

## АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕМАНИПУЛИРУЕМЫХ МЕХАНИЗМОВ

**О.В. Лавриченко**

ООО «Протекс-Студио», г. Москва

Рассматриваются отдельные аспекты проблемы сбалансированного распределения ограниченных информационных ресурсов промышленного концерна между предприятиями. Предлагается авторское решение этой задачи на основе неманипулируемых механизмов поддержки принятия решений. Обосновано, что при определенных условиях, в частности, при нетрансферабельной полезности, оптимальные процедуры принятия решений в экономических системах необходимо искать именно в классе неманипулируемых механизмов. Показано, что в настоящее время задача распределения ограниченных ресурсов хорошо исследована как задача индивидуального принятия решений, но практически не исследована с точки зрения проблемы манипулируемости как задача коллективного и смешанного принятия решений, в то время как подобные ее постановки являются крайне актуальными для современной практики в условиях санкционных ограничений российских промышленных концернов со стороны правительства стран ЕС и США.

*Ключевые слова:* инновационные ресурсы, концепция сбалансированного распределения ограниченных ресурсов, теория экономики активного коннекта, неманипулируемые механизмы, трансферабельная полезность.

### Введение

Информационные и когнитивные технологии входят в перечень критических технологий современной России, определенный в указе Президента РФ №899 от 7 июля 2011 года [1], а также являются приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники согласно «Прогнозу научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» [2].

В современных условиях экономического развития российских предприятий, характеризующихся усиливающимися санкционными мерами стран ЕС и США, особую роль приобретают технологии более высокого уровня – уровня самоорганизации, являющиеся эндогенной основой авторской теории экономики активного коннекта.

Термин «теория экономики активного коннекта» впервые был введен автором и до сих пор пока не применялся, однако потребность в нем имеется уже давно, так как это целостная, развивающаяся система знания, исследующая хозяйственную деятельность человека, которая предусматривает широкое применение информационных и когнитивных технологий в процессах производства, распределения и потребления общественных благ [3].

Фундаментальная характеристика авторской теории – антропогенные факторы, прямо или косвенно влияющие на эффективность распределения ограниченных инновационных ресурсов предприятий между объектами инноваций. Негативное влияние антропогенных факторов на процесс управления распределением ограниченных инновационных ресурсов промышленного концерна между его предприятиями автор назвал антропогенными сукцессиями и обосновал, что для их ограничения необходимы постоянный мониторинг и их эконономирование.

Данный аспект проблемы уже рассматривался нами с позиций многомерных структур неоднородной совокупности ограниченных инновационных ресурсов на основе методов случайных выборок, отношения Парето и экстремальных значений интеграла Шоке [4].

В статье предпринята попытка решения задачи сбалансированного распределения ограниченных инновационных ресурсов промышленного концерна между предприятиями, входящими в его состав, на основе неманипулируемых механизмов поддержки принятия решений.

### Теоретический анализ

Анализ теоретических работ и исследований по системам автоматизированного управления промышленными предприятиями показывает, что диспаритетность в распределении ограниченных инновационных ресурсов российских предприятий – это главная проблема в их инновационной активности.

Большинство авторов считают, что при разработке механизмов обеспечения эффективности принимаемых решений необходимо учитывать возможность манипулирования, то есть целенаправленного искажения менеджерами предприятий сообщаемой информации лицам, принимающим решения (ЛПР) на концерне, с целью обеспечения принятия для них более благоприятных решений [5].

Поэтому механизмы поддержки принятия решения ЛПР концерна, которые более устойчивы к недостоверной информации, получаемой от менеджеров предприятий, мы назвали неманипулируемыми.

В ходе этих исследований было доказано, что при определенных условиях, в частности, при нетрансферабельной полезности, оптимальные процедуры принятия решений в экономических системах необходимо искать именно в классе неманипулируемых механизмов [6].

Под полезностью автор понимает формализацию заинтересованности менеджеров предприятий в принимаемых решениях ЛПР концерна и типизацию информации об их предпочтениях относительно результатов этих решений, которые могут быть представлены с помощью функции полезности; а термин «трансферабельная» с английского “transferable” переводится как абсолютная или аддитивная.

