

УДК 338.519

О постановке задачи формирования структуры ракетно-космической отрасли промышленности Украины

А. А. Негода

Національне космічне агентство України, Київ

Надійшла до редакції 06.12.98

Методами математичного моделювання розглянуто задачу встановлення зв'язків між об'єктами, що входять до складу ракетно-космічної галузі промисловості України.

В 1991 г. с провозглашением независимости Украина сделала свой выбор экономической платформы, утвердив основной принцип государственного строительства, в соответствии с которым суверенность государства возможна только на основе рыночной трансформации. Начались сложные процессы формирования новых экономических основ, структурных реформ. В наследство от административно-командной системы бывшего СССР экономика Украины получила глубокую структурную деформированность, низкую конкурентоспособность продукции, высокий уровень монополизации производства и оборота, их изоляцию от мирового рынка. За короткий срок с 1991 г. осуществлен перелом в реформировании отношений собственности, сделаны ощутимые шаги в направлении либерализации хозяйственных связей, утверждаются основы рыночной инфраструктуры, идет становление фондового, товарного, денежного и валютного рынка, развивается законодательная база реформ, начаты сложнейшие процессы структурных преобразований.

Основой стратегического курса, его определяющим принципом является формирование и реализация государственной политики, направленной на осуществление инновационной модели структурной перестройки экономики, утверждение Украины как высокотехнологической страны. Имеющийся интел-

лектуальный и научно-технический потенциал способен обеспечить реализацию указанного курса.

Ракетно-космическая отрасль может и должна стать лидером структурных преобразований экономики Украины. Именно эта отрасль является катализатором высоких технологий, которыми по существу определяется уровень развития промышленности, научно-технический потенциал государства. Ракетно-космическая промышленность Украины создавалась и формировалась на протяжении четырех десятилетий как составная часть военно-промышленного комплекса бывшего СССР. В начале 1992 г. в Украине было 660 предприятий и организаций, которые были соисполнителями и контрагентами в процессе создания образцов ракетно-космической техники: ракет-носителей, орбитальных космических аппаратов, аппаратуры и систем управления. По оценкам западных экспертов, на территории Украины было размещено до 28 % ракетно-космического потенциала СССР.

В начале 1992 г. этот мощный, высокотехнологический, ориентированный исключительно на военные цели проектно-конструкторский и промышленный конгломерат утратил приоритетное финансирование, устойчивые заказы, централизованное элитное снабжение и управление.

В настоящее время задача состоит в том, чтобы в условиях ограниченности выделенных ресурсов оп-

ределить объекты, которые войдут в состав ракетно-космической отрасли (РКО), и связи, которые будут установлены между ними для того, чтобы обеспечить эффективное функционирование отрасли в условиях рыночной экономики. При этом необходимо учитывать различный правовой статус объектов. Например, для промышленных предприятий таким статусом могут быть: унитарное государственное предприятие, закрытое акционерное общество (ЗАО) с государственным контрольным пакетом акций, ЗАО, не контролируемое государством, открытое акционерное общество (ОАО), частное предприятие и др. Естественно, для каждого из таких объектов будет свой перечень типов связей, которые могут быть установлены между ними, а также другими объектами в рамках РКО. К типам связей относятся: административная подчиненность, жесткое и нежесткое взаимодействие, стабильные коммерческие связи, разовые контракты и т. д. Очень большое число возможных вариантов, которые могут возникнуть при рассмотрении объектов и связей между ними, делает практически невозможным решение задачи определения перечня объектов и связей между ними, если использовать метод простого перебора. Поэтому необходима разработка более совершенного математического аппарата, способного решать такого рода задачи. Наиболее естественным в данном случае является применение методов математического моделирования. В настоящей работе рассмотрен один из возможных подходов к решению этой проблемы.

Рассмотрим следующую ситуацию. Пусть имеется n объектов различного статуса, которые могут быть включены в состав РКО. Множество связей, которые могут быть установлены при этом между объектами i и j обозначим N_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$). Здесь и в дальнейшем малыми латинскими буквами будем обозначать переменные и элементы множеств, а большими — множества. При формировании РКО могут быть использованы различные ресурсы (финансовые, материальные и др.), имеющиеся в ограниченном количестве. Пусть l — число таких ресурсов, \bar{a}_{ki} и \bar{a}_{kij}^v — затраты k -го ресурса ($k = i, \dots, l$) на включение i -го объекта в состав РКО и на установление связи v -го типа ($v \in N_{ij}$) между объектами i и j . Через b_k обозначим общее имеющееся количество k -го ресурса. Заметим, что коэффициенты \bar{a}_{ki} и \bar{a}_{kij}^v могут быть и отрицательными, что будет означать увеличение имеющихся в распоряжении РКО ресурсов за счет, например, привлечения собственных ресурсов объекта или привлечения ресурсов со стороны, в частности, путем получения целевых инвестиций. Через \bar{c}_{ki} и \bar{c}_{kij}^v

обозначим текущие затраты, связанные с функционированием i -го объекта в составе РКО и с поддержанием связи v -го типа.

