

А.Ф. Тараканов

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ
В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
СО СЛОЖНОЙ СТРУКТУРОЙ
В УСЛОВИЯХ КОНФЛИКТА
И НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ**

Москва
Издательство Нобель Пресс
2014

УДК 519.816
ББК 22
Т19

Тараканов А.Ф.

Т19 Принятие решений в организационных системах со сложной структурой в условиях конфликта и неопределённости: монография. – Москва: Нобель Пресс, 2014. – 240 с.

Излагается теория принятия решений в организационных системах со сложной структурой в условиях конфликта и неопределённости. Приводится обзор современного состояния теории. Изучаются системы: иерархические, коалиционные и коалиционно-иерархические (гибридные). Основное внимание в процессе конструирования математических моделей систем уделяется описанию способов информационного взаимодействия лиц, принимающих решения. При этом учитываются варианты их неблагоприятного (конфликтного) и благожелательного “настроения” друг к другу. Предлагается два подхода к принятию решений: 1) принятие решений с точки зрения выделенного участника системы на основе штрафных функций и получение необходимых условий оптимальности; 2) принятие решений на основе специальных принципов оптимальности, сконструированных с использованием общепринятых принципов Нэша, Парето, Джоффриона, Штакельберга, Слейтера, угроз-контругроз, абсолютного активного равновесия и получение достаточных условий оптимальности. Теоретические результаты иллюстрируются модельными примерами.

Для научных работников, аспирантов и студентов, занимающихся теоретическими и практическими вопросами принятия решений в сложных системах.

ISBN 978-5-518-99268-9

© А.Ф. Тараканов, 2014

Оригинал-макет данного издания является собственностью автора,
и его репродуцирование любым способом без согласия автора запрещается

Посвящается памяти моего отца

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
-----------------	----------

Глава 1

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ШТРАФНЫХ ФУНКЦИЙ	22
--	-----------

1.1 Иерархическая система с однозначной реакцией нижнего уровня	22
1.2 Учёт Центром благожелательности Исполнителя	36
1.3 Учёт Центром благожелательности Исполнителя при централизованной гарантии по неопределённости	48
1.4 Гарантированный подход Центра	54
1.5 Игра двух коалиций	67

Глава 2

ГАРАНТИРУЮЩИЕ РАВНОВЕСИЯ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И КОАЛИЦИОННЫХ ИГРАХ	79
---	-----------

2.1 Равновесие в иерархической системе. Необходимые и достаточные условия оптимальности	79
2.2 Равновесие Нэша-Слейтера в иерархической системе	93
2.3 Равновесие Парето-Слейтера в иерархической системе	108
2.4 Равновесие Штакельберга-Слейтера в иерархической системе	116
2.5 Паретовское равновесие угроз-контругроз в коалиционной игре	128
2.6 Джоффрионовское равновесие угроз-контругроз в коалиционной игре	142
2.7 Абсолютное активное равновесие угроз-контругроз в коалиционной игре	153
2.8 Гибридное равновесие в системе с частично коалиционной структурой	162

Глава 3

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

В ГИБРИДНЫХ СИСТЕМАХ_____173

- 3.1 Иерархическая система с двумя Исполнителями
на нижнем уровне, действующими самостоятельно_____174
- 3.2 Иерархическая система с кооперативным вариантом
объединения двух Исполнителей на нижнем уровне_____185
- 3.3 Гарантирующие равновесия Нэша и Парето
в кооперативно-иерархической системе_____197
- 3.4 Гарантирующее равновесие Нэша
в коалиционно-иерархической системе _____208
- 3.5 Гарантирующее равновесие Парето
в коалиционно-иерархической системе _____219
- 3.6 Гарантирующее равновесие Парето
в коалиционно-иерархической системе
с выбором весовых коэффициентов_____227

ЗАКЛЮЧЕНИЕ_____236

ВВЕДЕНИЕ

1. Человеческая деятельность в экономике, технике, социальной и политической жизни зачастую связана с проблемами построения и функционирования “больших” или, по-другому, “сложных” систем. Важным направлением исследования таких систем является рассмотрение их как многоуровневых систем с иерархической структурой.

Возникновение иерархической структуры обусловлено невозможностью или неэффективностью сосредоточения всех процессов сбора и обработки информации и принятия решений в сложной системе в рамках одного управляющего органа (далее – Центр). Центр “делегировать” часть своих управленческих функций нижнему уровню иерархии. С одной стороны, такая децентрализация процесса принятия решений в иерархической системе в целом упрощает его, но с другой стороны, возникают новые проблемы, связанные с несовпадением интересов (целей) элементов системы, наличием неопределённых факторов и различной информированностью о них управляющих элементов, намеренным искажением информации в системе, сложностью нахождения эффективных механизмов, заменяющих принцип централизованного управления и т.д. .

