УДК 65

М.В. Качаев

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ ЕГО БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Рассмотрена задача синтеза оптимальной организационной структуры производственно-коммерческого предприятия. Предлагается алгоритм, позволяющий синтезировать оптимальную структуру предприятия на основе учета особенностей его бизнес-процессов.

Ключевые слова: организационная структура, бизнес-процесс, оптимизация, алгоритм, блочно-диагональная матрица.

В настоящее время в условиях жесткой рыночной конкуренции преимущества получают компании, которые могут быстрее приспособиться к постоянно изменяющейся обстановке, оперативно перестроить свою работу, провести структурные преобразования для более эффективного ведения бизнеса. Важнейшим элементом такой приспособляемости является возможность правильно и быстро перестроить свою организационную структуру в ответ на изменение внешних и внутренних условий работы. В настоящей статье предлагается алгоритм оптимизации организационной структуры предприятия с учетом особенностей его бизнес-процессов.

При организации оптимального управления на предприятии возникает необходимость объединения некоторых производственных подразделений в группы, в которых бизнес процессы сильно связаны по некоторым общим признакам. В результате группирования повышается общая эффективность и рентабельность производственно-коммерческих компаний [1].

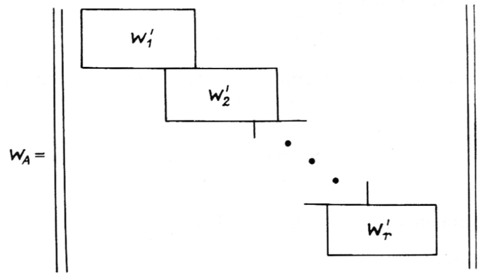
Представим исходную информацию отношения взаимосвязи между бизнес-процессами и подразделениями в виде матрицы взаимосвязи W размерности n x m, столбцам которой соответствует множество типов подразделений $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_j, \dots, Z_m\}$, а строкам - множество бизнес процессов $S = \{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_n\}$. Элемент матрицы w_{ij} показывает, сколько единиц i-го типа бизнес процессов необходимо для включения j-го типа подразделения, то есть $K_j = \sum_{i=1}^{n} w_{ij}$.

По матрице W строим двоичную матрицу A той же размерности по следующему правилу:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ если } wij = 0; \\ 1 \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Назовем матрицу, у которой больше половины элементов отличны от нуля, плотной, а матрицу, у которой половина и больше элементов нули, - разреженной [2].

В силу слабой корреляции подразделений по типам бизнес-процессов большинство элементов матрицы W равны нулю. Осуществив необходимые перестановки строк и столбцов, разреженную матрицу W можно преобразовать к следующему виду:



Матрицу W'_i $i=1, 2, \ldots, r$ назовем матрицей-группой, она является плотной матрицей, поскольку большинство ее элементов отличны от нуля.

Матрицу W_A, определяющую полную структуру плотных матриц-групп, которые формируются вдоль диагонали, назовем квазиблочно-диагональной матрицей. Она определяет основной результат группирования подразделений по признакам.

В результате преобразования матрицы W в матрицу W_A множество S разбивается на подмножества Q_i, $i=1, 2, \ldots, r$, а множество Z - на подмножества P_i, $i=1, 2, \ldots, r$, являющиеся строками и столбцами матриц-групп W_i соответственно, таким образом, что

$$S = \bigcup_{i=1}^{r} Q_i \text{ , где } \forall\, i, j\ Q_i \neq Ш \& Q_i \cap Q_j = Ш;$$

$$Z = \bigcup_{i=1}^{r} P_i \text{ , где } \forall\, i, j\ P_i \neq Ш \& P_i \neq P_j;$$

Пусть D_k $P_i \cap P_j$, где $k=1, 2, \ldots, t=r(r-1)/2$. Тогда произвольный элемент d D_k - некоторое число вспомогательных операций, общее число которых определяется как

$$SO(r)=\sum_{k=1}^{t} |D_k| .$$

Задача построения матрицы W_A из матрицы W состоит в нахождении допустимого преобразования с минимальным пересечением SO(r):

$$SO=\min\{SO(r)\}.$$

Следовательно, критерий оптимизации группирования подразделений описывается следующим образом:

$$SO=\min\sum_{k=1}^{t} |D_k| .$$

при ограничениях: 1) $\forall\, i |Q_i| \leq N$; 2) $r \geq \left]\frac{n}{N-1}\right[+ 1$, где] [целая часть числа.

