

УДК 65.012.23

В. С. Клековкин, доктор технических наук, профессор
 А. А. Данилова, старший преподаватель
 ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ РАСЧЕТА СИНЕРГИИ

В работе проведено исследование в области гармонизации процессов и предложена модель расчета синергии в системе менеджмента качества (СМК), а также показаны правила оценки гармонизации по критериям.

Ключевые слова: гармонизируемый процесс, синергия, критерии гармонизации, математическая модель расчета синергического эффекта.

Исследование структурно-логической модели взаимодействия персонала в СМК показало, что необходимо настроить оптимальную систему предприятия $S_{\text{опт}}$, состоящую из производственных, управляющих и обеспечивающих элементов и процессов [1]. Элементы и процессы системы организации могут быть материальными и интеллектуальными (виртуальными):

$$S_{\text{опт}} = \langle \{A_n; A_y; A_o; B_n; B_y; B_o\} W, \Phi \rangle, \quad (1)$$

где $A_n; A_y; A_o$ – множества производственных, управляющих и обеспечивающих элементов; $B_n; B_y; B_o$ –

множества элементарных производственных, управляющих, обеспечивающих процессов, в том числе улучшающих, которые входят в управляющие; $W = \{W_1, W_2, \dots, W_X\}$ – множества операций над множествами в фигурных скобках; $\Phi = \{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$ – множества предикатов (утверждений) «ложь» или «истина» при выполнении множества операций W .

Для объяснения работы модели расчета синергии на элементарном уровне представим формализованную схему любого гармонизируемого процесса B_i с критериями гармонизации j как это показано на рис. 1.

