

Построение модели организационного обеспечения инновационной программы на стадии внешнего проектирования жизненного цикла технически сложных изделий

Гязова М.М., кандидат экономических наук, доцент,
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Москва, Россия

Аннотация. Наличие эффективного способа определения оптимального состава предприятий, участвующих в создании новых изделий, включая номенклатуру изделий, включенных в инновационные программы предприятий, является важнейшей системообразующей задачей в управлении процессом создания технически сложных изделий. От того, насколько качественно и надежно будут решены задачи организационного обеспечения инновационной программы, существенно зависит успех проектирования и производства новых изделий на последующих стадиях жизненного цикла, а также оправдано их финансирование.

Ключевые слова: модель организационного обеспечения инновационной программы, технически сложные изделия, стадия внешнего проектирования жизненного цикла технически сложных изделий, теория нечетких множеств.

Creating a model of organizational support for an innovation program at the stage of external design of the life cycle of technically complex products

Gyazova M.M., candidate of economic sciences, associate professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), MAI, Moscow, Russia

Annotation. Having an effective way to determine the optimal composition of enterprises involved in the creation of new products, including the product range included in the innovative programs of enterprises, is the most important system-

forming task in managing the process of creating technically complex products. The success of the design and production of new products at subsequent stages of the life cycle, as well as their financing is justified on how well and reliably the tasks of organizing the innovation program will be solved.

Keywords: model of organizational support of the innovation program, technically complex products, the stage of external design of the life cycle of technically complex products, the theory of fuzzy sets.

Разработка организационного обеспечения инновационной программы (ООИП) осуществляется на стадии внешнего проектирования создания изделий, когда еще не прояснены в полном объеме требования к функционированию изделий, к их конструкторско-технологическим и производственным характеристикам. Обычно из-за технического и технологического разнообразия, многокомпонентности изделий, как правило они не могут быть разработаны и произведены на одном и том же предприятии, поэтому ИП по содержанию имеет многоотраслевой, комплементарный характер. В связи с этим возникает задача не только отбора изделий в номенклатуру ИП предприятия-Головного разработчика (ГРЗ) и одновременно заказчика для других предприятий-созрабатчиков, но и задача по рациональному распределению заказов на проектирование и изготовление среди предприятий – участников создания изделий. Целью моделирования организационного обеспечения инвестиционных программ является определение оптимального состава предприятий, участвующих в создании новых изделий, включая номенклатуру изделий, включенных в ИП предприятий. Как было отмечено, источником для формирования ООИП ГРЗ служит ИП более высокого уровня, охватывающий широкий диапазон инновационных проектов для решения стратегических, общенациональных задач, в частности в различных областях машиностроения, в т.ч. авиационной техники. Изделия, отобранные из ИП высокого уровня в ИП ГРЗ хотя и могут принадлежать к различным видам (классам) по своему назначению, однако

близки по технологии создания, по структуре ресурсного обеспечения, поэтому заказы на создание изделий размещаются не на одном, а на нескольких предприятиях. Учитывая, что ИП формируется на стадии внешнего проектирования создания изделий, то их конструкторско-технологические параметры, условия их проектирования и производства в значительной степени содержат неопределенность, размытость, что предопределяет выбор математических средств описания постановок задач и их решения. В связи с этим вполне объяснимо при моделировании процессов формирования ИП применение в рамках теории нечетких множеств операций с нечеткими отношениями на множестве альтернатив, в качестве которых выступают изделия, предприятия и их характеристики. С этой целью для построения моделей различных ситуаций используются данные, полученные путем консультаций с экспертами, в т.ч. и с лицами, принимающие решения (ЛПР). Структура исходных данных представлена в виде следующих утверждений экспертов относительно пары альтернатив $x \in X$ и $y \in Y$, где $(x, y) \in R$ или xRy , R – отношение между x и y на множестве $X \times Y$:

- x «обеспечивает (-ся)», «иманентно», «соответствует» y ;
- y «обеспечивает (-ся)», «иманентно», «соответствует» x ;
- x и y не сравнимы между собой.

