

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 658.012.011.56

**Ю.М. Цыцаркин, Е.Ю. Сюз**

### АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ И ПРОГРАММНАЯ РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ

*Рассматриваются подходы, позволяющие аналитически описать структурированные системы и метасистемы класса  $MSF_B$ . Предложен метод, позволяющий осуществлять контроль над ходом проектной деятельности на различных фазах жизненного цикла с учетом изменения энтропии системы.*

**Ключевые слова:** *операционное поле системы на фазах жизненного цикла, критерии оценки состояния фазы жизненного цикла, базовые переменные системы, выборочные переменные системы, маска системы, идентификация системы, порождающая нечеткость, маска выборочных переменных, функция поведения, энтропия.*

**Введение.** В настоящее время создание и управление созданием больших автоматизированных систем проходит в рамках проектов, где существенную роль играет инфраструктура проекта, ее создание и степень влияния на продукт проекта.

Сложность современных проектов увеличивается при сохраняющихся и повышенных требованиях к качеству и своевременности их проектирования.

В связи с этим большое значение приобрели системы управления проектом и методы их создания. В качестве инструмента исследования выберем системный подход, в основе которого лежит рассмотрение объекта как целостного множества элементов в совокупности отношений и связей между ними, т. е. рассмотрение объекта как системы. Из двух выделенных подходов в системологии воспользуемся подходом, уделяющим внимание структурным характеристикам системы, т. е. структуралистским или кибернетическим.

Центральным понятием этого подхода являются понятия порождающей и структурированной систем, на основе которых и строится простой и гибкий формализм [1]. С одной стороны, это метод, позволяющий описывать широкий спектр систем и системных задач, с другой – этот метод позволяет решать задачи, образующие некую иерархию. Среди этих задач алго-

ритм синтеза архитектуры интегрированной системы, в частности структурированной и метасистемы. Целью данной работы является разработка модели поведения системы в зависимости от фаз жизненного цикла проекта, а также программная реализация вышеуказанных задач.

**Постановка задачи.** Определим систему как список переменных в заданной предметной области с отображением некоторых свойств объекта, или как объект и базу, относительно которых наблюдаются изменения свойств объекта.

Формально система объекта

$$O = \{(a_i, A_i) i \in N_n\}, \{(b_j, B_j) j \in N_m\},$$

где  $N_n = \{1, 2, \dots, n\}$ , а  $N_m = \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $a_i$  и  $A_i$  – соответственно свойство и множество его проявлений,  $b_j$  и  $B_j$  – база и множество его элементов,  $O$  – система объекта.

Назовем переменной операционное представление свойства, т. е. образ свойства, определяемый конкретной процедурой наблюдения или измерения. Каждая переменная имеет имя, отличающее ее от других, и связывается с некоторым множеством величин, через которые она себя проявляет. Эти величины называются состояниями переменной, а все множество – множеством состояний.

Аналогично параметром называется операционное представление базы. Каждый параметр

имеет уникальное имя, с ним связывается некоторое множество, которое называется параметрическим множеством, а его элементы – значениями параметра.

В дополнение к конкретным переменным и параметрам рассмотрим обобщенные параметры и переменные.

Тогда к системе объекта введем  $\dot{I}$  конкретную и  $I$  общую представляющую систему, а их компонентами являются уже не свойства и базы, а переменные и параметры:

$$\dot{I} = \{(v_i, \dot{V}_i) | i \in N_n\}, \{(\dot{w}_j, \dot{W}_j) | j \in N_m\},$$

$$I = \{(v_i, V_i) | i \in N_i\}, \{(w_j, W_j) | j \in N_m\},$$

где обозначения те же, что и в предыдущей формуле.

Определим множество свойств и множество их проявлений в исследуемой предметной области «Процесс разработки». При выборе свойств руководствуемся соображениями, что свойства должны характеризовать концепцию разработки, служить инструментом для наблюдения и мониторинга проекта, а также прогнозировать ход выполнения проекта [2].

