

2. *Павлов И. В.* Статистические методы оценки надежности сложных систем по результатам испытаний / И. В. Павлов. – М. : Радио и связь, 1982. – 168 с.

3. *Труханов В. М.* Методы обеспечения надежности изделий машиностроения / В. М. Труханов. – М. : Машиностроение, 1995. – 336 с.

4. *Перминов А. Н.* Модель прогнозирования темпов изменения показателей технического состояния космических систем вооружений / А. Н. Перминов // Двойные технологии. – М. : СИП РИА, 2004. – № 1. – С. 40–46.

УДК 658.562:004.9

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ В ПРОЦЕССАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

О.С. Панфилова

Рассмотрена модель анализа эффективности использования ресурсов в организации, основанная на представлении системы в виде ориентированного графа. С целью дальнейшего развития модели, создания режимов автоматизированной обработки и анализа данных в системе основное внимание уделено представлению графов в виде совокупности матриц. Обсуждаются особенности построения матриц применительно к исследуемой предметной области, приведены примеры анализа результатов.

Ключевые слова: система менеджмента качества (СМК), ресурсы, ориентированный граф, матрица, эффективность.

Key words: Quality Management System, resources, directed graph, matrix, efficiency.

Повышение эффективности использования ресурсов в производственной деятельности предприятий и организаций является одной из актуальных задач. Ее решение пока далеко от всестороннего и полного воплощения на практике и требует дальнейших исследований. Целью настоящей статьи является описание аналитических подходов, моделей, которые, по нашему мнению, могут привести к более эффективному использованию ресурсов в деятельности организации на основе системного и процессного подходов.

По мнению автора, перспективным для анализа потоков ресурсов является также моделирование процессов организации с помощью направленных (ориентированных) и ненаправленных графов [2, с. 234; 3, с. 78].

Представим участвующие в производственной деятельности элементы (объекты) вершинами графа, а каналы, по которым от одного объекта к другому циркулируют потоки информации, документации, комплектующих, материалов, продукции и т.д. (используем для данного множества обобщенное понятие – поток ресурсов), ребрами, соединяющими входы и выходы объектов. Такой граф будет представлять систему взаимосвязанных объектов, осуществляющих производственную деятельность.

Поставим в соответствие каждой вершине набор признаков:

- наименования выходных ресурсов;
- плановые значения объемов исходящих ресурсов за период времени t ;
- фактическое значение объема исходящих ресурсов за время t ;
- наименования входных ресурсов;
- плановые значения объема поступающих ресурсов за период времени t ;
- фактические значения объемов поступающих ресурсов за время t ;

УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

- плановые функции преобразования ресурсов;
- фактические функции преобразования ресурсов.

Каждому ребру, соединяющему две вершины, поставим в соответствие набор признаков и определяющих значений:

- плановая пропускная способность ресурса;
- фактическая пропускная способность ресурса;
- потери ресурса.

Объектами представления в виде графа могут послужить структура взаимосвязи процессов СМК, структурных подразделений организации; структура взаимосвязи требований потребителей и процессов, их реализующих; поставщиков и ресурсов, которые они поставляют, потребителей и ресурсов и т.д.

Рассматривая различные способы формализованного представления модели, можно отметить, что графический вид является наиболее наглядной формой представления графа, однако он не может быть использован для задач структурного анализа эффективности использования ресурсов [4, с. 132]. Существенными достоинствами обладает другая форма, в которой граф полностью определяется с помощью совокупности матриц. Совокупность матриц содержит богатый аналитический материал для принятия эффективных решений в менеджменте ресурсов.

В теории графов различают матрицу смежности вершин, матрицу инцидентности, матрицу смежности ребер. Рассмотрим вид матриц применительно к исследуемой проблеме.

Матрица смежности для n вершин, являющихся процессами СМК организации, приведена на рис. 1. Заголовками строк и столбцов в данном случае являются наименования процессов.