Иерархическая система относится к типу организационных систем. Под такими системами понимаются те, в которых принятие решений осуществляется людьми, выступающими одновременно и в роли управляющих элементов, и в роли объектов управления. Иерархической системой управления мы будем называть совокупность взаимосвязанных элементов, обладающих определёнными возможностями по обработке и передаче информации и определёнными правами принятия решений в соответствии с заданной структурой, а также собственными целями (интересами), определяющими выбор этих решений.

Многообразие целей объясняется как структурным многообразием системы, так и наличием субъектов, способных принимать решения (лиц, принимающих решения – ЛПР). При этом вероятны конфликты, которые могут возникнуть из-за несовпадения преследуемых ЛПР целей. Кроме того, принятие решений чаще всего происходит в условиях неопределённости. Источниками неопределённости могут служить, например, ошибки в измерениях, неточно известные параметры, возмущающее воздействие внешних сил, помехи и неточности при передаче информации, информационный “голод”, “человеческий фактор”. В качестве “особого” вида неопределённости можно выделить информационную неопределённость, которая связана с полным или частичным отсутствием информации о следующем “ходе” ЛПР. Перечисленные условия функционирования иерархической системы обуславливают необходимость определения в ней понятия оптимальности решения.

Указанные выше вопросы не исследовались в рамках классической теории управления, они потребовали для своего решения развития новой теории. В результате была создана информационная теория иерархических систем, основы которой заложили академик Н.Н. Моисеев и профессор Ю.Б. Гермейер¹². За рубежом первой крупной работой по иерархическим системам была книга M.D. Mesarovich, D. Mucko, Y. Takahara³. Значительный вклад в развитие теории внёс ученик Ю.Б. Гермейера профессор В.А. Горелик^{4 5 6}.

¹ Гермейер Ю.Б., Моисеев Н.Н. О некоторых задачах теории иерархических систем управления / В сб.: Проблемы прикладной математики и механики. – М.: Наука, 1971. С. 30-43.

² Гермейер Ю.Б., Моисеев Н.Н. Введение в теорию иерархических систем управления. Math Operationsforschung und Statist. . 1973. V. 4. No. 2. P. 133-154.

³ Месарович М., Мако Д., Такахага И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973.

⁴ Горелик В.А. Принцип гарантированного результата в неантагонистических играх двух лиц с обменом информацией / В сб.: Исследование операций. – М.: ВЦ АН СССР, 1971. Вып. 2. С. 102-108.

⁵ Горелик В.А. Игры с близкими интересами // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 1971. № 5. С. 1166–1179.

⁶ Горелик В.А. Приближенное нахождение максимина с ограничениями, связывающими переменные // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 1972. № 2. С. 510–517.

В работе⁷ перечислен ряд самостоятельных научных направлений, сформировавшихся в рамках информационной теории иерархических систем, среди которых выделим следующие: моделирование иерархических структур; модели принятия решений в иерархических системах; методы оптимизации иерархических систем. Исследования в указанных направлениях были проведены в книгах^{8, 9, 10, 11, 12, 13} (см. в них также списки литературы) и в статьях^{14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22}. Книга¹³ в части 1 идейно наиболее близка к исследуемым нами задачам. По ней можно предварительно ознакомиться с качественными вопросами моделирования сложных систем.

Со временем стало ясно, что многообразие структур реальных иерархических систем значительно превосходит те представления, которые сложились к концу XX века. Например, был выделен тип коалиционно-иерархических игр²³. Обоснованием актуальности таких игр может служить

⁷ Горелик В.А. Математические задачи теории иерархических систем: дисс. ... д. ф.-м. н. – Москва, 1983.

⁸ Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1975.

⁹ Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. – М.: Наука, 1976.

¹⁰ Современное состояние теории исследования операций / Под. ред. Н.Н. Моисеева. – М.: Наука, 1979.

¹¹ Горелик В.А., Кононенко А.Ф. Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах. – Москва: Радио и связь, 1982.

¹² Кукушкин Н.С., Морозов В.В. Теория неантагонистических игр. – М.: МГУ, 1984.

¹³ Горелик В.А., Горелов М.А., Кононенко А.Ф. Анализ конфликтных ситуаций в системах управления. – Москва: Радио и связь, 1991.

¹⁴ Simaan M., Cruz J.B. (Jr) On the Stackelberg Strategy in Nonzero-Sum Games // J. of Optimization Theory and Applications. 1973. Vol. 11. No. 5. P. 533-555.

¹⁵ Кононенко А.Ф. Теоретико-игровой анализ двухуровневой иерархической системы управления // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 1974. Т. 14. № 5. С. 72-81.

¹⁶ Кононенко А.Ф. Теория игр и иерархические структуры / В кн.: Планирование и управление экономическими целенаправленными системами. – Новосибирск: Наука, 1975. С. 63-71.

¹⁷ Меньшиков И.С. Игра трёх лиц с фиксированной последовательностью ходов // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 1975. Т. 15. № 5. С. 1148-1156.

¹⁸ Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Двухуровневые активные системы. III: Исследование ситуаций равновесия в законах открытого управления // Автоматика и телемеханика. 1977. № 9. С. 83-91.