**Решение задачи.** Выбор критериев должен охватывать основные факторы, характеризующие процессы управления и создания программного продукта при выполнении крупномасштабного проекта. Определим исходную систему, состоящую из следующих частей: разрабатываемый продукт с заданной конфигурацией, назначенной на разработку, инфраструктура, состоящая из программно-аппаратных инструментальных средств и персонала, участвующего в разработке; ресурсы, расходуемые на разработку, обеспечение качества продукта и смягчение рисков, данные связанные с управлением, знания участников проекта и аккумуляция их в знание корпоративных информационных систем. Обозначим базовые переменные  $V_1 \div V_{12}$ . Таким образом, вводятся общие переменные, трансформируемые из конкретных. Обозначим через  $V$  – множество переменных из  $I$ , а через  $R$  – набор правил сдвига для этих переменных относительно базового (временного) параметра. Тогда множество переменных

$$S = \{s_1, s_2, \dots\},$$

называемых выборочными переменными, которые вводятся с помощью уравнения

$$S_{k,w} = U_{i,r_j(w)},$$

причем декартово произведение

$$C = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_{|M|}$$

представляет собой полное множество состояний выборочных переменных [3].

Обозначим полностью упорядоченные параметрические множества  $T$ , а их элементы  $t$  ( $t \in T$ ). Для полностью упорядоченных параметрических множеств маска может изображаться вырезкой из матрицы, представляющей декартово произведение  $V \times R$ .

Выборочные переменные представим в виде параметрических множеств.

Руководствуясь вышеизложенным, задачу описания структурной системы и метасистемы можно представить, в частности, в форме матричного описания (рисунок 1).

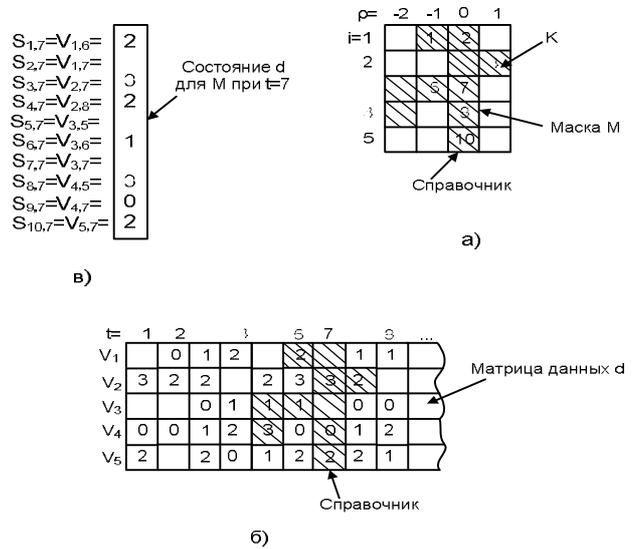
Дана система с полностью упорядоченным параметрическим множеством

$$T = N_n.$$

Процесс идентификации системы будет следующий.

Шаг 1. Пусть дано целое число  $m$ , рациональное число  $\Delta$  и известно, что  $t=1, k=1$ .

Шаг 2. Необходимо определить функцию поведения для подмножества данных, соответствующих отрезку  $[t, t+m]$  параметрического множества, и вычислить ее порождающую нечеткость  $U_1$ .



**Рисунок 1 – Маска для полностью упорядоченного параметрического множества:**

- а – маска в виде вырезки,
- б – маска, помещенная на матрицу данных,
- в – полное состояние выборочных переменных

Шаг 3. Затем необходимо увеличить  $k$  на 1; если  $t + km \notin T$ , то перейти на шаг 6.

Шаг 4. Определить функцию поведения для подмножества данных, соответствующих отрезку  $[t, t+km]$  параметрического множества, и вычислить ее порождающую нечеткость  $U_k$

Шаг 5. Если  $|U_k - U_{k-1}| / \max(U_k, U_{k-1}) < \Delta$ ,

то перейти на шаг 3; иначе записать  $t+(k-1)m$  в качестве аппроксимированной точки замены элементов метасистемы  $t=(k-1)m$ ,  $k$  присвоить значение 1 и перейти на шаг 2.

Шаг 6. Стоп.

Рассмотрим систему данных, описывающую процесс разработки программного продукта при выполнении проекта. Исходная система состоит из переменных:  $V_1, V_3, V_4, V_5, V_6, V_{10}, V_{11}, V_{12}$ . Матрица данных для этих переменных приведена в таблице 1.

**Таблица 1 – Таблица исходных данных**

$T_j \backslash v_i$	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15
V1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
V3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	2	2	2	2	2
V4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
V5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
V6	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
V10	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
V11	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
V12	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1

Матрица, в которой данные упорядочены по времени, описывает процесс разработки программного обеспечения. Весь период процесса разбит на 40 равных временных интервалов.

Применим к приведенной матрице данных процедуру модификации метасистемы для вероятностной функции поведения и маски, описанной в таблице 2.

**Таблица 2 – Маска исходной системы**

$v_i \backslash$	0	1
V1	S1	
V3	S2	S3
V4	S4	
V5	S5	
V6	S6	S7
V10	S8	S9
V11	S10	S11
V12	S12	

В качестве меры нечеткости будем использовать энтропию Шеннона, определяемую по формуле

$$H(f(x) | x \in X) = - \sum_{x \in X} f(x) \log_2 f(x)$$

– это распределение вероятностей для определенного конечного множества  $X$  альтернативных выходов  $x$ .

Выполним процедуру для  $m=1, \Delta=0,2$ .

В результате получим метасистему, состоящую из четырех элементов, определенных соответственно на отрезках времени: 1...9, 10...20, 21...31, 32...40. На самом деле вышеприведенные отрезки времени являются естественными этапами жизненного цикла, т. е. соответственно

концептуальное проектирование, архитектурное проектирование, реализация и выпуск (оценивание). Для каждого этапа определим функцию поведения. Если пользователь рассматривает характеристики данных как относительные частоты, т. е. отношение  $N(c)$  к общему числу имеющихся выборок из данных по используемой маске

$$f_B(c) = \frac{N(c)}{\sum_{\alpha \in C} N(\alpha)}$$

Всякая маска представляет собой окно, через которое отбираются рассматриваемые данные из матрицы данных. При движении этого окна вдоль всей матрицы данных частоты состояний соответствующих выборочных переменных определяются подсчетом того, как часто наблюдается каждое состояние  $N(c)$  и  $N(\alpha)$  общее число состояний.

Тогда маска выборочных переменных и функция поведения, соответствующая этапу концептуального проектирования (таблица 3).

**Таблица 3**

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	$f_c$
0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0,111
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,556
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0,111
1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0,111
0	1	2	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0,111

Маска выборочных переменных и функция поведения, соответствующая архитектурному проектированию, показаны в таблице 4.

**Таблица 4**

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	$f_c$
1	2	2	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0,545
1	2	1	1	0	0	1	1	2	0	1	1	0,091
0	1	0	0	1	1	2	2	1	1	2	1	0,091
1	0	1	1	1	2	1	1	0	2	1	1	0,091
1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0,091
1	1	2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0,091

Функции поведения и операционное поле выборочных переменных, соответствующие этапу реализации, показаны в таблице 5.

**Таблица 5**

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	$f_c$
1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,455
1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0,091
1	1	0	1	1	2	1	1	0	0	1	1	0,091
0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	2	0	0,091
1	1	1	0	0	0	1	1	2	2	1	1	0,091
1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	0	1	0,091
1	1	2	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0,091

Функции поведения и операционное поле выборочных переменных на этапе выпуска и оценивания программного продукта показаны в таблице 6.

Таблица 6

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	$f_c$
1	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0,75
1	2	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0,125
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0,125

Энтропия для элементов, входящих в метасистему, равна 0,5322; 1,0758; 1,1733; 0,6766. Эта система относится к классу MSF<sub>B</sub>.

**Заключение.** По сравнению с обобщенной системой с поведением, данная метасистема позволяет более точно оценить процессы в рамках этапов жизненного цикла. Программная реализация данного алгоритма оформлена в виде файла MetaSystem.exe.

Эта программа предназначена для задачи межсистемного описания по выборочным переменным. Для каждой системы с поведением, входящей в исходную систему, определяется точка перехода, вычисляется функция поведения

и энтропия, строятся графики, позволяющие оценить поведение подсистем по мере реализации этапов жизненного цикла. Возможен выбор критериев, по которым будет исследоваться система, и ручная корректировка полученной модели метасистемы.

#### **Библиографический список**

1. Клар Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. Пер. с англ. – М. Радио и связь, 1990. – 544 с.
2. Скоз Е.Ю. Формализация проектных процедур архитектурного проектирования информационных систем. Информационные технологии: межвузовский сборник научных трудов. – Рязань, 2011. – С. 136-144.
3. Скоз Е.Ю., Цыцаркин Ю.М. Представление разбиений производящими функциями. Информационные технологии: межвузовский сборник научных трудов. – Рязань, 2011. – С. 145-150.