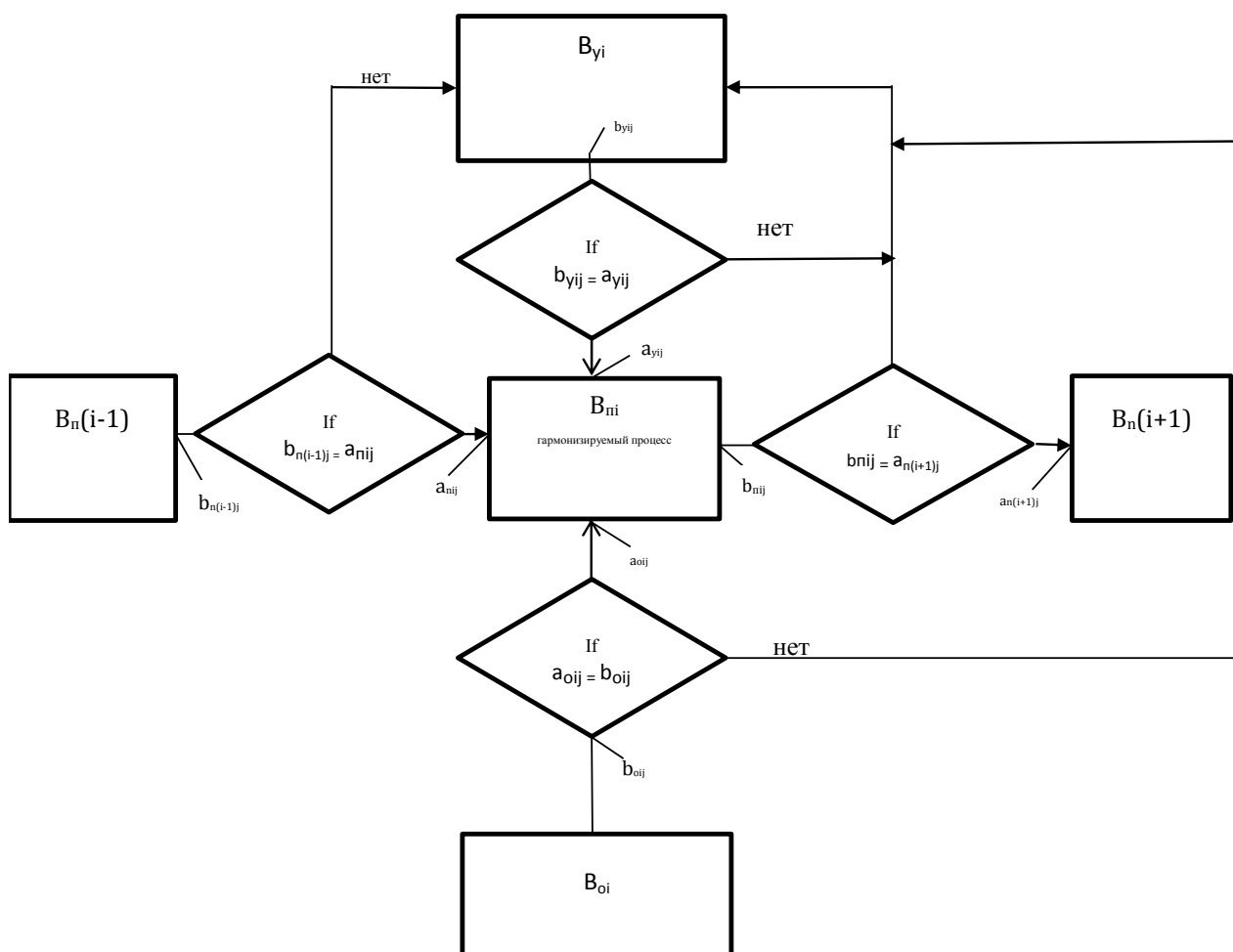


Рис. 1. Схема гармонизируемого процесса B_i

Здесь $\{b_{n(i-1)j}$ и $a_{nij}\}$; $\{b_{yij}$ и $a_{yij}\}$; $\{b_{ni}$ и $a_{n(i+1)j}\}$; $\{b_{oij}$ и $a_{oij}\}$ – множества значений критериев гармонизации выходов и входов взаимодействующих процессов; $B_{n(i-1)}$, B_n , $B_{n(i+1)}$ – взаимосвязанная цепь элементарных производственных процессов (операций); B_{yi} и B_{oi} – управляющие и обеспечивающие процессы производственного процесса b_{ni} [2].

Критерии гармонизации j входов a_i и выходов b_i соответствуют функциональному назначению гармонизируемого процесса i и могут назначаться хозяевами процессов.

Математическая модель расчета синергического эффекта гармонизируемого процесса i реализуется с помощью нейронной сети, показанной на рис. 2 [3].

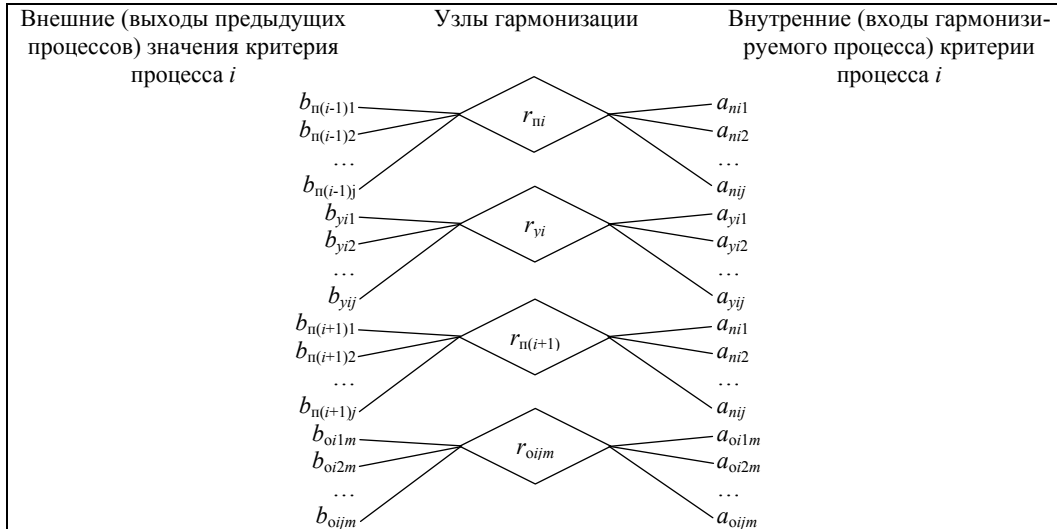


Рис. 2. Нейронная сеть гармонизируемого процесса i , где индекс m у критериев гармонизации обеспечивающих процессов означает необходимое повторение гармонизации по каждому ресурсу m

Алгоритм расчета синергии

По каждому критерию гармонизации входа с выходом рассчитывается элементарная результативность:

$$r_{ij} = \frac{b_{ij}}{a_{ij}}, \tag{2}$$

где a_{ij} и b_{ij} – значения критериев входов и выходов сопряженных процессов (рис. 1) в сравнимых величинах.

1. Затем принимается решение о достаточности гармонизации (синхронизации) сопряженных процессов по каждому критерию j с использованием следующих правил, приведенных в табл. 1.