РКО призвана решать также и определенные функциональные задачи. Обозначим множество таких задач через F . Решение $f \in F$ каждой из них может быть обеспечено различными наборами объектов и связей между ними. Поэтому предлагаемая модель будет состоять из двух блоков:

1) блока определения перечня G_f альтернатив объектов и связей между ними, обеспечивающих решение функциональной задачи $f \in F$.

2) блока определения перечня объектов и связей, обеспечивающих решение задач функционирования РКО.

Рассмотрим подробнее каждый из этих блоков.

Блок определения перечня альтернатив объектов и связей между ними. В основу блока положен подход, изложенный в [1] (см. также [6, 8]), и использующий сетевые методы прогнозирования. Для формирования альтернативы $g_f \in G_f$, обеспечивающей решение задачи f , строится граф типа дерева, корневой вершиной которого будет решение требуемой задачи. Для него экспертным путем устанавливаются все события-предпосылки, достижение которых необходимо для этого. Данным событиям будут соответствовать те вершины, которые соединены дугами с корневой. Для каждой из предпосылок, способ достижения которой неочевиден, в свою очередь экспертным путем определяются необходимые предпосылки, которым будут соответствовать вершины, соединенные дугами с ранее определенной предпосылкой и т. д. Такой процесс будет продолжен до тех пор, пока не станут очевидны пути достижения всех требуемых событий.

Корневой вершине h_0 будет соответствовать решение требуемой функциональной задачи, пунктиром выделено множество вершин, соответствующих тем предпосылкам, способ достижения которых очевиден. Для каждой из таких вершин, также экспертным путем, определяется перечень объектов и связей между ними, необходимых для достижения соответствующей предпосылки. Аналогичные перечни определяются и для дуг, по принципу: «что еще необходимо для того, чтобы перейти от предпосылки h_1 к событию h_2 ?». Объединение полученных перечней по всем вершинам, выделенным пунктиром и по всем дугам графа, после исключения дублирующих элементов, даст требуемую альтернативу $g_f \in G_f$. Если экспертами будут предложены несколько альтернативных предпосылок, то построение графа осуществляется независимо для каждой из них и каждый из построенных графов

даст свою альтернативу g_f . Следует отметить, что одни и те же элементы (объекты, связи между ними) могут входить в состав различных альтернатив даже для одной и той же функциональной задачи f . Это усложняет рассмотрение задачи выбора объектов и связей между ними как аналога задачи о ранце на множестве альтернатив и требует разработки моделей иного типа для решения данной задачи. Одна из таких моделей образует следующий блок.

Блок определения перечня объектов и связей между ними. В данном блоке решается следующая задача. Пусть для каждой функциональной задачи $f \in F$, стоящей перед РКО, определен список G_f альтернативных наборов объектов i, j и связей между ними (i, j, v) $v \in N_{ij}$ необходимых для решения этой задачи. Требуется отобрать такие объекты и установить такие связи, чтобы их функционирование требовало не более, чем имеется в наличии, ресурсов и обеспечило бы по возможности большие значения следующих критериев:

а) **функциональности системы** — возможности решения при выбранной структуре максимального количества задач, в том числе \hat{d} задач из множества важнейших, обозначенного F ($F \subseteq F$). Допустима и более глубокая иерархия множества задач;

б) **диверсифицированности системы** — минимальной зависимости ее функционирования при решении различных задач из F от возможностей реализации (или не реализации) какого-либо одного из вариантов решения. В данной модели диверсифицированность выражается как наличие максимального числа вариантов g_f решения задач из множества F , реализуемых при выбранной структуре РКО;

в) **надежности системы**, т. е. способности противодействовать возможным сбоям в работе. В данной модели надежность определяется как функциональность, сохраненная при наихудшем для нее наборе потерь установленных ранее связей. Множество связей между объектами, которые могут быть потеряны, обозначим N ;

г) **управляемости и открытости системы**, понимается как возможность ее развития путем добавления новых составляющих — объектов и связей между ними. Это качество учитывается введением экспертных оценок r_{g_f} управляемости и открытости при каждой конфигурации объектов и связей g_f , предназначенных для решения задачи f ;

д) **экономичности системы**, которая понимается как минимум текущих затрат, связанных с ее функционированием.

Поскольку речь идет о комбинаторной задаче перебора вариантов (аналог задачи о ранце), введем булевы переменные:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й объект включен в состав РКО,} \\ 0 & \text{— в противном случае,} \end{cases} \quad (1)$$

$$x_{ij}^v = \begin{cases} 1, & \text{если между объектами } i \text{ и } j \\ & \text{установлена связь типа } v, \\ 0 & \text{— в противном случае,} \end{cases} \quad (2)$$

$$i, j = 1, \dots, n; v \in N_{ij}.$$

Рассмотрим величины

$$y_{g_f} = \min \left(\min_{i \in g_f} (x_i), \min_{(i, j, v) \in g_f} (x_{ij}^v) \right). \quad (3)$$