ПРОЦЕСС \ ПРОЦЕСС	Процесс 1	Процесс 2	Процесс	Процесс i	Процесс	Процесс n
Процесс 1	0	1				
Процесс 2		0	1			1
Процесс						
Процесс i	....	....	1	0		
Процесс	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Процесс n	.....	.....	.....		1	

Рис. 1. Матрица смежности процессов СМК организации

Эта матрица, в которой на пересечении строки и столбца $a_{ij} = 1$ означает наличие взаимосвязи процессов, а $a_{ij} = 0$ – ее отсутствие, описывает граф с однократными ребрами (потоками). Если процессы имеют несколько потоков ресурсов, в соответствующей ячейке следует записать число потоков. В наглядной компактной форме такая матрица определяет все взаимосвязи процессов. Аналогичной матрицей может быть представлена и организационная структура организации.

Построим матрицу инцидентности. Заголовками строк этой матрицы являются вершины графа, а заголовками столбцов множество ребер. Для систематизации связей ресурсов и процессов в СМК по заголовкам строк этой матрицы отложим наименования n процессов по заголовкам столбцов наименования m ресурсов (рис. 2).

ПРОЦЕСС \ РЕСУРС	Ресурс 1	Ресурс 2	Ресурс	Ресурс j	Ресурс	Ресурс m
Процесс 1		-1				
Процесс 2			1	.....		1
Процесс						
Процесс i			1		0	
Процесс						
Процесс n					-1	

Рис. 2. Матрица инцидентности процессов и ресурсов в СМК организации

Поскольку потоки ресурсов имеют направление, возможными значениями b_{ij} на пересечении строки и столбца матрицы могут быть:

- -1, если ресурс поставляется процессом;
- 0, если ресурс не связан с данным процессом (ребро не инцидентно вершине);
- 1, если ресурс принимается процессом;

Например, значение $b_{ij} = -1$ на пересечении строки Процесс 1 и столбца Ресурс 2 означает, что Процесс 1 является поставщиком Ресурса 2 для одного или нескольких процессов.

Построим матрицу смежности ребер. В ней строки и столбцы соответствуют ребрам. Матрицу смежности ребер можно рассматривать как матрицу смежности вершин некоторого другого графа, вершины которого соответствуют ребрам графа, а ребра вершинам. Поскольку ребрами в исходном графе являются потоки ресурсов, данная матрица будет иметь вид рис. 3.

В данной матрице значение $c_{ij} = 1$ на пересечении строки и столбца означает, что ресурсы связаны с одним общим процессом, незаполненное пересечение (или $c_{ij} = 0$) означает отсутствие связи.

РЕСУРС \ РЕСУРС	Ресурс 1	Ресурс 2	Ресурс	Ресурс j	Ресурс	Ресурс m
Ресурс 1	0		1			
Ресурс 2		0	1	.....		1
Ресурс						
Ресурс j	....	.....	1	0		
Ресурс	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ресурс m	....	.....	.....	1		

Рис. 3. Матрица смежности ресурсов в СМК организации

Видоизменим приведенные выше матрицы, сделаем их более информативными, учитывая, что каждый процесс в системе качества предприятия одновременно выступает в роли приемника и источника ресурсов (потребителя и поставщика, согласно словарю ИСО 9000), т.е. имеет входы и выходы, на которые поступают или с которых отправляются потоки ресурсов. На рис. 4 процессы по строкам рассматриваются как потребители, а в названиях столбцов матрицы те же процессы представлены как поставщики.

Процесс Потребитель \ Процесс Поставщик	Процесс 1	Процесс 2	Процесс	Процесс i	Процесс	Процесс n
Процесс 1	0	2			1	
Процесс 2		0	1			1
Процесс						
Процесс i	.....	.....	3	0		
Процесс	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Процесс n	.....	.....	.....		1	

Рис. 4. Матрица смежности процессов (потребитель-поставщик) СМК организации

Если число на пересечении строки и столбца в матрице смежности (рис. 1) определяло число потоков между процессами, а массив данных был избыточным, то для матрицы смежности процессов (потребитель-поставщик) число на пересечении строки i и столбца j однозначно определяет число потоков ресурсов, направленных от процесса j к процессу i .

Матрица инцидентности процессов и ресурсов разбивается на две матрицы: плановую и фактическую, в измененной матрице смежности ресурсов (рис. 5) устраняется избыточность, а значение $c_{ij} = 1$ на пересечении строки i и столбца j означает, что в процессе, на стыке потоков ресурсов ресурс j преобразуется в ресурс i .

Выходной ресурс \ Входной ресурс	Ресурс 1	Ресурс 2	Ресурс	Ресурс j	Ресурс	Ресурс m
Ресурс 1	0		1		1	
Ресурс 2		0	1	.....	1	1
Ресурс						
Ресурс i	.....	.....		1		
Ресурс	.....	.....	.....	.....	.....	...
Ресурс m	.....	.....	.....	1		

Рис. 5. Матрица смежности ресурсов (выход – вход)

Значительный интерес для последующего анализа представляет применение матрицы смежности ресурсов для оценки характера преобразований в процессах СМК. С этой целью значения в ячейках на пересечении строк и столбцов матрицы представим в виде показателей эффективности работы в соответствующем процессе. Определим исходную характеристику как функцию преобразования ресурсов. Можно вычислить плановые $f_{i\text{пл}}$ и фактические $f_{i\text{фкт}}$ функции преобразования ресурсов. Плановая (номинальная) функция преобразования определяется как частное от деления планового значения выходного ресурса процесса на плановое значение входного ресурса. Фактическая функция преобразования определяется аналогично, исходя из отчетных данных за прошедший интервал времени. Размерность функции определяется отношением размерностей, участвующих в преобразовании величин. При наличии исходных данных результаты вычислений можно представить в виде исходных матриц плановых и фактических функций преобразования процессов. Однако для

наглядного анализа работы процессов создадим производную матрицу (рис. 6), в соответствующие ячейки которой занесем отношение фактической и плановой функции преобразования из исходных матриц. Назовем результат вычисления отношения коэффициентом эффективности преобразования ресурсов $K_{эфф}$ в процессе СМК:

$$K_{эфф} = f_{iфакт} / f_{iпл} \quad (1)$$

Значение коэффициента $K_{эфф} = 1$ определяет плановый характер преобразований в процессе, значение $K_{эфф} < 1$ определяет перерасход входного ресурса и, следовательно, требует принятия незамедлительных корректирующих действий. Значение $K_{эфф} > 1$ является положительным фактом, и после проверки соблюдения технологии производства следует повсеместно в организации распространять опыт рационального расходования ресурсов в процессе. Следует учесть тот факт, что для получения определенного выходного ресурса, возможно, используются не все входные ресурсы процесса и, следовательно, некоторые коэффициенты эффективности в матрице будут избыточными, однако они не искажают реальную структуру преобразований в процессе и не препятствуют содержательному анализу состояния эффективности использования ресурсов в организации.

Входной ресурс \ Выходной ресурс	Ресурс 1	Ресурс 2	Ресурс	Ресурс j	Ресурс	Ресурс m
Ресурс 1			0,81		1,20	
Ресурс 2			1	.....	1	1,33
Ресурс						
Ресурс i				1		
Ресурс						
Ресурс m				0,72		

Рис. 6. Матрица эффективности преобразования ресурсов

Отметим, что в практической деятельности для обоснования принятия решений [1, с. 53] широкое распространение получили методы квалиметрии, раздела метрологии, изучающего оценки качества с помощью количественных показателей. Применение относительных безразмерных показателей качества позволяет перевести измерение и использование для анализа данных различной размерности в строгие количественные оценки на шкале качества, отражающей степень выполнения требований по качеству. В зависимости от структуры объекта и совокупности оцениваемых свойств различают единичные, комплексные, интегральные показатели качества. Наиболее распространенной шкалой для оценки качества является диапазон [0 – 1], на которой 1 означает полное выполнение требований, 0 – полное невыполнение, а промежуточное значение – частичное выполнение требований по качеству. Анализ соотношения плановых и фактических значений признаков элементов СМК позволяет получить численные значения показателей качества, необходимые для принятия управляющих решений в менеджменте качества.