Затем вербальные утверждения с помощью специальных шкал преобразуются в числовые значения. Порядок решения приведенных задач следующий:

- устанавливаются отношения между показателями изделий, предлагаемыми в ИП и требованиями к показателям, обеспечивающим успех функционирования изделий;
- устанавливаются отношения между показателями предприятий и требуемыми показателями изделий. Эти отношения показывают, насколько предприятие в состоянии спроектировать изделие с заданными характеристиками;

– устанавливаются отношения между требуемыми (желаемыми) показателями предприятий и показателями изделий, показывающих способность предприятия создать инновационный проект, иными словами выявить научно-технический и производственный потенциал предприятия. С помощью специальных преобразований данных, представленных в виде матриц, получаются следующие результаты:

1. Из множества изделий ИП высокого уровня выделяется ряд наиболее перспективных, приоритетных изделий, которые составляют ядро номенклатуры ИП ГРЗ.

2. Определяется состав предприятий, способных на высоком уровне выполнить НИОКР изделий.

3. Определяется состав предприятий-производителей, завершающих стадию создания изделий ИП.

Важное значение имеет то обстоятельство, что в процессе моделирования ОО ИП происходит «объективация» данных, а также минимизация рисков от полученных решений. Алгоритм моделирования ОО ИП выполняется на каждом шаге для одного вида изделий до тех пор, пока не будут просмотрены все виды изделий.

Переходим к формированию номенклатуры ИП ГРЗ.

Пусть задано:

$K = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ – множество видов технологически родственных изделий из ИП верхнего уровня;

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_t\}$ – множество изделий некоторого вида;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_s\}$ – множество требуемых (желаемых) показателей изделий данного вида, необходимых для успешного выполнения ими функций;

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ – множество предприятий, предполагаемых участников выполнения ИП;

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ – множество показателей предприятий, которыми они должны обладать для успешного проектирования и изготовления изделий.

Для определения приоритетов изделий на включение их в ИП ГРЗ предложен принцип, согласно которому в ИП включаются те изделия, характеристики которых более всего соответствуют, с одной стороны, предъявляемым к ним требованиям, а с другой стороны, их создание должно быть обеспечено предприятиями, обладающими характеристиками, которые соответствуют высокому научно-технологическому и производственному потенциалу. Пусть $\mu(p, x): \rho \times X \rightarrow [0, 1]$ - функция принадлежности нечеткого бинарного отношения A , для $\forall p \in \rho$ и $\forall x \in X$; $\mu(p, x)$ - мера соответствия изделия p требуемой характеристике x для достижения цели функционирования изделия p . Это соответствие выявляется на предварительном этапе составления ИП ГРЗ и позволяет отсеять те изделия, которые по мнению экспертов, недостаточно соответствуют постоянным целям. Отношение A представлено матрицей:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 & x_2 & \dots & x_s \end{matrix} \\ \begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ \dots \\ p_t \end{matrix} & \begin{matrix} \mu(p_1, x_1) & \mu(p_1, x_2) & \dots & \mu(p_1, x_s) \\ \mu(p_2, x_1) & \mu(p_2, x_2) & \dots & \mu(p_2, x_s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu(p_t, x_1) & \mu(p_t, x_2) & \dots & \mu(p_t, x_s) \end{matrix} \end{matrix}$$

В матрице A чем больше значение $\mu(p, x)$, тем в большей степени изделие p приближается к заданному, желаемому значению показателя x . Возможность успешной разработки изделия зависит от того, насколько предприятие в состоянии выполнить НИОКР по всем требуемым характеристикам изделия. Отношение между желаемыми показателями изделий и желаемыми показателями предприятия представлено матрицей B :

$$\begin{array}{ccccc}
& & y_1 & y_2 & \dots & y_m \\
& x_1 & \mu(x_1, y_1) & \mu(x_1, y_2) & \dots & \mu(x_1, y_m) \\
B = & x_2 & \mu(x_2, y_1) & \mu(x_2, y_2) & \dots & \mu(x_2, y_m) \\
& \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
& x_s & \mu(x_s, y_1) & \mu(x_s, y_2) & \dots & \mu(x_s, y_m)
\end{array}$$

