

УДК 004.3:658.144.2

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПАРТНЕРСТВА НА МНОЖЕСТВЕ СОСТОЯНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Ю.Л. Муромцев, И.А. Ибрахим

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,
ТГТУ*

Ключевые слова и фразы: множество состояний функционирования; оптимальный вариант партнерства; принятие решения; стратегическое партнерство.

Аннотация: Предложен алгоритм определения предпочтительного варианта партнерской группы на основе количественной оценки эффективности вариантов при недостающих исходных данных. Рассмотрены возможные состояния функционирования, которые могут иметь место в реальных условиях.

Все принимаемые решения по стратегическому партнерству требуют тщательного рассмотрения с позиций теории надежности и риска. Выбор оптимального варианта решения в большинстве случаев сводится к сравнению какого-либо обобщенного показателя, характеризующего альтернативные варианты партнерства с учетом возможных ситуаций, которые могут иметь место в будущем. Конкурентоспособность и эффективность функционирования любой организации в рамках стратегического партнерства определяется такими факторами как надежность систем логистики, спрос на продукцию и объем продаж, воздействия внешнего окружения и др., которые могут иметь детерминированную, вероятностную или нечеткую (расплывчатую) природу. Для комплексного учета всех этих факторов требуется интеграция множеств состояний работоспособности с множеством состояний функционирования и нечетким множеством.

Ситуации, связанные с нарушениями основного оборудования, задержками поставок сырья и т.п., для которых накоплены достаточные статистические данные, характеризует множество состояний работоспособности (МСР) \mathcal{H}_1 . Для рас-

чета вероятностей состояний работоспособности, как стационарных $p(h), h \in \mathcal{H}_1$, так и нестационарных $p(h, t), h \in \mathcal{H}_1, t \in [0, \infty)$, используется широкий спектр отработанных на практике методов [3 – 5]. Все они базируются на декомпозиции корпоративной системы, построении моделей состояний работоспособности составных частей и всей системы, а затем решении систем уравнений или использовании рекуррентных формул. Однако знание ситуаций работоспособности системы и вероятностей этих состояний во многих случаях недостаточно для определения рисков и прогнозирования показателей корпоративных систем в условиях реального функционирования.

Более полно возможные состояния функционирования корпорации при длительной эксплуатации системы отражает множество ситуаций функционирования (**МСФ**) [1, 3, 4]. В МСФ наряду с состояниями работоспособности учитываются производственные ситуации (множество \mathcal{H}_2), т.е. изменения режимов работы, связанные с новыми производственными заданиями, переход на новые виды продукции и т.д. Структура МСФ аналогична МСР, и для определения вероятностей состояний функционирования используются практически те же методы.

Вместе с тем, ни МСР, ни МСФ не позволяют учитывать быстро меняющуюся обстановку внешнего окружения. Это может быть связано, например, с обострением конкурентной борьбы, изменением запросов потребителей, цен на энергоносители, сырье, а также других факторов, для которых нет достаточного статистического материала, и они могут быть описаны лишь на качественном уровне. Для описания такого рода ситуаций используются нечеткие множества (**НМ**) [2]. Математический аппарат анализа НМ существенно отличается от методов МСР и МСФ.

Для комплексного учета всех факторов требуется введение обобщенного множества ситуаций функционирования корпоративной системы, интегрированное учитывающего все возможные ситуации, как самой системы, так и ее окружения при реальной эксплуатации. Вводимое МСФ должно обладать следующими свойствами: комплексно учитывать факторы надежности, внутренней среды и внешнего окружения системы; каждое состояние МСФ должно характеризоваться одним

показателем, имеющим вероятностную природу и удовлетворяющим условию нормировки; состав МСФ и вероятности состояний со временем могут изменяться.

В нечетких множествах нет строгой границы между отдельными состояниями, а также не выполняются условия нормировки при вероятностной трактовке возможных ситуаций.