Рассмотрим пример, связанный с работой СМК электротехнического предприятия. На рис. 7 представлен фрагмент объединенной матрицы плановых и фактических значений поставок ресурсов для изготовления продукции предприятия – установки финишной очист-

УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ки деионизованной воды УФ-400А. Плановые значения – знаменатель, фактические – числитель. Исходя из критерия оценки выполнения требований «совпадение факта с планом», получим матрицу единичных показателей качества (рис. 8).

РЕСУРС Процесс Потребитель	Сталь 3 лист, кг	Сталь нержавеющая лист, кг	Сталь 3 круглая, кг	Сталь нержавеющая, кругл., кг	Труба стальная, кг	Алюм. сплав АК-12, кг	Трудозатраты, чел./часы	Установка УФ-400А, шт.	Документация на УФ-400А	Техническое задание
Планирование									1/1	
Проектирование										1/1
Управление производством	$\frac{55,2}{55,2}$	$\frac{10,0}{10,0}$	$\frac{39,1}{39,1}$	$\frac{27,5}{27,5}$	$\frac{6,3}{6,3}$	$\frac{48,0}{48,0}$	$\frac{150}{120}$		1/1	
Сбыт								1/1	1/1	

Рис. 7. Фрагмент матрицы поставок ресурсов

РЕСУРС Процесс Потребитель	Сталь 3 лист, кг	Сталь нержавеющая лист, кг	Сталь 3 круглая, кг	Сталь нержавеющая кругл., кг	Труба стальная, кг	Алюминиевый сплав АК-12, кг	Трудозатраты, чел./часы	Установка УФ-400А, шт.	Документация на УФ- 400А	Техническое задание
Планирование									1	
Проектирование										1
Управление производством	1	1	1	1	1	1	0,86		1	
Сбыт								1	1	

Рис. 8. Матрица единичных показателей качества поставок ресурсов

Анализ причин невыполнения поставок ресурсов для показателей качества меньше единицы создаст информативную базу для принятия корректирующих действий по повышению эффективности использования ресурсов. Так, низкое значение показателя качества выполнения требований по трудозатратам на изготовление установки приводит к необходимости поиска причин и формированию корректирующих действий для снижения трудоемкости производственных операций.

Как уже отмечалось, для решения поставленной задачи информативным оказывается построение матрицы эффективности преобразования ресурсов. На рис. 9 приведен фрагмент такой матрицы для установки УФ-400А.

Значения коэффициентов эффективности преобразования (рис. 9) для большинства входных ресурсов меньше единицы, и, следовательно, необходимы срочные корректирующие действия по конструкторским и технологическим решениям для снижения расхода материалов на изготовление изделия. Результативность предпринятых управляющих действий определяется путем сравнения матриц до и после выполнения сформированных корректирующих действий.

Входной ресурс \ Выходной ресурс	Сталь 3 лист, кг	Сталь нержавеющая лист, кг	Сталь 3 круглая, кг	Сталь нержавеющая кругл., кг	Труба стальная, кг	Алюминиевый сплав АК-12, кг	Трудозатраты, чел./часы	Установка УФ-400А, шт.	Документация на УФ-400А, экз.	Техническое задание
Установка УФ – 400А (шт.)	0,80	0,87	0,91	0,85	0,95	0,84	0,86		1	1

Рис. 9. Матрица эффективности преобразования ресурсов

Представление процессов, действующих в системе качества организации, в виде направленного графа позволяет в компактной форме матриц отобразить все, без исключения, потоки ресурсов, используемых в производстве. Анализ содержания матриц выявляет критические точки, для которых нужны корректирующие действия. Предложенная модель является алгоритмической основой для последующего построения информационных средств автоматизированной оценки эффективности использования ресурсов на предприятии.

Библиографический список

1. *Азгальдов Г. Г.* Квалиметрия: прошлое, настоящее будущее / Г. Г. Азгальдов // Стандарты и качество. – 1994. – № 1. – С. 53–59 ; № 2. – С. 45–49.
2. *Белов В. В.* Теория графов / В. В. Белов, Е. М. Воробьев, В. Е. Шаталов. – М. : Высшая школа, 1976. – 392 с.
3. *Верников Б. М.* Элементы теории графов / Б. М. Верников. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. ун-та, 2004. – 160 с.
4. *Денисов А. А.* Теория больших систем управления / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 288 с.