где $\mu(x, y): X \times Y \rightarrow [0,1]$ – функция принадлежности нечеткого бинарного отношения B для $\forall x \in X, \forall y \in Y$;

функция $\mu(x, y)$ – мера принадлежности показателя x показателю y с точки зрения способности предприятия создать изделие с показателем x .

Следующее отношение C раскрывает связь между желаемыми характеристиками предприятия y и его существующим научно-техническим, производственным потенциалом. Это отношение представлено следующей матрицей:

$$\begin{array}{ccccc}
& & Z_1 & Z_2 & \dots & Z_n \\
& y_1 & \mu(y_1, z_1) & \mu(y_1, z_2) & \dots & \mu(y_1, z_n) \\
C = & y_2 & \mu(y_2, z_1) & \mu(y_2, z_2) & \dots & \mu(y_2, z_n) \\
& \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
& y_m & \mu(y_m, z_1) & \mu(y_m, z_2) & \dots & \mu(y_m, z_n)
\end{array}$$

где $\mu(y, z): Y \times Z \rightarrow [0,1]$ – функция принадлежности нечеткого бинарного отношения C для $\forall y \in Y$ и $\forall z \in Z$ функция показывает, насколько желаемый, требуемый показатель y присущ, имманентен предприятию Z .

После установления отношений между множествами P, X, Y, Z перейдем к определению приоритетов изделий на включение их в ИП ГРЗ, выполнив операции над матрицами AB . Приоритеты изделий зависят от того, насколько изделия соответствуют предъявляемым требованиям и насколько предприятия в состоянии осуществить успешное проектирование изделий, если они

обладают требуемыми характеристиками. В начале, путем перемножения матриц $A \times B = D$ и нормированием элементов матрицы D получим:

$$D = A \times B = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & \dots & y_m \\ p_1 & \mu(p_1, y_1) & \mu(p_1, y_2) & \dots & \mu(p_1, y_m) \\ p_2 & \mu(p_2, y_1) & \mu(p_2, y_2) & \dots & \mu(p_2, y_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_s & \mu(p_s, y_1) & \mu(p_s, y_2) & \dots & \mu(p_s, y_m) \end{matrix}$$

$$\text{где } \mu(p_i, y_k) = \frac{\sum_{j=1}^s \mu(p_i, x_j) \cdot \mu(x_j, y_k)}{\sum_{k=1}^n \mu(p_i, y_k)}$$

$p \in P, x \in X, y \in Y$, а $\mu(p, y)$ показывает, насколько показатель способствует достижению цели функционирования изделия, если предприятие обладает требуемым набором характеристик y . Воспользовавшись операцией $\max \min$, получим приоритетный ряд изделий, включаемых в ИП: чем больше значение приоритета, тем большее предпочтение изделия в ИП:

$$\max \min \{ \mu(p_i, y_k) \} = L_{кр}, i = 1$$

$$P_{i1} \text{ f } P_{i2} \text{ f } \dots \text{ f } P_{is}.$$

$L_{кр}$ – критический уровень характеристики изделия, ниже которого включение изделия в ИП – рискованно и они подвергаются дополнительному анализу ЛПР.

Формирование группы предприятий-разработчиков осуществляется с использованием произведения матриц DC :

$$E = D \times C = \begin{matrix} & Z_1 & Z_2 & \dots & Z_n \\ p_1 & \mu(p_1, z_1) & \mu(p_1, z_2) & \dots & \mu(p_1, z_n) \\ p_2 & \mu(p_2, z_1) & \mu(p_2, z_2) & \dots & \mu(p_2, z_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_s & \mu(p_s, z_1) & \mu(p_s, z_2) & \dots & \mu(p_s, z_n) \end{matrix}$$

где $\mu(p, z) = \frac{\sum \mu(p_i, y_k) \cdot \mu(y_k, z_j)}{\sum \mu(p, z)}$.

$\mu(p, z)$ – нормированный показатель реализуемости предприятием z изделия p , т.е. насколько предприятие z , обладая реальными характеристиками, может успешно осуществить НИОКР изделия p . Применяв операцию $\max \min$ можно получить допустимый порог характеристик предприятий $Q_{кр}$, а также предпочтений предприятий для их участия в ИП: $Q_{кр} = \max$

$$\left\{ \min [\mu(p_1, z_1), \mu(p_1, z_2), \dots, \mu(p_1, z_n)], \dots, \min [\mu(p_s, z_1), \mu(p_s, z_2), \dots, \mu(p_s, z_n)] \right\}$$

μ по степени убывания приоритетов: $Q_{i1} : Z_{i1} > Q_{i2} : Z_{i2} > \dots > Q_{im} : Z_{im}$,

где Q_{ij} – приоритет предпочтения предприятий. Группы предприятий, которые наиболее подходят по своим характеристикам для проектирования изделий p_1, p_2, \dots, p_s определяются по следующему правилу: $\mu_i = \{z(\mu(p, z) > Q_{кр})\}$.

Так как разные предприятия могут выполнять одни и те же НИОКР, возникает вопрос об исключении дублирования разработок, о минимизации количества предприятий, «покрывающих» все изделия ИП без потери качества проектов. Для ответа на этот вопрос следует воспользоваться показателями $L_{кр}$ и $Q_{кр}$, а также уровнем реализуемости НИОКР – $\mu(p, z)$ из матрицы E . Элементы матрицы E – многоаспектные показатели, отражающие требования к

качеству функционирования изделий, к характеристикам предприятий, а также отношения между показателями изделий и предприятий. При размещении изделий на предприятиях-созрабатчиках будем руководствоваться правилом $L_{kp} \geq \mu(p, z)$. На следующем примере покажем, как формируется группа предприятий-разработчиков и их номенклатура. Пусть $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}$ - множество изделий; $X = \{x_1, x_2, \dots, x_6\}$ - множество показателей изделий; $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_5\}$ - множество показателей предприятий; $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_5\}$ - множество предприятий кандидатов на выполнение ИП. В результате заполнения экспертами и преобразований, матрицы A, B, C, D, E имеют следующий вид:

								y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_1	0.5	0.2	0.3	0.5	0.9
$A = p_1$	1	0	0	1	0.8	0.7	x_2	1	0.4	1	0.6	1
p_2	0	1	1	0	0.4	0.3	$B = x_3$	1	0.5	1	0.3	1
p_3	1	1	0	1	0.5	0.4	x_4	1	0.7	1	0.7	1
p_4	1	1	1	1	0.9	0.5	x_5	0	0.6	0	0.4	1
							x_6	1	0.3	0.5	0.5	1

								y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5			p_1	0.40	0.16	0.16	0.17	0.26
$C = y_1$	0.5	0.8	0.3	0.5	0.8			p_2	0.24	0.12	0.23	0.13	0.28
y_2	1	1	1	1	1			$D = A \times B = p_3$	0.16	0.15	0.20	0.17	0.32
$C = y_3$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1			p_4	0.23	0.18	0.23	0.15	0.30
y_4	0.5	0.7	0.6	0.8	0.4								
y_5	1	0.3	0	0.6	0.6								

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5
p_1	0.23	0.25	0.17	0.20	0.16
p_2	0.22	0.20	0.13	0.20	0.20
$E = D \times C = p_3$	0.21	0.23	0.19	0.20	0.16
p_4	0.19	0.23	0.19	0.20	0.17