Учитывая данную структуру МСФ, основным методом его введения является метод иерархий. На верхнем уровне иерархии располагаются состояния $h_i^1 \in \mathcal{H}_1$. На втором уровне каждому состоянию h_i^1 соответствуют подмножества $\mathcal{H}_i^{1,2} \subset \mathcal{H}_{1,2}$, элементы которого имеют вид $h_{i1}^{1,2} = (h_i^1, h_1^2)$, $h_{i2}^{1,2} = (h_i^1, h_2^2)$ и т.д. В этом случае мощность множества $\mathcal{H}_{1,2}$ равна произведению мощностей множеств $\mathcal{H}_1, \mathcal{H}_2$, т.е. $|\mathcal{H}_{1,2}| = |\mathcal{H}_1| \cdot |\mathcal{H}_2|$.

Серьезные трудности при введении множества $\mathcal{H}_{1,2}$ связаны с большой мощностью МСР \mathcal{H}_1 , а также \mathcal{H}_2 . Для преодоления этих трудностей в множестве \mathcal{H}_1 выделяются наиболее вероятные состояния, которые не ведут к критическим последствиям, они образуют подмножество \mathcal{H}_{1p} . Остальные состояния, в т.ч. и критические, объединяются в подмножество $\overline{\mathcal{H}}_1$. Аналогичное выделение подмножеств, в случае необходимости, производится для МСФ $\mathcal{H}_{1,2}$.

В предположении, что изменения в множествах \mathcal{H}_{1p} и \mathcal{H}_2 происходят независимо, методика введения РМСФ заключается в следующем.

1. Производится декомпозиция исследуемой системы на части и вводятся состояния работоспособности частей.

2. Строится МСР \mathcal{H}_1 корпоративной системы. В множестве \mathcal{H}_1 выделяются подмножества \mathcal{H}_{1p} и $\overline{\mathcal{H}}_1$

3. Строится множество \mathcal{H}_2 , отражающее возможные производственные и эксплуатационные ситуации, которые могут иметь место при функционировании системы.

4. Вводится МСФ $\mathcal{H}_{1,2}$ как декартово произведение $(\mathcal{H}_{1p} \cup \overline{\mathcal{H}}_1) \times \mathcal{H}_2$.

В качестве примера для введения РМСФ рассмотрим следующий вариант стратегического партнерства (\mathcal{V}_1). Предположим, что корпоративную систему образуют: технический университет, обладающий инновациями по энергосберегающему управлению (Π_y), предприятие, которое занимается промышленной автоматизацией (Π_a), фирма – разработчик программных продуктов (Π_{pp}) и завод, выпускающий энергоемкое оборудование (Π_3), т.е. $\mathcal{V}_1 = (\Pi_y, \Pi_a, \Pi_{pp}, \Pi_3)$. В простейшем случае партнеры Π_a, Π_{pp}, Π_3 имеют по два состояния работоспособности – «нормальная работа» и «отказ», в этом случае МСР \mathcal{H}_1 корпоративной организации имеет структуру, которая приведена на рис. 1, а. Здесь h_0^1 – состояние успешной работы всех партнеров; h_α^1 – состояние с давшим сбой предприятием промышленной автоматизации, h_π^1 – состояние с нарушившей договор фирмой-разработчиком программного продукта и h_3^1 – прекращение выпуска продукции заводом. \bar{H}_1 – подмножество состояний с нарушениями у двух и более партнеров. Таким образом, имеет место $H_{1p} = \{h_0^1, h_a^1, h_\pi^1, h_3^1\}$ и $\mathcal{H}_1 = H_{1p} \cup \bar{H}_1$. Следует заметить, что при необходимости в подмножество H_{1p} может быть расширено.