Таблица 1. Правила оценки гармонизации по критериям экспертным методом

№ п/п	Значение r_{ij}^*	Правила			
			излишен	хороший	удовлетв.
1	$r_{ijmin}^* \leq r_{ij} \leq 1$	Гармонизация хорошая			
2	$r_{ijmin}^* \leq r_{ij} < r_{ijmax}^*$	Гармонизация удовлетворительная			
3	$r_{ij}^* < r_{ijmin}^*$	Гармонизация неудовлетворительная, требуется разработка организационно-технических мероприятий по доведению процесса			
4	$r_{ij}^* > 1$	Критерий выхода излишен и требует анализа на предмет затрат на его получение			
Границы значений r_{ijmin}^* и r_{ijmax}^* для правил корректируются хозяевами процессов в зависимости от устанавливаемых min и max целевых показателей гармонизируемого процесса					

2. Рассчитываем значение синергии по каждому узлу гармонизации:

$$r_{ni}; r_{yi}; r_{n(i+1)}; r_{oijm} = \frac{\sum_j r_{ij}}{j}. \tag{3}$$

3. Рассчитываем значение синергии по процессу i :

$$r_i = \frac{r_{ni} + r_{yi} + r_{n(i+1)} + r_{oijm}}{4}. \tag{4}$$

Далее, согласно правил оценки гармонизации (табл. 1) создаем базу данных о гармонизации i процесса (табл. 2).

Таблица 2. База данных гармонизации по критериям, построенная на основании правил табл. 1

№ п/п	Критерий	Характер гармонизации сопряженных процессов по критериям			
		излишен	хороший	удовлетв.	неудовл.
1.1	r_{ni1}	На основании правил табл. 1			
1.j	r_{nij}				
2.1	$r_{n(i+1)1}$	На основании правил табл. 1			
2.j	$r_{n(i+1)j}$				
3.1	r_{yi1}	На основании правил табл. 1			
3.j	r_{yij}				
4.1.1	r_{oi1}	На основании правил табл. 1			
4.1.j	r_{oij}				
4.m.1	r_{oim1}	На основании правил табл. 1			
	r_{oimj}				

При оценке каждого параметра гармонизации j из участников процесса i формируется кружок качества, который экспертным методом анализирует каждое значение r_{ij} и принимает решения:

- о характере гармонизации для простановки оценки в табл. 2;
- о необходимости проведения работ по улучшению гармонизации необходимого критерия j до запуска процесса i ;
- о возможности запуска процесса i при неудовлетворительной гармонизации отдельных критериев j ;
- о подмножестве правил базы знаний (табл. 3) для оценки характера гармонизации i процесса по j критериям в целом с помощью методики нечеткой логики [4].

Число правил в табл. 3 примем равным 4: неудовлетворительная, удовлетворительная, хорошая и излишняя гармонизация, а число лингвистических переменных гармонизации по критериям j представлено на рис. 2, в табл. 2 и может достигать:

$$r_{ij} + r_{n(i+1)j} + r_{yij} + m \times r_{oij}. \quad (5)$$

Таблица 3. Подмножество правил базы знаний

№ п/п	Условная часть правила (предпосылка)	Следствия правила (заключения)
1	Если r_{nij}^* ; $r_{n(i+1)j}^*$; r_{yij}^* ; r_{oimj}^* = низкий уровень гармонизации	То $r_i \in \hat{r}_1$ (неудовлетворительная гармонизация)
2	Если r_{nij}^* ; $r_{n(i+1)j}^*$ = удовлетворительный уровень гармонизации и r_{yij}^* ; r_{oimj}^* = низкий уровень гармонизации	То $r_i \in \hat{r}_2$ (удовлетворительная гармонизация)
3	Если r_{nij}^* ; $r_{n(i+1)j}^*$; r_{yij}^* ; r_{oimj}^* = хорошая или удовлетворительная гармонизация	То $r_i \in \hat{r}_3$ (хорошая гармонизация)
4	Если некоторые значения r_{nij}^* ; $r_{n(i+1)j}^*$; r_{yij}^* ; r_{oimj}^* = имеют излишнюю гармонизацию	То $r_i \in \hat{r}_4$ (излишняя гармонизация)
Примечание	Значения и состав r_{nij}^* ; $r_{n(i+1)j}^*$; r_{yij}^* ; r_{oimj}^* определяются хозяевами процесса в зависимости от служебного назначения процесса	

В качестве функции принадлежности для всех лингвистических переменных (кроме уровня гармонизации (синергии) r_i) применяем Гауссову функцию принадлежности вида:

$$\mu(u) = \exp \left[- \left(\frac{u-b}{c} \right)^2 \right], \quad (6)$$

где $\mu(u)$ – степень принадлежности к нечеткому множеству; b – математическое ожидание (центр нечеткого множества); c – среднеквадратичное отклонение (коэффициент концентрации).

Нечеткие множества $\hat{r}_1, \hat{r}_2, \hat{r}_3, \hat{r}_4$ описываются двойками вида $\hat{r} = (b, c)$ [$\hat{r}_1 = (0; 0,16)$, $\hat{r}_2 = (0,5; 0,2)$, $\hat{r}_3 = (0,8; 0,13)$, $\hat{r}_4 = (1,2; 0,13)$], а их графики показаны на рис. 3, а.

В качестве вида функции принадлежности Φ для лингвистической переменной \hat{r}_i выберем трапециевидную функцию.

$$\left. \begin{aligned} &0, u \leq a, u \geq c; \\ &\mu(u) = \frac{u-a}{b-a}, a \leq u \leq b; \\ &\frac{d-u}{d-c}, c \leq u \leq d, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где (a, d) – носитель нечеткого множества (пессимистическая оценка нечеткого числа); $[b, c]$ – ядро нечеткого множества (оптимистическая оценка нечеткого числа).

Такой выбор обусловлен тем, что функция данного вида позволяет лучше иллюстрировать конечный результат моделирования, т. е. получение численного значения уровня синергии i процесса.

В результате нечеткие множества $r_{i1}^*, r_{i2}^*, r_{i3}^*, r_{i4}^*$ описываются следующим образом: $r_{i1}^* = \{0/1; 0,1/1; 0,4/0\}$; $r_{i2}^* = \{0,3/0; 0,45/1; 0,55/1; 0,7/0\}$; $r_{i3}^* = \{0,55/0; 0,75/1; 0,85/1; 1,1/0\}$; $r_{i4}^* = \{0,9/0; 1,1/1; 1,2/1\}$. Эти множества представлены на рис. 3, б.

Вычисление конкретного значения синергии r_i i процесса, то есть дефазификацию, предлагаем выполнять по способу Мамдины, определяя центр тяжести (рис. 3, б) конкретного гармонизируемого процесса i :

$$r_i = \frac{\sum_1^k r_i^* \mu_{r_i^*}}{\sum_1^k \mu_{r_i^*}}, \quad (8)$$

где k – число правил из табл. 3.

Кружок качества на уровне каждого процесса при необходимости ведет совершенствование этого процесса, имея целевой показатель синергоэффективности:

$$\begin{aligned} r_i^* &= f(t), \\ \mathcal{E}_i &= P_i r_i^n - C_i r_i^k, \end{aligned} \quad (9)$$

где r_i – результативность (синергия) синхронизации входов – выходов процесса i ; t – текущее время; Φ – функция принадлежности после этапа аккумуляции; r_i^* – общая количественная оценка синергии i процесса; \mathcal{E}_i – эффективность гармонизируемого процесса; P_i – результат (доход) от процесса i ; C_i – себестоимость процесса i ; n – степень влияния результативности на доход от процесса; k – степень влияния результативности на себестоимость процесса.

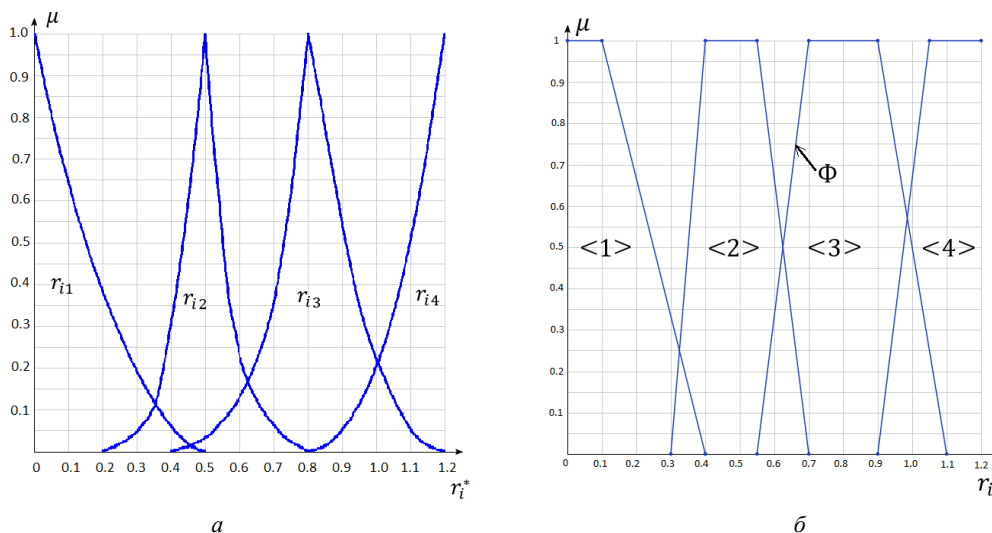


Рис. 3. Функция принадлежности μ условных частей правил (а) и результат выполнения аккумуляции и дефаззификации (б)

На рис. 3, б <1>, <2>, <3>, <4> – номера правил. Величины n и k могут быть определены экспертным путем, при анализе реальной синергоэффективной ситуации с конкурентным бизнес-продуктом компании.