Выполнив операцию $\max\min$ над матрицей D , получим значение предпочтений изделий: $L_1 = 0.16; L_2 = 0.12; L_3 = 0.15; L_4 = 0.18$;

Воспользовавшись показателем $L_{кр} = 0.18$ найдем из матрицы E следующие группы предприятий по изготовлению каждого изделия:

$$P_1 \rightarrow \{z_1, z_2, z_4\}$$

$$P_2 \rightarrow \{z_1, z_2, z_4, z_5\}$$

$$P_3 \rightarrow \{z_1, z_2, z_4\}$$

$$P_4 \rightarrow \{z_2, z_4\}$$

Из распределения предприятий по изделиям видно, что наиболее успешными являются предприятия z_2 и z_4 . Кроме того, в каждой группе предприятия могут быть ранжированы по успешности выполнения работ: для $P_1: z_2 \rightarrow z_1 \rightarrow z_4$; $P_2: z_1 \rightarrow z_2 \rightarrow z_4 \rightarrow z_5$; $P_3: z_2 \rightarrow z_1 \rightarrow z_4$; $P_4: z_2 \rightarrow z_4$.

Вместе с тем можно заметить, что одно и то же изделие создается на разных предприятиях, что приводит к дублированию работ, не эффективному использованию всех ресурсов. Для устранения данного недостатка, минимизировав количество предприятий, участвующих в разработке, преобразуем матрицу E , исключив из нее элементы, которые меньше $L_{кр}$:

$$G = \begin{array}{ccccc} & p_1 & p_2 & p_3 & p_4 \\ z_1 & 0.23 & 0.22 & 0.21 & - \\ z_2 & 0.25 & 0.20 & 0.23 & 0.23 \\ z_3 & - & - & - & - \\ z_4 & 0.20 & 0.20 & 0.20 & 0.20 \\ z_5 & - & 0.20 & - & - \end{array}$$

Выбрав из столбцов матрицы максимальные элементы, получим следующее распределение изделий по предприятиям:

$$z_1 \rightarrow p_2$$

$$z_2 \rightarrow p_1, p_3, p_4$$

Таким образом, из множества претендентов на разработку изделий z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 осталось только два z_1, z_2 , которые полностью «покрывают» номенклатуру ИП. Переходим к определению состава предприятий, участвующих в производстве изделий, основываясь на степени совместимости характеристик изделий и предприятий. Пусть $\mu(p, x): X \times Y \rightarrow [0, 1]$ - функция принадлежности нечеткого бинарного отношения A , задаваемые матрицей:

$$A = \begin{array}{ccccc} & x_1 & x_2 & \dots & x_s \\ p_1 & \mu(p_1, x_1) & \mu(p_1, x_2) & \dots & \mu(p_1, x_s) \\ p_2 & \mu(p_2, x_1) & \mu(p_2, x_2) & \dots & \mu(p_2, x_s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_t & \mu(p_t, x_1) & \mu(p_t, x_2) & \dots & \mu(p_t, x_s) \end{array}$$

где p – изделие, x – производственно-технологическая характеристика изделия, $\mu(p, x)$ – степень соответствия изделия p требуемому (желаемому) показателю x .

$\mu(x, z): X \times Z \rightarrow [0, 1]$ – функция принадлежности нечеткого бинарного отношения B , которое показывает способность предприятия Z создать изделие с показателем x . В матричной форме отношение B имеет вид:

$$B = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & \dots & z_n \\ x_1 & \mu(x_1, z_1) & \mu(x_1, z_2) & \dots & \mu(x_1, z_n) \\ x_2 & \mu(x_2, z_1) & \mu(x_2, z_2) & \dots & \mu(x_2, z_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_s & \mu(x_s, z_1) & \mu(x_s, z_2) & \dots & \mu(x_s, z_n) \end{matrix}$$