Предлагаемый метод построения квазиблочно-диагональной матрицы W_A состоит в том, что, используя исходную матрицу W, априорно определяем матрицы перестановок B размерности nxn и C размерности mxm такие, что W_A=B x W x C.

Матрица B определяет порядок, в котором строки матрицы B следуют друг за другом при формировании матрицы W_A, а матрицы C – порядок столбцов. Таким образом, определение матриц B и C эквивалентно предварительному упорядочиванию строк и столбцов матрицы W.

Рассмотрим частотную матрицу $F = A \times A^T$ размерности $n \times n$. Диагональный элемент f_{ii} матрицы F показывает, какое количество подразделений включают в себя i-й тип бизнес-процессов. Чем больше значение f_{ii}, тем большую значимость имеет данный тип бизнес-процесса для подразделений. Частотная матрица F симметрична относительно главной диагонали. Элемент $f_{ij} = f_{ji}$ показывает число подразделений, в которые входят i-й и j-й бизнес-процессов одновременно. Чем больше значение f_{ij}, тем больше веса, вносимые i-м и j-м типами бизнес-процессов для корреляции подразделений.

Используя значения элементов $f_{ij} \neq 0$ матрицы F, определяем для каждого значения бизнес-процесса значение функционала

$$R = \sum_{j=1}^{n} \frac{\left(f_{ii} + f_{jj} - 2 f_{ij}\right)}{fij} / g_i ,$$

где g_i является величиной, показывающей число типов бизнес процессов, с которыми i-й тип бизнес-процесса входит в состав подразделений, то есть для которых $f_{ij} \neq 0$.

Алгоритм определения матриц B и C состоит из следующих преобразований:

1. Определяем число матриц-групп $r = \left]\frac{n}{N-1}\right[+ 1$.
2. Для каждого значения бизнес процесса находим значение функционала R_i. Полученные значения упорядочим по возрастанию.
3. Пусть $k = 1$. Все элементы в частотной матрице F являются непомеченными.
4. Выбираем из матрицы F максимальный диагональный элемент f_{ii} для непомеченного *i*. Если таких элементов оказалось несколько, берем тот, для которого R_i является минимальным; в случае равенство R_i – берем первое.
5. В подмножество Q_k включаем *i*-й элемент.
6. Выбираем по *i*-й строке в матрице F все *j*-е элементы, для которых $f_{ij}=f_{jj}$, и включаем их в подмножество Q_k.
7. Помечаем *i*-е и *j*-е столбцы и строки в матрице F.
8. $k = k + 1$. Если $k \leq r$, идем в 4.
9. Из оставшихся непомеченных элементов матрицы F берем *i*-й, для которого R_i является минимальным. В случае нескольких значений берем первый.
10. Определяем по *i*-й строке матрицы F максимальный f_{ij} для тех *j*, которые были помечены, и включаем *i*-й элемент в то подмножество Q_k, в которое входит *j*-й элемент
11. Помечаем *i*-ю строку и столбец в матрице F.
12. Если не все элементы в матрице F помечены, переходим в пункт 9.
13. Для каждого множества Q_k, k=1, 2, …, r, содержащие определенные типы бизнес процессов, формируем подмножество P_k, k=1, 2, …, r, членами которого являются подразделения, связанные с бизнес процессами, которые входят в Q_k.
14. Определяем D_i, $i=1, 2, \ldots, t$
15. Подмножества P_k упорядочиваем таким образом, что P_i и P_j, имеющие общие элементы пересечения ($D_{ij} \neq$ Ш), размещаются рядом. При этом необходимо осуществлять следующее преобразование:

$$P'_j = P_j \setminus \bigcup_l P_l ,$$

где P_l подмножества, которые уже упорядочены.

$$\mathbf{W} = \begin{array}{c} \begin{matrix} Z_1 & Z_2 & Z_3 & Z_4 & Z_5 & Z_6 & Z_7 & Z_8 & Z_9 & Z_{10} & Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} & Z_{15} \end{matrix} \\ \begin{Vmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 3 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 3 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 1 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 3 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 2 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 3 & 2 & 0 & 0 & 3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix} \end{array} \begin{matrix} \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \\ S_7 \\ S_8 \\ S_9 \\ S_{10} \end{matrix}$$