Себестоимость i процесса определяется по классической калькуляции. Доход p_i предлагаем определять как долю от общего дохода по бизнес-продукту в соответствии с соотношением трудозатрат:

$$p_i = P_0 \frac{t_i}{T_0}, \quad (10)$$

где P_0 – общий результат (доход) от реализации бизнес-продукта; T_0 – общая трудоемкость получения бизнес-продукта; t_i – трудоемкость обеспечения i процесса.

Для наглядности по i процессу согласно системы 9 строится график синергоэффективности (рис. 4), который позволяет определить, исходя из складывающейся конкурентной обстановки на рынке, значение $r_{i\text{opt}}$.

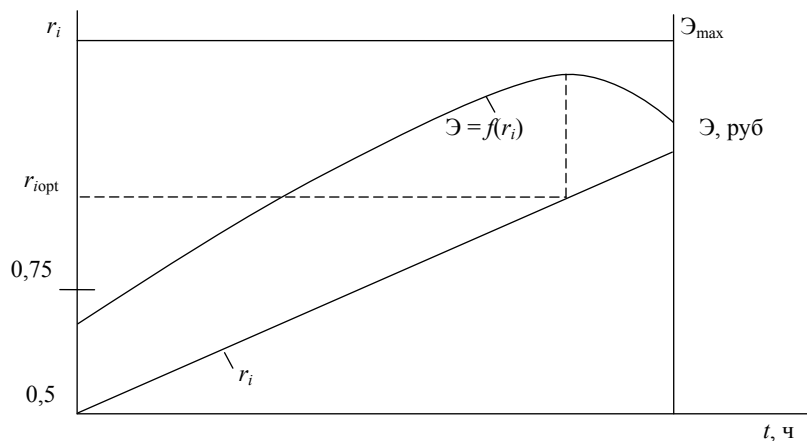


Рис. 4. Типовой график синергоэффективности

4. Общий синергизм R_0 для каждого бизнес-продукта рассчитывается как среднее значение результативности r_i процессов i , участвующих в его производстве, и эффективности результатов работы по бизнес-продукту:

$$\left. \begin{aligned} R_0 &= \frac{\sum_i r_i}{i}, \\ \mathcal{E}_0 &= P_0 r_0^n - C_0 r_0^k. \end{aligned} \right\}$$

В целом по бизнес-продукту строится синергоэффективный график (типа рис. 4). По его анализу компания может разрабатывать план организационно-технических мероприятий для улучшения эффективности производства конкретного бизнес-продукта.

Таким образом, постоянный мониторинг синергоэффективной ситуации по каждому процессу и бизнес-продукту позволяет компании поддерживать свою конкурентоспособность.

Библиографические ссылки

1. Юрков А. Ф., Клековкин В. С. Системная технология инновационного производства // Вестник ИжГТУ. – 2013. – № 4 (60). – С. 142–144.
2. Управление конкурентоспособностью организации в среде TQM инструментами системного анализа : монография / В. С. Клековкин и [др.]; под общ. ред. В. С. Клековкина. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2001. – 104 с.
3. Клековкин В. С., Чухланцев Е. С., Данилова А. А. Разработка системы оценки менеджмента качества на основе нейронных сетей // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 2. – С. 221–223.
4. Соломенникова С. И., Якимович Б. А., Тенев В. А. Моделирование развития высокотехнологичного предприятия машиностроения на основе нечеткой логики // СТИН. – 2014. – № 11. – С. 2–6

Klekovkin V. S., DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU
Danilova A. A., Senior Lecturer, Kalashnikov ISTU

Model of synergy calculation

The research is carried out in the field of harmonization of processes. The model of synergy calculation in the quality management system (QMS) is proposed, and evaluation rules for harmonization according to criteria are also shown.

Keywords: harmonized process, synergy, criteria of harmonization, mathematical model for calculating the synergetic effect.

Получено: 01.03.16