При введении МСФ \mathcal{H}_2 должны учитываться возможные воздействия внешних факторов – политических, экономических, климатических: смена политического режима, стихийные бедствия и экономические кризисы. Для этого вводятся дополнительные гипотетические компоненты, которые учитывают политические, экономические и климатические факторы, состояния: кризиса и стабиль-

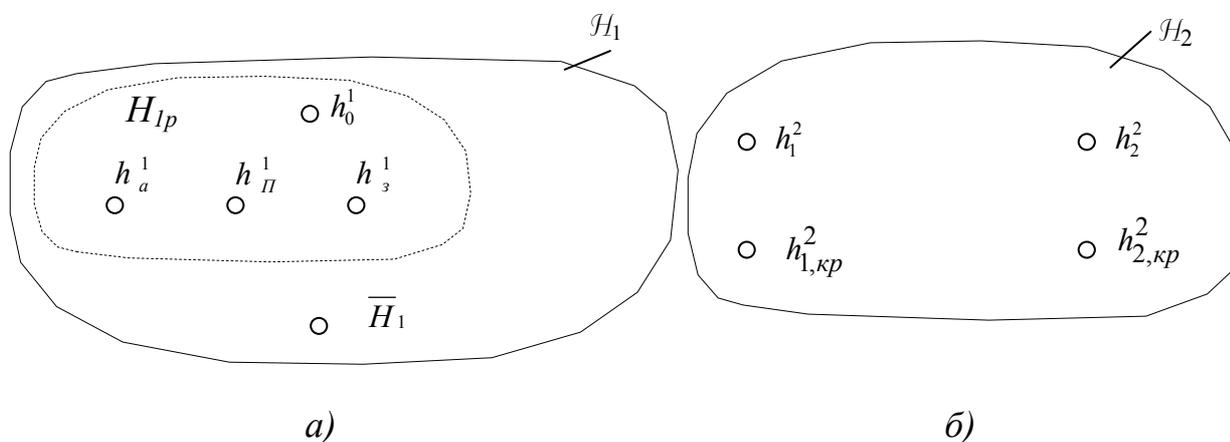


Рис. 1. Структуры множеств. \mathcal{H}_1 (а) и \mathcal{H}_2 (б) для варианта \mathcal{V}_1

ности. В качестве примера рассмотрим множество \mathcal{H}_2 (см. рис. 1, б), в котором $h_i^2, i=1,2$ – состояния, выпуска заводом продукции i -го вида в условиях развивающейся экономики, соответствующие $h_{i,кр}^2, i=1,2$ – состояния в условиях экономического спада (кризиса).

МСФ $\mathcal{H}_{1,2}(\mathcal{V}_1)$ строится на основе декартова произведения множеств \mathcal{H}_1 и \mathcal{H}_2 , т.е.

$$\mathcal{H}_{1,2}^{\mathcal{V}_1} = \mathcal{H}_1 \times \mathcal{H}_2 = \left\{ h_{0,1}^{1,2} = (h_0^1, h_1^2), h_{0,2}^{1,2} = (h_0^1, h_2^2), h_{0,1,кр}^{1,2} = (h_0^1, h_{1,кр}^2), \dots, \dots, h_{\bar{H},2,кр}^{1,2} = \left(\bar{H}_1, h_{2,кр}^2 \right) \right\}.$$

Фрагмент множества $\mathcal{H}_{1,2}(\mathcal{V}_1)$ приведен на рис. 2, а. Множество $\mathcal{H}_{1,2}(\mathcal{V}_1)$ содержит два состояния нормального функционирования: $h_{0,1}^{1,2}$ (выпуск продукции первого вида при отсутствии нарушений и благоприятных экономических условиях) и $h_{0,2}^{1,2}$ (выпуск продукции второго вида при тех же условиях). В состоянии $h_{0,1,кр}^{1,2}$ корпорация функционирует в состоянии экономического кризиса, выпуская изделия первого вида и т.д. Каждому состоянию $h^{1,2} \in \mathcal{H}_{1,2}(\mathcal{V}_1)$ соответствует вероятность $p(h^{1,2})$, причем выполняется условие нормировки, т.е.

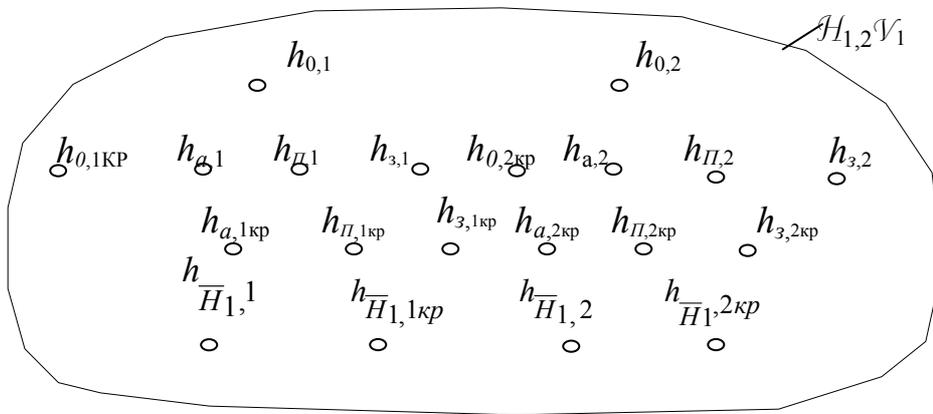
$$\sum_{h^{1,2} \in \mathcal{H}_{1,2}} p(h^{1,2}) = 1.$$

Аналогичным образом строятся РМСФ \mathcal{R}_2 и \mathcal{R}_3 по числу альтернативных вариантов $\mathcal{V}_2 = (П_в, П_пр, П_з)$ и $\mathcal{V}_3 = (П_в, П_а, П_з)$. Эти множества представлены на рис. 2, б, в.

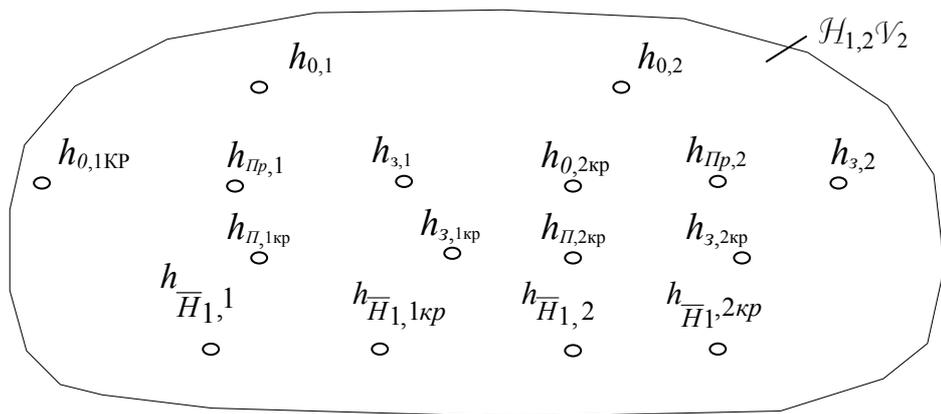
Для выбора целесообразного варианта партнерства в качестве обобщенного показателя используем усредненную эффективность функционирования на МСФ $\mathcal{H}_{1,2}(\mathcal{V}_j)$, т.е.

$$\bar{E}(\mathcal{V}_j) = \sum_{h \in \mathcal{H}_{1,2}(\mathcal{V}_j)} e(h, \mathcal{V}_j) \cdot p(h, \mathcal{V}_j), \quad j=1,2,3, \quad (1)$$

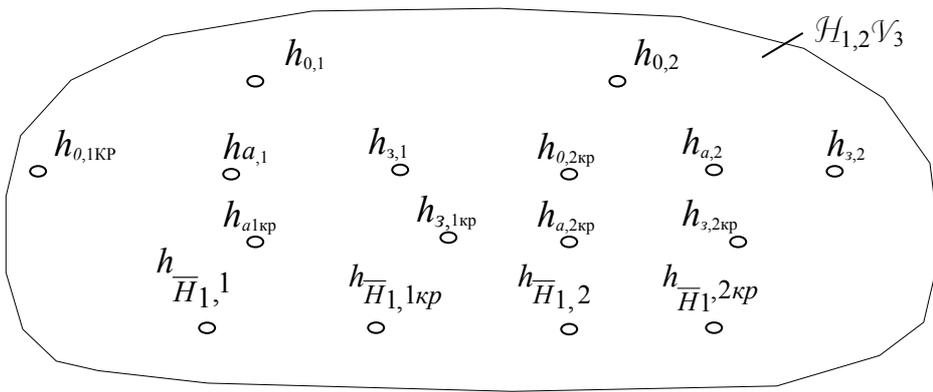
здесь $e(h, \mathcal{V}_j)$ – эффективность работы группы \mathcal{V}_j в состоянии h ; $p(h, \mathcal{V}_j)$ – вероятность состояния функционирования h для группы партнеров \mathcal{V}_j .



a)



б)



в)

Рис. 2. Множество состояний функционирования $\mathcal{H}_{1,2}$ для вариантов:
 а – \mathcal{V}_1 ; б – \mathcal{V}_2 ; в – \mathcal{V}_3

Учитывая определенные трудности определения $e(h, \mathcal{V}_j)$ и $p(h, \mathcal{V}_j)$ для всех состояний функционирования $h \in \mathcal{H}_{1,2}(\mathcal{V}_j)$, $j=1, 2, 3$, разобьем множество $\mathcal{H}_{1,2}$ на незначительное число подмножеств таким образом, чтобы для каждого подмножества эффективность работы группы была примерно одинакова.

В качестве таких подмножеств возьмем следующие: – состояния нормальной работы при выпуске продукции первого и второго видов; $H_{кр} = \{h_{о,1кр}, h_{о,2кр}\}$ – состояния функционирования в условиях экономического спада 1(кризиса); $H_3 = \{h_{3,1}, h_{3,2}\}$ – состояния функционирования при нарушении технологического процесса на заводе, выпускающем энергоемкое оборудование; $H_a = \{h_{a,1}, h_{a,2}\}$ – состояния функционирования при сбоях в производстве средств автоматики; $H_{п} = \{h_{п,1}, h_{п,2}\}$ – состояния функционирования при нарушениях в работе фирмы, разрабатывающей программные средства; $H_2 = \{h_{з,1кр}, h_{з,2кр}, h_{а,1кр} \dots\}$ – подмножество состояний функционирования, характеризующее два негативных события, это подмножество включает состояния третьего ряда состояний множества $\mathcal{H}_{1,2}$ на рис. 2, а – в; $H_3 = \{h_{\overline{H}_1,1}, h_{\overline{H}_1,1кр}, \dots\}$ – подмножество состояний четвертого ряда, в которых эффективность функционирования партнерской группы практически равна нулю.

В этом случае формула (1) для расчета $\overline{E}(\mathcal{V}_j)$ принимает следующий вид

$$\overline{E}(\mathcal{V}_j) = \sum_{K \in \mathcal{K}} e(H_K, \mathcal{V}_j) p(H_K, \mathcal{V}_j), \quad j = 1, 2, 3, \quad (2)$$

где \mathcal{K} – множество индексов у выделенных подмножеств, т.е. $\mathcal{K} = \{0; кр; з; а; п; 2; 3\}$.

Следует отметить, что пребывание в некоторых состояниях может быть связано с убытками. В этих случаях $e(h, \mathcal{V})$ принимают отрицательные значения.

Численные исходные данные для решения задачи в рассматриваемом примере приведены в табл. 1. Эти данные получены по результатам статистических наблюдений и дополнены высказываниями экспертов.

Таблица 1

Исходные данные для сравнения стратегического партнерства

Подмножества H_k		\mathcal{V}_1	\mathcal{V}_2	\mathcal{V}_3
$H_0 = \{h_{0,1}, h_{0,2}\}$	$p(H_0 \mathcal{V}_j)$	0,76	0,81	0,78
	$e(H_0 \mathcal{V}_j)$	1	1	1
$H_{кр} = \{h_{0,1кр}, h_{0,2кр}\}$	$p(H_{кр})$	0,1	0,1	0,1
	$e(H_{кр})$	0,6	0,6	0,6
$H_3 = \{h_{3,1}, h_{3,2}\}$	$p(H_3)$	0,05	0,05	0,06
	$e(H_3)$	0,2	0,2	0,2
$H_a = \{h_{a,1}, h_{a,2}\}$	$p(H_a)$	0,05	–	0,05
	$e(H_a)$	0,7	–	0,7
$H_n = \{h_{\Pi,1}, h_{\Pi,2}\}$	$p(H_{\Pi})$	0,03	0,03	–
	$e(H_{\Pi})$	0,7	0,7	–
$H_2 = \{h_{a,1кр}, h_{\Pi,1кр}, h_{3,1кр}, h_{a,2кр}, h_{\Pi,2кр}, h_{3,2кр}\}$	$p(H_2)$	0,007	0,007	0,007
	$e(H_2)$	0,1	0,1	0,1
$H_3 = \{h_{\overline{H}_1,1}, h_{\overline{H}_1,1кр}, h_{\overline{H}_1,2}, h_{\overline{H}_1,2кр}\}$	$p(H_3)$	0,003	0,003	0,003
	$e(H_3)$	0	0	0

Результаты расчета по формуле (2) показывают $\bar{E}(\mathcal{V}_1)=0,8867$, $\bar{E}(\mathcal{V}_2)=0,9017$, $\bar{E}(\mathcal{V}_3)=0,8777$. Таким образом, при данных табл. 1 предпочтительным является вариант партнерской группы $\mathcal{V}_2 = (\Pi_y, \Pi_{пр}, \Pi_3)$. В определенной степени это объясняется тем, что на рынке промышленных средств автоматизации имеется большое число фирм, готовых в любой момент времени предоставить свою продукцию, поэтому не имеет смысла заключать партнерские соглашения только с одной фирмой.

В качестве вывода, следует отметить, что предложенный алгоритм определения предпочтительного варианта партнерской группы позволяет: во-первых, учесть возможные состояния функционирования, которые могут иметь место в реальных условиях; во-вторых, выработать решение на основе количественной оценки эффективности вариантов при недостающих исходных данных

Список литературы

1. Гнеденко, Б.Ф. Математические методы в теории надежности / Б.Ф. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д.Соловьев. – М. : Наука, 1965. – 275 с.
2. Заде, Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М. : Мир, 1976. – 165 с.
3. Муромцев, Ю.Л. Моделирование и оптимизация систем при изменении состояний функционирования / Ю.Л. Муромцев, Л.Н. Ляпин, О.В. Попова. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1992. – 164 с.
4. Муромцев, Ю.Л. Определение границ эффективности и работоспособности сложных систем / Ю.Л. Муромцев // Автоматика и телемеханика. – 1988. – №4. – С. 164 – 176.
5. Муромцев, Ю.Л. Безаварийность и диагностика нарушений в химических производствах. Методы, модели, алгоритмы / Ю.Л. Муромцев. – М. : Химия, 1990. – 144 с.

ANALYSIS VARIANT STRATEGIC PARTNERSHIP ON SET OF STATES FUNCTIONING

Yu.L. Muromtsev, E.A. Ibrahim

Key words and phrases: strategic partnership; decision-making; set of states functioning; optimum variant partnership.

Abstract: Offered algorithm determination preferable variant of the partner's group on base of the quantitative estimation to efficiency variant when missing initial data's. Considered possible conditions of the operation, which can have a place in real conditions.