Матрица 1

$$\mathbf{A} = \begin{array}{c} \begin{matrix} Z_1 & Z_2 & Z_3 & Z_4 & Z_5 & Z_6 & Z_7 & Z_8 & Z_9 & Z_{10} & Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} & Z_{15} \end{matrix} \\ \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix} \end{array} \begin{matrix} \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \\ S_7 \\ S_8 \\ S_9 \\ S_{10} \end{matrix}$$

Матрица 2

$$\mathbf{F} = A \times A^{\mathrm{T}} \begin{array}{c} \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 & S_8 & S_9 & S_{10} \end{matrix} \\ \begin{Vmatrix} 5 & 0 & 4 & 1 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 5 & 0 & 0 & 3 & 0 & 4 & 1 & 2 & 0 \\ 4 & 0 & 4 & 1 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 5 & 0 & 1 & 0 & 4 & 3 & 1 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 4 & 0 & 4 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 0 & 3 & 1 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 4 & 0 & 5 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 4 & 5 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 3 & 1 & 0 & 1 & 5 & 4 & 0 \\ 4 & 0 & 3 & 1 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 4 \end{Vmatrix} \end{array} \begin{matrix} \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \\ S_7 \\ S_8 \\ S_9 \\ S_{10} \end{matrix}$$

Матрица 3

16. Используя порядок следования элементов упорядоченных подмножествах P_k, формируем единичную матрицу B размерности n x n таким образом, чтобы в первом столбце все элементы были равны нулю за исключением j-го, причем j равно первому элементу в порядке P_k. Во втором столбце j-м элементом является второй элемент в порядке P_k и т.д.

17. Подмножества Q_k расставляем в той же последовательности , что и P_k, формируем матрицу C размерности m x m, но уже по строкам.

Определив по алгоритму матрицы перестановок строк и столбцов, находим квазиблочно-диагональную матрицу W_A = B x W x C.

Рассмотрим процесс группирования подразделений для коммерческого предприятия, которое состоит из 15 подразделений, которые используют 10 основных бизнес процессов.

Матрица взаимосвязи подразделений (столбцы) и бизнес процессов (строки) имеет следующий вид (матрица 1).

Определяем минимальное число матриц-групп W'_i, получаем 3. Из матрицы взаимосвязи W строим двоичную матрицу (матрица 2).

Строим частотную матрицу отношений (матрица 3).

Находим значение функционала для каждого элемента и упорядочиваем их по возрастанию:

$R_3 = 1.92$;	$R_{10} = 1.92$;	$R_6 = 2.15$;
$R_1 = 2.16$;	$R_7 = 2.92$;	$R_8 = 3.0$;
$R_5 = 3.08$;	$R_2 = 4.12$;	$R_9 = 5.21$.
$R_4 = 6.17$;		

Выбираем из матрицы F максимальные диагональные элементы f_{ii}. Ими оказались 1, 2, 4, 7, 8, 9. В подмножество Q_1 включаем первый элемент, имеющий минимальный функционал R_1 = 2.16. В данное подмножество включаем также 3, 6, 10 элементы, помечая их в матрице F, так как для них $f_{1j}=f_{jj}$.

Формируем множество Q_2, для которого 7-й элемент является первым членом, а 5-й входит в данное подмножество вследствие того, что $f_{75}=f_{55}$. Помечаем 5-й и 7-й столбцы и строки в матрице F.

Подмножество Q_3 на следующем шаге будет содержать 8-й элемент. Помечаем 8-й столбец и строку в матрице F.

Так как количество Q_k соответствует r_{min} = 3, то прекращаем формировать новые подмножества, а оставшиеся нераспределенные элементы распределяем среди сформированных Q_k.

Очередным непомеченным элементом , имеющим минимальный функционал, является 2-й, который включаем в Q_2, потому что f_{27} является максимальным значением по 2-й строке, а 7-й элемент входит в Q_2. Аналогично 9-й и 4-й элементы включаем в Q_3.

В результате получили $Q_1 = \{S_1, S_3, S_6, S_{10}\}$, $Q_2 = \{S_7, S_5, S_2\}$, $Q_3 = \{S_9, S_8, S_4\}$. Формируем подмножества $P_1 = \{Z_1, Z_4, Z_7, Z_8, Z_{12}\}$, $P_2 = \{Z_3, Z_5, Z_{13}, Z_{14}, Z_{15}, Z_6\}$, $P_3 = \{Z_2, Z_6, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_5, Z_7\}$.