С помощью матриц A и B получим матрицу C :

$$C = A \times B = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & \dots & z_n \\ p_1 & \mu(p_1, z_1) & \mu(p_1, z_2) & \dots & \mu(p_1, z_n) \\ p_2 & \mu(p_2, z_1) & \mu(p_2, z_2) & \dots & \mu(p_2, z_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_s & \mu(p_s, z_1) & \mu(p_s, z_2) & \dots & \mu(p_s, z_n) \end{matrix},$$

элементы которой определяются функцией принадлежности:

$$\mu(x, z) = \frac{\sum_x \mu(p, x) \cdot \mu(x, z)}{\sum_x \mu(p, x)}, \forall p \in P, x \in X, z \in Z.$$

Путем попарного логического произведения элементов матрицы C построим матрицу D :

$$D = \begin{matrix} & (z_1, z_2) & (z_2, z_3) & \dots & (z_n, z_1) \\ p_1 & \mu(p_1, z_1) \wedge \mu(p_1, z_2) & \mu(p_1, z_2) \wedge \mu(p_1, z_3) & \dots & \mu(p_1, z_n) \wedge \mu(p_1, z_1) \\ p_2 & \mu(p_2, z_1) \wedge \mu(p_2, z_2) & \mu(p_2, z_2) \wedge \mu(p_2, z_3) & \dots & \mu(p_2, z_n) \wedge \mu(p_2, z_1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_s & \mu(p_s, z_1) \wedge \mu(p_s, z_2) & \mu(p_s, z_2) \wedge \mu(p_s, z_3) & \dots & \mu(p_s, z_n) \wedge \mu(p_s, z_1) \end{matrix}$$

и критический уровень отбора изделия из номенклатуры ИП, полученной в результате НИОКР,

$$R_{kp} < \min_{ij} \max_p \min(\mu(p, z_i), \mu(p, z_j)).$$

После того, как критический уровень выбран, можно для произвольного Z найти множество изделий, изготавливаемых на предприятии Z :

$$M(z) = \left\{ p \mid \mu(p_n, z_n) > \min_{ij} \max \min \mu(p_j, z_i), \mu(p_1, z_i) \right\}.$$

Рассмотрим на примере формирование группы предприятий-производителей и их номенклатуры. Пусть в результате НИОКР на предприятиях-разработчиках спроектировано шесть изделий $\{p_1, p_2, \dots, p_6\}$ с производственно-технологическими характеристиками $\{x_1, x_2, \dots, x_5\}$, которые должны быть произведены на трех предприятиях $\{z_1, z_2, z_3\}$. В качестве характеристик изделий возьмем: x_1 – конструкторско-технологическая новизна изделия; x_2 – конструкторско-технологическая преемственность изделия; x_3 – конструкторско-технологическая и функциональная сложность изделия; x_4 – уровень заимствования комплектующих; x_5 – ожидаемая ресурсоемкость. Пусть отношения A, B заданы следующими матрицами:

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5		z_1	z_2	z_3	
p_1	1	0.8	0.5	1	0.2	$B =$	x_1	1	0.5	0
p_2	0.8	0.7	1	0.1	0.7		x_2	1	0.5	0
p_3	0.5	0.5	0.3	1	0.7		x_3	1	0.3	1
p_4	0.5	0.3	0.9	0.1	0.2		x_4	0	1	0.5
p_5	0.3	0.4	0.1	0	0		x_5	1	0	0.5
p_6	0.5	0.5	1	1	0.5					

Вычислим матрицу C

	z_1	z_2	z_3
p_1	0.714	0.586	0.314
p_2	0.900	0.348	0.410
$C = p_3$	0.667	0.530	0.234
p_4	0.950	0.340	0.525
p_5	1.00	0.475	0.125
p_6	0.714	0.514	0.500

Попарным логическим умножением элементов матрицы C получим матрицу:

	z_1	z_2	z_3
p_1	0.586	0.314	0.314
p_2	0.348	0.348	0.410
$D = p_3$	0.530	0.234	0.234
p_4	0.340	0.340	0.525
p_5	0.475	0.125	0.125
p_6	0.514	0.500	0.506