И, тем не менее, несмотря на многочисленные исследования до сих пор остается целый ряд открытых вопросов [7]:

Во-первых, для задачи распределения ограниченных ресурсов существуют алгоритмы построения неманипулируемых механизмов, но отсутствует аналитическая форма их записи. Это не позволяет рассматривать ее как коллективное принятие решения, так как значительная часть исследований по неманипулируемым процедурам сосредоточена на случае конечного множества допустимых вариантов решений, что зачастую оказываются неприменимым если множество допустимых результатов планирования не является конечным.

Во-вторых, рассматриваемые неманипулируемые механизмы достаточно сильно различаются друг от друга как по описанию, так и по своим свойствам. Они широко описаны для случаев, когда для каждого предприятия существует своя индивидуальная схема принимаемого решения, а решения, касающиеся других предприятий, входящих в концерн, не влияют на него (индивидуальное планирование), но при этом все эти решения связаны между собой ресурсными ограничениями концерна и влияют на их полезность для всех предприятий без исключения (коллективное планирование). Это же, в свою очередь, затрудняет разработку неманипулируемых механизмов и для «смешанных» задач, в которых менеджеры предприятий могут быть заинтересованы только в части принимаемых решений, однако их декомпозиция до «индивидуальных» компонентов невозможна.

В-третьих, серьезной проблемой для практической реализации неманипулируемых механизмов поддержки принятия решения является их сложность, то есть их неочевидность и непрозрачность. Данная проблема может быть решена путем применения более простых механизмов, эквивалентных эффективным манипулируемым.

Таким образом, наиболее актуальной задачей для современных исследований является разработка общих принципов построения и применения эффективных неманипулируемых механизмов поддержки принятия решений, и в первую очередь – для задач с нетрансферабельной полезностью и с непрерывным множеством допустимых вариантов.

### Результаты

Задача индивидуального принятия решения менеджером промышленного концерна нами представлена как задача многокритериального коллективного планирования с менеджерами предприятий, входящих в структуру концерна, для случая нетрансферабельной полезности. Это позволило синтезировать новый механизм распределения ограниченных инновационных ресурсов, являющийся эффективным по критерию суммарной полезности принятого решения для ме-

недженеров предприятий, а также проведено теоретическое и экспериментальное исследование поведения менеджеров предприятий в данном механизме.

Формально процесс поддержки принятия решения записывается следующим образом: обозначим через  $X$  множество допустимых значений набора планируемых параметров для промышленного концерна,  $\Omega$  – множество возможных значений исходной информации  $\omega$ , передаваемой предприятиями концерну (набор параметров, на основании которых принимается решение).

Пусть для некоторого критерия эффективности  $K$  (например, затраты на производство, объем выпуска и т. д.) процедура планирования  $f: \Omega \rightarrow X$  – оптимальная (далее – целевая процедура). С точки зрения управляемости, целевая процедура должна быть однозначной – в случае, если для какого-либо  $\omega$  существует множество планов  $X^*(\omega) \in X$ , оптимальных по критерию  $K$ , то процедура планирования должна обеспечивать выбор единственного решения  $x^* \in X^*(\omega)$ .

Заинтересованность менеджеров предприятий в определенных решениях о распределении ограниченных инновационных ресурсов концерна между предприятиями формализуется функциями полезности  $u^i: \Omega \times X \rightarrow R^1$ , где  $i \in N$  – индекс предприятия,  $N$  – множество предприятий. Класс возможных функций полезности обозначим  $U^i$ . Набор функций полезности (профиль предпочтений) обозначим  $u$ , а множество его возможных значений –  $U = \times_{i \in N} U^i$ . С точки зрения теории эффективных механизмов особую роль играют процедуры принятия решений, которые являются эффективными по Парето.

Задачу принятия решения будем называть индивидуальной, если  $X = \times_{i \in N} X^i$ , то  $\forall i \in N$   $u^i: \Omega \times X^i \rightarrow R^1$  – то есть набор планируемых параметров может быть разделен на несколько, от каждого из которых зависит целевая функция только соответствующего предприятия.

Задачу планирования будем называть смешанной, если  $\exists \mathfrak{N} \in 2^N \setminus \emptyset: X = \times_{C \in \mathfrak{N}} X^C: \forall C \in \mathfrak{N}, \forall i \in C$   $u^i: \Omega \times X^C \rightarrow R^1$ .

Задачу планирования будем называть коллективной, если функция полезности каждого из подчиненных предприятий зависит от всего плана, т. е.  $\exists \mathfrak{N} \in 2^N \setminus \emptyset: X = \times_{C \in \mathfrak{N}} X^C, \forall C \in \mathfrak{N}, \forall i \in C$   $u^i: \Omega \times X^C \rightarrow R^1$ .

В рамках подобной формализации необходимо определить  $\omega_f: \Omega \times U \rightarrow v$  – преобразование, описывающее искажение передаваемой информации менеджерами предприятий с учетом их активности при заданной  $f$ . Если  $\omega_f \equiv \omega$ , то процедура планирования  $f$  является неманипулируемой, т. е. устойчивой к активности менеджеров предприятий.

Для принятия решения лицом, принимающим решение на концерне, необходимо введение критерия, определяющего, на сколько сильно искажаются результаты распределения ограниченных инновационных ресурсов концерна из-за активности менеджеров предприятий. На практике в качестве данного критерия рассматривается погрешность манипулирования – максимальное рассогласование результатов планирования без и с учетом активности подчиненных по некоторой метрике  $L$ :

$$\Delta_f = \max_{\omega \in \Omega, u \in U} \|f(\omega) - f(\omega_f(\omega, u))\|_L$$

По умолчанию в работе используется метрика  $L_1$ . При выборе окончательного варианта решается задача уменьшения погрешности манипулирования. Для ее формализации обозначим механизм  $\rho = \langle S, \pi \rangle$ , где  $S = \times_{i \in N} S^i$ ,  $S^i$  – множество допустимых действий (не только сообщений) подчиненного предприятия,  $i \in N$ ,  $\pi: S \rightarrow X$  – процедура выбора варианта решения, учитывающая активность подчиненных менеджеров предприятий.

Множества  $S$  и  $\Omega$  могут не иметь между собой ничего общего, но в рамках данной работы существенным является преобразование  $S_\pi: \Omega \times U \rightarrow S$ , определяющее действия подчиненных предприятий в процедуре  $\pi$ . Множество допустимых процедур принятия решений обозначим  $\Pi$ , множество допустимых механизмов –  $P$ . Поиск решения задачи активной поддержки принятия решений будем производить на основе модифицированного критерия:

$$\Delta_f(\rho) = \max_{\omega \in \Omega, u \in U} \|f(\omega) - \pi(S_\pi(\omega, u))\|_L \quad (1)$$

Сформулируем два определения, позволяющих нам решить задачу с применением неманипулируемых механизмов поддержки принятия решений менеджером промышленного концерна по сбалансированному распределению ограниченных инновационных ресурсов между предприятиями при их нетрансферабельной полезности:

## Краткие сообщения

**Определение 1.** Механизм  $\rho_f^* \in P$  является решением поставленной задачи, если он аппроксимирует целевую процедуру  $f(2)$ :

$$\rho_f^* \in \operatorname{Argmin}_{\rho \in P} \Delta_f(\rho). \quad (2)$$

Очевидно, что «идеальным» решением данной задачи является механизм, для которого  $\Delta_f(\rho) \equiv 0$ .

**Определение 2.** Механизм  $\rho_f^* \in P$  полностью реализует целевую процедуру  $f$ , если  $\Delta_f(\rho) \equiv 0$ . При этом соответствующая целевая процедура называется полностью реализуемой.

Для определения достаточности и целесообразности применения некоторых классов механизмов для решения поставленной задачи введем следующие определения:

**Определение 3.** Механизмы  $\rho \equiv \langle S, \pi \rangle$  и  $\tilde{\rho} \equiv \langle \tilde{S}, \tilde{\pi} \rangle$  эквивалентны для заданных  $\Omega$  и  $U$ , если  $\forall \omega \in \Omega, \forall u \in U \pi(S_\pi(\omega, u)) \equiv \tilde{\pi}(\tilde{S}_\pi(\omega, u))$ .

**Определение 4.** Процедура планирования  $f$  обладает нередуцируемой погрешностью манипулирования, если механизм  $\langle \Omega, f \rangle$  является решением задачи.

Обозначим  $f_\rho$  – целевую процедуру принятия решения, которая реализуется некоторым механизмом планирования  $\rho$ . Если обозначить  $F_\rho$  – множество всех целевых процедур планирования, реализуемых классом механизмов  $P$ , то определение (2) решения задачи может быть сформулировано в терминах подобных процедур:

$$\rho: f_\rho \in \operatorname{Arg} \min_{f \in F_\rho} \max_{\omega \in \Omega} \|f(\omega) - \tilde{f}(\omega)\|. \quad (3)$$

Как показало проведенное автором исследование, математическая модель (3) представляет собой задачу проблемно-целевого моделирования, а полученные результаты по управлению распределением ограниченных инновационных ресурсов промышленного концерна между предприятиями являются наиболее сбалансированными и обеспечивают соблюдение принципа Парето – доминирования.

### Выводы

1. Для задачи многокритериального коллективного принятия управляющих решений автором выделена проблема необходимости расширения видов предпочтений, для которых могут быть описаны классы неманипулируемых механизмов сбалансированного распределения ограниченных инновационных ресурсов промышленного концерна между предприятиями.

2. Основное условие, которому должно отвечать описание предпочтений лиц, принимающих решения: в математической модели решения обобщенной задачи распределения ограниченных инновационных ресурсов промышленного концерна между его предприятиями с числом более двух множество допустимых вариантов решений ( $X$ ) определяется ресурсным ограничением ( $R$ ) по следующей формуле:

$$X = \{x = \{x_1, \dots, x_m\} \in R_m^+ \mid \sum_{j=1}^m x_j \leq R\}.$$

### Литература

1. Указ Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации». – <http://www.graf.document.kremlin.ru/page.aspx> (дата обращения 10.11.2014).

2. Долгосрочный прогноз важнейших направлений научно-технического развития на период до 2030 года. – <http://www.innovation.gov.ru/taxonomy/term/1352> (дата обращения 10.11.2014).

3. Лавриченко, О.В. Системный анализ и управление инновационной системой промышленного предприятия: моногр. / О.В. Лавриченко. – М.: Изд-во Московского гуманитарного университета, 2015. – 234 с.

4. Fouchal, H. Preferred solutions computed with alabal setting algorith based on Choque integral for multi-objective shortest paths / H. Fouchal, X. Gandibleux, F. Le Huede // *Simposium on computational intelligence in multicriteria decision-making*. – 2011. – P. 76–78.

5. Galand, L. A branch and bound Choque integral optimization in multicriteria problems / L. Galand, P. Parny, O. Spanjard // *Multiple criteria decision making for sustainable energy and transportation systems*. – 2010. – P. 355–365.

6. Коргин, Н.А. Представление механизма последовательного распределения ресурсов как

неманипулируемого механизма многокритериальной активной экспертизы / Н.А. Коргин // *Управление большими системами: сборник трудов*. – М.: Изд-во Института проблем управления Российской академии наук, 2012. – № 36. – С. 186–208.

7. Коргин, Н.А. *Неманипулируемые механизмы принятия решений в управлении организационными системами: дис. ... д-ра техн. наук* / Н.А. Коргин. – М., 2013. – 289 с.

Лавриченко Олег Вячеславович, канд. экон. наук, генеральный директор, ООО «Протекс-Студио», г. Москва; lavrslava1962@mail.ru

Поступила в редакцию 3 марта 2015 г.

DOI: 10.14529/ctcr150212

## ADAPTIVE SYSTEM OF THE SUPPORT DECISION MAKING BASED ON THE NONMANIPULABILITY MECHANISMS

O.V. Lavrichenko, LLC «Protecs-Studio», Moscow, Russian Federation, lavrslava1962@mail.ru

This article discusses some aspects of the balanced allocation of scarce resources of innovative industrial concern among enterprises. The author's solution to this problem on the basis of nonmanipulable mechanisms to support decision-making decision-makers is suggested. It is proved that optimal decision-making processes in economic systems must be sought in the class of nonmanipulable mechanism under certain conditions particularly under transferable utility. It is shown that the current problem of the distribution of scarce resources is well studied as a problem of individual decision-making, but in practice it has not been studied as a problem of collective manipulability and mixed decision-making, while such formulation of the problem are highly relevant for modern practice under sanctions restrictions of Russian industrial concerns from the governments of the EU and the USA.

*Keywords: innovative resources, the concept of a balanced allocation of scarce resources, theory of economy of the active connect, nonmanipulable mechanisms, transferable utility.*

### References

1. Ukaz Prezidenta RF ot 07.07.2011 g. № 899 «Ob Utverzhdenii Prioritetnykh Napravleniiah Razvitiia Nauki, Tekhnologii i Tekhniki v Rossiiskoi Federatsii i Perechnia Kriticheskikh Tekhnologii Rossiiskoi Federatsii» [Presidential Decree of 07.07.2011, no. 899 “On Approval of the Priority Directions of Science, Technology and Engineering in the Russian Federation and of the List of Critical Technologies of the Russian Federation]. Available at: <http://www.graf.document.kremlin.ru//page.aspx.pdf> (accessed 10 November 2014)

2. *Dolgosrochnyi Prognoz Vazhneishikh Napravlenii Nauchno-Tekhnicheskogo Razvitiia na Period do 2030 Goda* [Long-Term Forecasts of the Major Areas of Scientific and Technological Development for the Period till 2030]. Available at: <http://www.innovation.gov.ru/taxonomy/term/1352.pdf> (accessed 10 November 2014)

3. Lavrichenko O.V. *Sistemnyi Analiz i Upravlenie Innovatsionnoi Sistemoi Promyshlennogo Predpriatiia* [System Analysis and Management of Innovative Systems of Industrial Enterprises]. Moscow, Moscow Humanitarian University Publ., 2015. 234 p.

4. Fouchal H., Gandibleux X., Le Huede F. Preferred Solutions Computed with Alabal Setting Algorithm Based on Choque Integral for Multi-objective Shortest Paths. *Proc. of Simp. on Computational Intelligence in Multicriteria Decision-making*, 2011, pp. 76–78.

5. Galand L., Parny P., Spanjard O. A branch and Bound Choque Integral Optimization in Multicriteria Problems. *Multiple Criteria Decision Making for Sustainable Energy and Transportation Systems*, 2010, pp. 355–365.

## Краткие сообщения

---

6. Korgin N.A. [Representation of the Mechanism Consistent Allocation of Resources as Nonmanipulable of the Mechanism Multicriteria Active Expertise]. *Managing Large Systems: Collection of Papers*, Moscow, Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences Publ., 2012, no. 36, pp. 186–208. (in Russ.)

7. Korgin N.A. *Nemanipuliruemye mekhanizmy priniatiia reshenii v upravlenii organizatsionnymi sistemami: Dokt. Diss.* [Nonmanipulable Mechanisms of Decision-Making in the Management of Organizational Systems. Doct. Diss.]. Moscow, 2013, 289 p.

*Received 3 March 2015*

---

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Лавриченко, О.В. Адаптивная система поддержки принятия решений на основе неманипулируемых механизмов / О.В. Лавриченко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 109–114. DOI: 10.14529/ctcr150212

### REFERENCE TO ARTICLE

Lavrchenko O.V. Adaptive System of the Support Decision Making Based on the Nonmanipulability Mechanisms. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2015, vol. 15, no. 2, pp. 109–114. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr150212