Определяем $D_1 = P_1 \cap P_2$ = Ш, $D_2 = P_1 \cap P_3 = \{Z_7\}$, $D_3 = P_2 \cap P_3 = \{Z_5, Z_6\}$.

Подразделение 7-го типа входит как в P_1, так и в P_3, а 5-го и 6-го типов - в P_2 и P_3. Следовательно, порядок столбцов в матрице W_A относительно матрицы W будет иметь следующий:

$$\underbrace{Z_1, Z_4, Z_8, Z_{12}, \rlap{$\overbrace{\phantom{Z_7, Z_2, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_6, Z_5}}^{P_3}$}Z_7,}_{P_1} Z_2, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, \underbrace{Z_6, Z_5, Z_3, Z_{13}, Z_{14}, Z_{15}}_{P_2}$$

Матрица 4

$$\mathbf{C} = \begin{Vmatrix} 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0 \\ 0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1 \end{Vmatrix}$$

Матрица 5

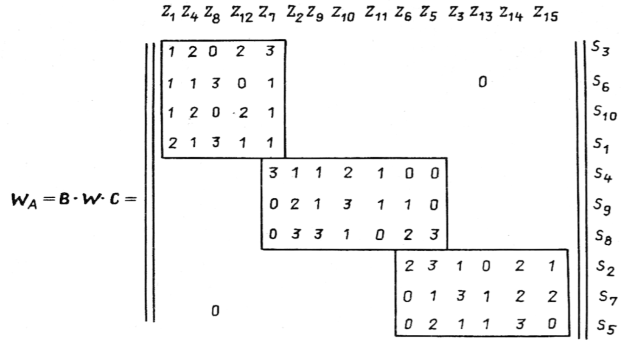
$$\mathbf{B} = \begin{Vmatrix} 0&0&1&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&1&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&1 \\ 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&1&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&1&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&1&0&0 \\ 0&1&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&1&0&0&0 \\ 0&0&0&0&1&0&0&0&0&0 \end{Vmatrix}$$

Порядок строк матрицы W_A относительно матрицы W будет следующий

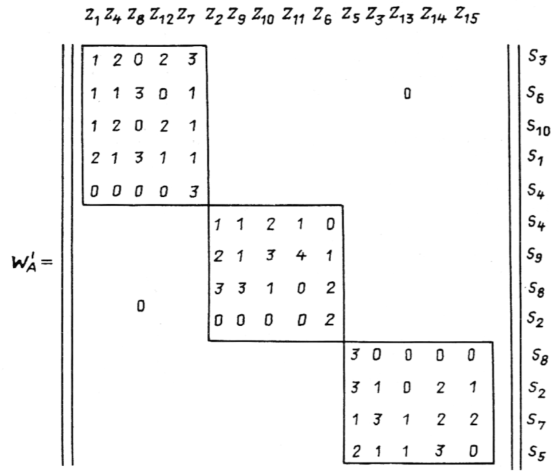
$$\underbrace{S_3, S_6, S_{10}, S_1,}_{Q_1} \underbrace{S_4, S_9, S_8,}_{Q_3} \underbrace{S_2, S_7, S_5,}_{Q_2}$$

тогда, используя зависимость $P_i \rightarrow Q_i$, строим матрицу 5.

Определив матрицы B и C, строим квазиблочно-диагональную матрицу



Осуществив разделение элементов пересечения (в данном случае бизнес процессов четвертого, второго и девятого типов), получим независимые группы сильно связанных элементов подразделений и бизнес процессов.



Предложенный алгоритм был программно реализован, вошел в состав комплекса программных средств синтеза организационной структуры производственно-коммерческого предприятия и показал свою эффективность при решении практических задач реорганизации ряда крупных девелоперских холдингов [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Johansson H., McHugh P., Pendlebury J. and Weeler III W.* Business Process Reengineering. Breakpoint Strategies for Market Domminance. Chichester: John Wiley & Sons, 1993.

2. *Горбатов В.А., Смирнов М.И., Хлытчиев И.С.* Логическое управление распределенными системами. М., Энергоатомиздат, 1991.

3. *Огиренко А.Г., Смирнов М.И.* Проблемы комплексной автоматизации хозяйственной деятельности холдинга, управляющего объектами недвижимости. Программные продукты и системы. 2011, № 3, стр. 124-127. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Качаев Максим Владимирович – аспирант, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru