

УДК 33:004

## Принятие и реализация решений в экономических системах с устраняемой неопределенностью

*С.В. Ганжа, Н.М. Оскорбин, Д.С. Хвалынский*

Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

## Making and Implementing Decisions in the Economic System with Eliminated Uncertainty

*S.V. Ganzha, N.M. Oskorbin, D.S. Khvalynsky*

Altai State University (Barnaul, Russia)

Рассмотрены проблемы математического моделирования социальных и экономических систем, в которых центр на этапе планирования слабо информирован о значениях вектора параметров природной неопределенности. В отличие от предположений теории активных систем центр не может повысить уровень своей информированности ввиду ненаблюдаемости процессов, которые только будут происходить на стадии реализации решений. Результаты исследования носят теоретический характер, а предложенные модели и методы требуют детализации с учетом особенностей рассматриваемых систем и имеющейся априорной информации.

Разработанная и представленная в статье математическая модель дает возможность проведения исследования, которые дополняют известные в этой области работы в части изучения влияния стратегий исполнительской структуры на эффективность функционирования системы в целом.

При исследовании рассмотрен комплекс задач управления в системах с устраняемой неопределенностью, в том числе задачи планирования, стимулирования исполнителей и процедур анализа решений, выполняемых аналитиком на заключительном этапе цикла принятия и реализации решений.

**Ключевые слова:** социальные и экономические системы, задачи поддержки принятия решений, теоретико-игровые модели экономических систем, асимметрия информированности участников системы.

DOI 10.14258/izvasu(2015)1.1-25

Различные аспекты исследования проблем обоснования оптимальных решений с учетом рисков и неопределенностей рассматривались в работах [1–6]. Общие подходы к разработке математических моделей в данной области традиционно рассматриваются в теории игр [7, 8]. В классических теоретико-игровых моделях неопределенность для каждого игрока вызвана отсутствием информации о выборе стратегий другими игроками, которая воспол-

The article deals with the problems of mathematical modeling of social and economic systems, in which the center at the planning stage is poorly informed about the values of the parameter vector of the natural uncertainty. In contrast to the theory of active systems assumptions, the center cannot raise its level of awareness because of unobservable processes, which will occur at the stage of implementation of the decisions. The results of the conducted research are theoretical, and the proposed models and methods require detailed view of features of these systems and the available a priori information.

The mathematical model developed and presented in the paper makes it possible to carry out studies that complement the well-known works about the impact of executor's strategy on the efficiency of the system as a whole.

In the study, a range of management tasks in systems with eliminated uncertainty is considered, including task planning, executor stimulation and decision analysis performed at the final stage of making and implementing decisions.

**Key words:** social and economic systems, decision support, game-theoretic models of economic systems, asymmetric information of the participants.

няется их оценками. По этой схеме принимаются минимаксные стратегии и ситуации равновесия по Нэшу. Более сложные информационные процессы реализуются при поиске ситуаций равновесия по Штакельбергу и при нахождении парето-оптимальных решений, но и в этих случаях игроками используются процедуры оценивания действий других игроков. Заметим, что для возможности получения указанных оценок предполагается полная инфор-

мированность о множествах стратегий и функциях выигрышей всеми игроками.

В том случае, когда такая информация полностью или частично отсутствует, в экономических системах появляется дополнительная неопределенность, которую, следуя Ю.Б. Гермейеру [1], назовем природной неопределенностью. В данной работе мы исследуем проблемы поддержки принятия решений в экономических системах, связанные с этим типом неопределенности.

Рассмотрим экономическую систему, эффективность функционирования которой оценивается скалярной функцией

$$f(x, w) \rightarrow \max_{x \in X(w) \subset R^n}, \quad w \in W \subset R^m. \quad (1)$$

В математической модели (1) обоснования оптимальных решений  $x \in X(w)$  отражает комплекс решений, которые в совокупности принимают участники системы, а  $w \in W \subset R^m$  – вектор параметров природной неопределенности.

При описании функционирования рассматриваемой экономической системы мы введем следующие обозначения:  $x_0, x_k, x^*$  – соответственно, плановые, фактически реализованные и оптимальные значения вектора  $x$  в процессе принятия и реализации решений. Для целей данной работы достаточно считать, что эти векторы имеют одинаковую размерность, а их значения выбираются последовательно соответственно центром (плановым органом), исполнителем (исполнительной структурой) и аналитиком, которые могут быть асимметрично информированы о действительном значении вектора параметров  $w \in W \subset R^m$  в выражении (1).

Описанная ситуация последовательного принятия и аналитической оценки решений характерна для многих реальных случаев. Наиболее наглядной является система отношений работника и работодателя, в которой работник отвечает за выбор  $x_k$ , выполняя задание работодателя, выраженное вектором  $x_0$ . Если работник выступает «чистым» исполнителем, то его решение совпадает с заданием при условии его выполнимости. В случае творческого, креативного работника решение  $x_k$  может быть близко к  $x^*$  даже в том случае, когда задание не является оптимальным. Заметим, что оценку эффективности функционирования экономической системы (в данном случае отношения в системе «работник–работодатель») способен выполнить аналитик по точной информации, которую можно получить по завершении выполнения задания с использованием протокола функционирования системы и дополнительных процедур обоснования оптимальных решений.

Аналогичные процессы обоснования и реализации решений возникают в экономических системах при планировании и исполнении производственных программ [2, 3], в системах корпоративного управле-

ния (в отношениях собственников компаний и исполнительной дирекции) [9], при управлении проектами, в том числе в сфере охраны и рационального использования природных ресурсов [10], при организации государственных и муниципальных закупок [11] и др.

Модель (1) и ее описание позволяют провести сравнительный анализ методов моделирования социальных и экономических систем. Начиная с 50-х гг. прошлого века для случая одного центра принятия решений (одного ЛПР) проблемы моделирования рассматривались в рамках исследования операций [1]. Характерно, что для моделей исследования операций реализованные решения должны были быть оптимальными, т.е. совпадать с решением, которое нами приписано аналитику.

Два и более ЛПР введены в математические модели в связи с необходимостью преодоления барьера большой размерности вектора  $x$  искомого решения [12, 13]. В этих моделях плановые решения  $x_0$  выполняли координирующие функции, информационные процессы были направлены на получение центром оптимального решения ( $x_0 = x^*$ ), а реализация решений сводилась к «чистому исполнению» [14].

Опыт анализа задач блочного программирования использовался для построения теории многоуровневых иерархических систем [2], в рамках которой предложены общие принципы построения механизмов координации (обоснование  $x_0$ ) и согласованные с ними регламентные процедуры исполнения решений, обеспечивающие оптимальность функционирования всей системы в целом. Идеи работы [2] оказали и будут оказывать существенное влияние на развитие методов математического моделирования процессов управления в сложных системах. Для целей нашей работы следует отметить, что исследование иерархических систем в работе [2] проведено в предположении достаточно высокого уровня информированности ЛПР и отсутствия существенных противоречий в целях центра и исполнителей.

Впервые факт этих противоречий исследован в теории активных систем [3, 4, 8], в рамках которой предложены эффективные механизмы согласования решений  $x_0, x_k$  и механизмы обмена информацией между центром и исполнителями, учитывающие негативный эффект возможного ее искажения (неманипулируемые механизмы [15]). В классической теории активных систем предполагается, что в совокупности центр и исполнители обладают достаточно высоким объемом информационных ресурсов для принятия решений  $x_0, x_k$ , близких к оптимальным. Кроме того, при моделировании предполагается, что распределение ответственности ЛПР по выбору компонент векторов  $x_0, x_k$  является априори заданным и подлежит изменению.

Указанные изменения предполагаются в математических моделях системного компромисса [5], в ко-

торых в процессе структурного синтеза процессов принятия решений реализуются различные варианты распределения компонент векторов  $x_0, x_k$  между центром и исполнителями (координация решений методом делегирования ответственности [2]). Кроме того, анализируются стратегии обмена информацией между ЛПР и сбора дополнительных данных о параметрах природной неопределенности [5, 16].

Рассмотрим еще один класс экономических систем, в которых центр на этапе планирования слабо информирован о значениях вектора параметров  $w \in W \subset R^m$  природной неопределенности. В отличие от предположений теории активных систем центр не может повысить уровень своей информированности ввиду ненаблюдаемости процессов, которые будут происходить на стадии только реализации решений. Предположим, что исполнитель способен устранить эту природную неопределенность. Условием принятия и реализации эффективных решений является кооперация центра с исполнительной структурой по процедурам системного компромисса, при которой исполнитель был бы заинтересован скорректировать план  $x_0, x_k$  до значений, близких или равных оптимальным.

Класс систем, в которых реализуются описанные отношения центра и исполнителей в процессе принятия и реализации решений, назовем **системами с устраняемой неопределенностью**. Исходная идея оптимизации решений для таких систем представлена в работе [17], в которой существенно использует возможность стратифицированного описания потенциала эффективности корректирования решений и затрат исполнителя на выполнение данной функции. Анализ этих условий, обеспечивающих оптимальность искомым решениям, выполнен в работах [9, 18].

Оценим потенциальные возможности корректирования начального решения  $x_0$ , предполагая, что исполнитель информирован о параметре  $W$  (при  $x_0 \in X(w) \neq \emptyset$ ):

$$\Delta(x_0, x^*, w) = \max_{x \in X(w)} f(x, w) - f(x_0, w).$$

Если  $x_0 \notin X(w)$ , то в механизме функционирования следует предусмотреть процедуру проектирования точки  $x_0$  на множество  $X(w)$ , при которой завышенные требования центра не оказывают негативного влияния на оценку активности исполнителя, обеспечивая выполнение условия  $\tilde{\Delta}(x, x^*, w) \geq 0$ .

Эффективным механизмом стимулирования исполнительной структуры является выделение доли  $\sigma \in [0, 1]$  дополнительной прибыли в качестве бонуса. Тогда оптимальное значение  $\sigma^*$  должно обеспечивать максимальные результаты рассматриваемой экономической системы, которая оценивается величиной  $(1 - \sigma^*) \tilde{\Delta}(x_0, x_k, w)$ , где  $x_k$  – решение исполнительной структуры.

В качестве примера рассмотрим задачу оптимизации бонуса исполнительному директору фирмы [19], зависимость среднего дневного объема работ которого от ставки оплаты труда ( $x = \tilde{x}(p)$ ) задана в виде следующего выражения:

$$x = \tilde{x}(p) = \begin{cases} \bar{x} - \frac{\delta}{(v \cdot p)^n}, & \text{если } p > p_{\min} = \left(\frac{\delta}{\bar{x}}\right)^{\frac{1}{n}}, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (2)$$

где  $\delta, n, \bar{x}, v$  – параметры функции (2), которые следует идентифицировать при условии  $\delta > 0; n > 0$ . Здесь  $\bar{x}, v, n$  – соответственно, предельный объем работы, который исполнитель способен выполнить в среднем за рабочий день; оплата единицы работы; валентность работника, показатель, характеризующий его отношение к денежному вознаграждению и показатель эластичности.

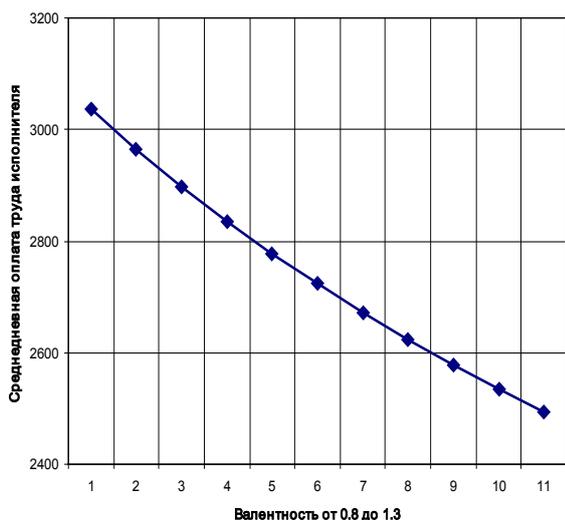
Рассмотрим математическую модель обоснования решения собственников фирмы по стимулированию исполнителя. Обозначим  $\tilde{\Delta}(x)$  зависимость среднедневного дохода фирмы;  $\sigma \in [0, 1]$  – долю этого дохода, направляемого на стимулирование работника. Тогда оплата единицы активности определится выражением  $p = (\sigma \cdot \tilde{\Delta}(x))^{-1} / x$ .

Предположим, что среднедневной доход фирмы описывается функцией Кобба-Дугласа  $\tilde{\Delta}(x) = c \cdot x^\beta$  при постоянном капитале, в которой параметры  $c, \beta$  подлежат идентификации. С учетом выражения (2) задачу выбора оптимального значения  $\sigma^*$  запишем в следующем виде:

$$(1 - \sigma) \cdot \tilde{\Delta}(x) = (1 - \sigma) \cdot c \cdot x^\beta \rightarrow \max_{\sigma \in [0, 1]} \quad (3)$$

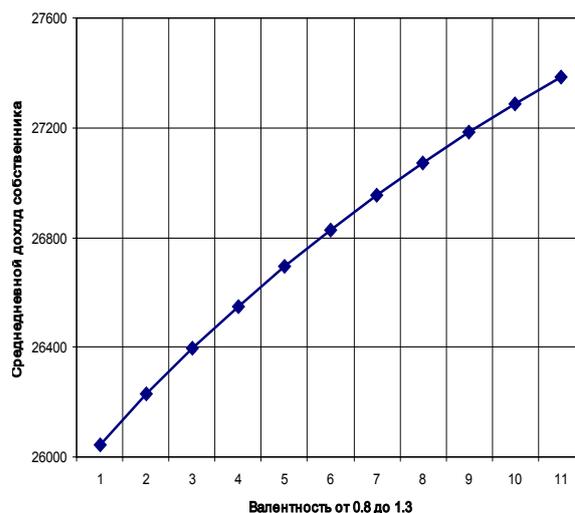
Рассматриваемую экономическую систему характеризуют  $D_u$  – доход центра,  $D_u$  – среднедневная заработная плата исполнителя и суммарный доход фирмы. Рассмотрим численный пример. Пусть параметры исполнителей в (2) приняты в следующих пределах:  $n \in [0.5, 1.5]; v \in [0.8, 1.3]; \bar{x} = 18.57; \delta = 630.25$ . При идентификации параметров исполнителя учитывалась среднерыночная оплата труда, равная 25,0 тыс. руб. Параметры функции (3) в рассматриваемой модели системы принимались близкими к реальным значениям и составили:  $c = 9,8$  тыс. руб.,  $\beta = 0.41$ .

При средних значениях параметров системы  $n=1, v=1$  найдено решение задачи (3):  $D_u = (1 - \sigma^*) \cdot \tilde{\Delta}(x_k) = 27.4$ ;  $D_u = \sigma^* \cdot \tilde{\Delta}(x_k) = 2.5$ ;  $\sigma^* = 8.35\%$ . Графики на рисунках 1–4 характеризуют данную систему для разных исполнителей. Проведенное исследование показывает, что эффективность системы существенно определяется активностью исполнительной структуры, а высокие уровни вариации доходностей бизнеса требуют разработки специальных методик проектирования механизмов корпоративного управления.



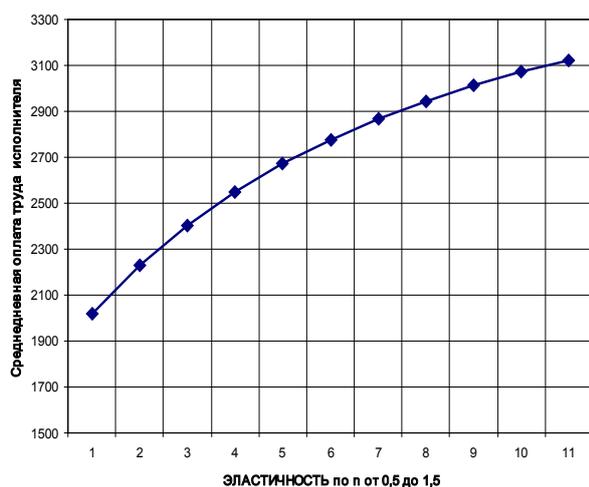
1.jpg

Рис. 1. Зависимость среднемесячной оплаты труда от валентности



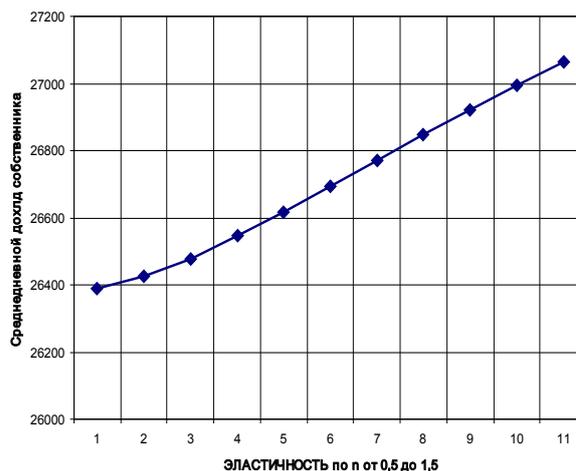
2.jpg

Рис. 2. Зависимость дохода собственника бизнеса от валентности



3.jpg

Рис. 3. Зависимость среднемесячной оплаты труда от  $p$  в формуле (2)



4.jpg

Рис. 4. Зависимость дохода собственника бизнеса от  $p$  в формуле (2)

### Библиографический список

1. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. — М., 1973.
2. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. — М., 1973.
3. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. — М., 1981.
4. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. — М., 1999.
5. Алгазин Г.И. Модели системного компромисса в социально-экономических исследованиях. — Барнаул, 2009.
6. Мамченко О.П., Оскорбин Н.М. Моделирование иерархических систем: учебник для вузов. — Барнаул, 2007.
7. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. — М., 1976.
8. Новиков Д.А., Губко М.В. Теория игр в управлении организационными системами. — М., 2002.
9. Оскорбин Н.М., Боговиз А.В., Жариков А.В. Информационные процессы координации корпоративных решений и их компьютерное моделирование // Вестник Новосибирского государственного университета. — 2010. — Т. 46. — № 1. — С. 104-110.

бирского гос. ун-та. Сер. Информационные технологии. — 2010. — Т. 8, вып. 1.

10. Ганжа С.В., Красноярова Б.А. Механизм земельно-ипотечного кредитования в интересах устойчивого землепользования в Алтайском крае // Мир науки, культуры, образования. — 2014. — №1.

11. Хвалынский Д.С. Эволюция института государственного заказа России как иерархической системы // Проблемы современной науки. — 2013. — Т. 1, №8.

12. Dantzig G.B. and Wolfe P. The Decomposition Algorithm for Linear Programming // *Econometrica*. — 1961. — Vol. 9, №4.

13. Корнаи И., Липтак Т. Планирование на двух уровнях // Применение математики в экономических исследованиях. — М., 1965. — Т. 3.

14. Оскорбин Н.М. О схемах блочного программирования // Экономика и математические методы. — 1981. — Т. XXII, вып. 5.

15. Коргин Н.А. Неманипулируемые механизмы обмена в активных системах. М., 2003.

16. Алгазин Г. И. Централизация и децентрализация в базовых игровых моделях организационных систем // Управление большими системами. — Вып. 36. — М., 2012.

17. Oskorbin N.M. Some Aspect of Optimization of Man-machine Systems // Volume of Abstracts International School-Seminar Optimization Method and Applications, Baikal, 1989.

18. Оскорбин Н.М. Математические модели систем с латентными переменными // Известия Алтайского гос. ун-та. — 2012. — №1/2(73).

19. Оскорбин Н.М., Журавлева В.В. Математические модели и методы исследования систем управления : учебное пособие. — Барнаул, 2012. — Ч. 1.