Величина $y_{g_f} = 1$ тогда и только тогда, когда в составе системы будут все объекты и связи между ними, предусмотренные альтернативой g_f . Тогда ресурсные ограничения и критерии задачи могут быть записаны в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^n \bar{a}_{ki} x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{v \in N_{ij}} a_{kij}^v x_{ij}^v \leq b_k, \quad (4)$$

$$k = 1, \dots, l$$

(ресурсные ограничения);

$$x_{ij}^v \leq \min(x_i, x_j) \quad (5)$$

(связи могут быть установлены только между объектами, включенными в систему);

$$z_1 = \sum_{f \in F} \min(1, \max_{g_f \in G_f} (y_{g_f})) \rightarrow \max \quad (6)$$

(функциональность системы относительно множества всех ее задач F);

$$z_2 = \sum_{f \in \hat{F}} \min(1, \max_{g_f \in G_f} (y_{g_f})) \rightarrow \max \quad (7)$$

(функциональность системы относительно множества важнейших задач F);

$$z_3 = \min_{f \in \hat{F}} \left(\min(1, \sum_{g_f \in G_f} (y_{g_f})) \right) \rightarrow \max \quad (8)$$

(диверсифицированность по наименее диверсифицированной из принятых к решению задач из множества F);

$$z_4 = \sum_{f \in \hat{F}} \sum_{g_f \in G_f} y_{g_f} \rightarrow \max \quad (9)$$

(диверсифицированность по всему комплексу задач F);

$$z_5 = \sum_{f \in \hat{F}} \min(1, \max_{g_f \in G_f} (y_{g_f})) \rightarrow \max, \quad (10)$$

где $\hat{y}_{g_f} = 0$, если существует хотя бы одна $i, j, v \in g_f$, такая, что $i, j, v \in \hat{N}$, и $\hat{y}_{g_f} = y_{g_f}$ — в противном случае (надежность системы);

$$z_6 = \sum_{f \in F} \sum_{g_f \in G_f} r_{g_f} y_{g_f} \rightarrow \max \quad (11)$$

(управляемость и открытость системы);

$$z_7 = \sum_{i=1}^n \bar{c}_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{v \in N_{ij}} c_{ij}^v x_{ij}^v \rightarrow \min \quad (12)$$

(экономичность системы).

Таким образом, рассмотренная задача (1)—(12) представляет собой нелинейный (по ограничениям (3), (5) и критериям (6)—(8) и (10) многокритериальный (7 критериев) аналог задачи о ранце достаточно большой размерности. Для ее решения требуется разработка специализированных алгоритмов на базе известных методов оптимизации [2—5, 7, 9—14]. При этом потребуются, во-первых, свести многокритериальную задачу к решению одной или несколько однокритериальных задач, во-вторых, разработать алгоритм решения задач дискретной оптимизации с произвольной целевой функцией и ограничениями вида (1)—(5), что будет предметом дальнейших исследований.

1. Глушков В. М. Макроэкономические модели и ОГАС. — М.: Статистика, 1975.—314 с.
2. Грубер Й., Кошлай Л. Б., Михалевиц М. В. и др. Модели и методы порядковой регрессии. — Киев, 1995.—22 с.—

(Препринт / НАН Украины. Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова; 95-3).

3. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория: Пер. с англ. — М.: Прогресс, 1975.
4. Карманов В. Г. Математическое программирование. — М.: Наука, 1980.—256 с.
5. Ларичев О. И., Мечитов А. И., Мошкович Е. М., Фуремс Е. М. Выявление экспертных знаний. — М.: Наука, 1989.—128 с.
6. Менько Н. Г. Макроэкономика: Пер. с англ. — М.: Изд-во МГУ, 1994.
7. Михалевиц В. С., Волкович В. Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. — М.: Наука, 1982.—286 с.
8. Сакс Д. Д., Ларрен Ф. Б. Макроэкономика: Глобальный подход: Пер. с англ. — М.: Дело, 1996.
9. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. — М.: Мир, 1975.—534 с.
10. Шор Н. З. Методы минимизации недифференцируемых функций и их применение. — Киев: Наук. думка, 1979.—200 с.
11. Эддоус М. Стэнсфилд Р. Методы принятия решений: Пер. с англ. — М.: Аудит, ЮНИИТИ, 1997.
12. Элти Дж., Кумбс М. Экспертные системы: концепции и примеры. — М.: Финансы и статистика, 1987.—191 с.
13. Юдин Д. Б. Математическое программирование в порядковых шкалах // Изв. АН СССР. Сер. Техническая кибернетика.—1982.—№ 2.—С. 3—18.
14. Nonlinear time series analysis of economic and financial data // Dynamic modeling and econometrics in economics and finance / Ed. P. Rothman. — Boston: Kluwer, 1999.—Vol. 1.—392 p.

ON THE STATEMENT OF THE PROBLEM OF FORMING THE STRUCTURE OF THE ROCKET-SPACE BRANCH OF INDUSTRY OF UKRAINE

Negoda O. O.

The problem of establishing the connection between objects of the rocket-space branch of industry of Ukraine has been considered using methods of mathematical simulation.