способы управления операциями и достижения финальных состояний комплекса.

Литература

1. Аврамчук Е.Ф., Вавилов А.А., Емельянов С.В. и др. Технология системного моделирования. М.: Машиностроение. 1988. 520 с.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир. 1984. 264 с.

Для цитирования:

Москвин Б.В., Григорьев Н.Л. Анализ технологии управления операциями обслуживания в АСУ НА // i-methods. 2015. Т. 7. № 3. С. 15–18.

Analysis of technology management maintenance operations in automatic control panel of spaceship

Moskvin B. V.

candidate of technical Sciences associate Professor

Grigoriev K. L.

candidate of technical Sciences, Military space Academy named after A. F. Mozhaisky, Saint-Petersburg

Abstract

Discusses an integrated model that includes automaton model with finite number of states and model type Petri nets, designed for analyzing and optimizing control technology operations to the automatic control panel of spaceship.

Keywords: responsiveness; control technology; operation; automated control system; service.

References

1. Avramchuk E. F., Vavilov A. A., Emelyanov S. V., Technology of system modeling. M.: Mashinostroenie. 1988. 520 S.
2. Peterson J. Theory of Petri nets and modeling of systems. M.: Mir. 1984. 264 p.

For citation:

Moskvin B.V. Grigoriev K.L. Analysis of technology management maintenance operations in automatic control panel of spaceship // i-methods. 2015. T. 7. № 3. Pp. 15–18.