Найдем в каждом столбце матрицы D максимальные элементы: 0,586; 0,500; 0,525 и минимум из них – 0,500. Далее из матрицы C выбираем для $R_{кр}$ самое большое значение, которое должно быть меньше 0,5 и получаем $R_{кр} = 0,475$. Так как это критический уровень отбора изделий, то получаем для каждого предприятия $Z_1 - M_1$, $Z_2 - M_2$, $Z_3 - M_3$ состав производимых им изделий:

$$M(Z_1) = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6\}$$

$$M(Z_2) = \{p_1, p_3, p_5, p_6\}$$

$$M(Z_3) = \{p_4, p_5\}$$

Как видно, предприятия дублируют производство одних и тех же изделий, поэтому следующим и последним шагом является минимизация количества

предприятий так, как это было сделано в предыдущем примере. Исходя из множеств M_1, M_2, M_3 , матрицы C и R_{kp} получим матрицу:

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
Z_1	0.586	0.348	0.530	0.340	0.475	0.514
Z_2	0.314	–	0.234	–	0.125	0.500
Z_3	–	–	–	0.525	–	0.500

Выбрав из колонок максимальные значения элементов матрицы, получим следующее распределение изделий между предприятиями-производителями:

$$M(Z_1) = \{P_1, P_2, P_3, P_5, P_6\}$$

$$M(Z_3) = \{P_4\}$$

Таким образом, из трех предприятий Z_1, Z_2, Z_3 будут загружены производством только два без влияния на качество изготавливаемых изделий.

В процессе моделирования организационного обеспечения инновационной программы (ОО ИП) ГРЗ решаются следующие задачи:

- формирование номенклатуры ИП ГРЗ и предприятий – соразработчиков;
- формирование группы предприятий и их номенклатуры, способных осуществить НИОКР изделий, вошедших в ИП ГРЗ;
- формирование группы предприятий с их номенклатурой по изготовлению изделий, разработанных на предприятиях-соразработчиках.

Рассмотренная логико-математическая модель для решения названных задач является инструментом, который может послужить для конкурсного отбора участников реализации инновационной программы, при этом исключая как субъективность при формировании состава предприятий – соисполнителей, так и ошибочные оценки объема инвестиций, выделяемых на создание изделий.

Библиографический список

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978
2. Гязова М.М. Совершенствование прогнозирования и диверсификация как инструменты обеспечения экономической устойчивости авиакомпании: Монография – Москва. УМЦ «Триада», 2015 – 175 стр.
3. Канчавели А.Д., Колобов А.А. и др. Стратегическое управление организационно-экономической устойчивостью фирмы. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
4. Гязова М.М. Хмелевой В.В. Концепция принятия маркетинговых решений в условиях рефлексии // Российский экономический интернет-журнал. – № 4. – 2017.
5. Хмелевой В.В. Гязова М.М. Формализация системы критериев планирования по стадиям жизненного цикла создания инноваций // Российский экономический интернет-журнал. – № 4. – 2017.

References

1. Buslenko N.P. Modeling of complex systems. – M.: Nauka, 1978.
2. Gyazova M.M. Improving forecasting and diversification as tools to ensure the economic sustainability of the airline: Monograph – Moscow. Training center «Triada», 2015, 175 p.
3. Kanchaveli A.D., Kolobov A.A. and others. Strategic management of organizational and economic sustainability of the company. – M.: Publishing MSTU Bauman, 2001.
4. Gyazova M.M. Khmelevoy V.V. The concept of marketing decisions in terms of reflection // Russian Economic Internet-Journal, № 4, 2017.
5. Khmelevoy V.V. Gyazova M.M. Formalization of criteria for planning life-cycle stages of innovation // Russian Economic Internet-Journal. – № 4. – 2017.