¹⁹ Cruz J.B. (Jr) Leader-Follower Strategies for Multilevel Systems // IEEE Transactions on Automatic Control. 1978. Vol. AC-23. No. 2. P. 244-255.

²⁰ Кукушкин Н.С. Бескоалиционные игры трёх лиц с фиксированной иерархической структурой // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 1979. Т. 19. № 4. С. 896-911.

²¹ Basar T. Stochastic Multicriteria Decision Problems with Multilevels of Hierarchy // IEEE Transactions on Automatic Control. 1981. Vol. AC-26. No. 2. P. 549-553.

²² Горелик В.А. Максиминые задачи на связанных множествах в банаховых пространствах // Кибернетика. 1983. № 1. С. 64-67.

²³ Говоров А.Н., Тараканов А.Ф. Коалиционно-иерархическая игра в условиях неопределённости // Известия АН. Теория и системы управления. 2008. № 3. С. 75-80.

то, что в современной социальной и экономической жизни возникают и взаимодействуют структуры, в которых имеется координирующий центр (верхний уровень иерархии) и группы – коалиции (нижний уровень иерархии), которые помимо собственных интересов обязаны выполнять и решения центра. Например, к такой структуре близка структура управляющего совокупностью экономических объектов органа, состоящего из председателя и членов (может быть, коллективных).

Изучение непосредственно коалиционных структур происходит уже давно и довольно успешно^{24 25 26 27 28 29 30}. К соответствующим математическим моделям приводят исследования в области экономики (конкуренция групп предприятий), политики (коалиции партий, политические блоки, международные переговоры), экологии (охрана окружающей среды), биологии (взаимодействие сообществ животных). Коалиционные структуры на практике могут взаимодействовать между собой по-разному: конкурируя или сотрудничая. В первом случае для принятия решений используют принцип угроз-контругроз, а во втором – хорошо известные принципы оптимальности Нэша, Парето, Джоффриона и др. .

В рамках тематики данной книги заслуживают внимания и некоторые зарубежные работы, в которых, однако, неопределённый фактор не привлекается^{31 32 33 34 35}.

²⁴ Берж К. Общая теория игр нескольких лиц. – М.: Физматгиз, 1961.

²⁵ Воробьёв Н.Н. Коалиционные игры // Теория вероятностей и её применения. 1967. Т. XII. Вып. 2. С. 289-306.

²⁶ Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970.

²⁷ Кукушкин Н.С., Морозов В.В. Теория неантагонистических игр. – М.: МГУ, 1984.

²⁸ Жуковский В.И., Чикрий А.А. Линейно-квадратичные дифференциальные игры. – Киев: Наукова думка, 1994.

²⁹ Жуковский В.И. Введение в линейно-квадратичные дифференциальные игры при неопределённости. В 2 частях. – М.: МНИИПУ, 1997.

³⁰ Жуковский В.И. Кооперативные игры при неопределённости. – М.: Эдиториал УРСС, 2001.

³¹ Basar T. and Selbuz H. Closed-Loop Stackelberg Strategies with Applications in the Optimal Control of Multilevel Systems // IEEE Transactions on Automatic Control. 1979. Vol. AC-24. No. 2. P. 166-179.

³² Basar T. Equilibrium Strategies in Dynamic Games with Multi-levels of Hierarchy // Automatica. 1981. Vol. 17. No. 5. P. 749-754.

³³ Basar T. and Olsder G.J. Dynamic Noncooperative Game Theory. SIAM Series in Classics in Applied Mathematics. – Philadelphia, 1999.

³⁴ Mallozzi L., Tijs S. and Voorneveld M. Infinite Hierarchical Potential Games // Journal of Optimization Theory and Applications. 2000. Vol. 107. No. 2. P. 287-296.

Проблемы рационального (равновесного, ресурсо- и природосберегающего) управления иерархическими и коалиционными структурами в условиях неопределённости при ограниченных возможностях лиц, принимающих решение, можно решать на основе построения и исследования соответствующих информационных математических моделей. Разнообразие принципов оптимальности, которые могут при этом применяться, позволяет в наибольшей степени учитывать специфику моделируемой структуры.

Примером такой проблемы служит естественная очистка водоёмов после сброса в них сточных или технических вод. Управляющий центр (1-ый игрок) какого-либо предприятия имеет цель избавиться от загрязнённых вод. Применяется два способа: 1) предварительная очистка части вод с наименьшими затратами; 2) сброс некоторого их количества без очистки с надеждой на естественную очистку. Во втором случае природа выступает как игрок нижнего уровня (2-ой игрок) и реагирует на решение 1-го игрока. Задачей 1-го игрока является нахождение такого количества сбрасываемых (в определённые моменты времени – в этом заключается статический момент) без очистки вод, чтобы происходила естественная очистка водоёма к следующему моменту сброса.

Резюмируя сказанное выше, можно утверждать, что направления информационной теории управляемых систем, связанные с исследованием статических иерархических, коалиционных и коалиционно-иерархических игр в условиях неопределённости, являются перспективными как в плане развития собственно теории, так и в плане приложений к практике. В течение ряда лет автором и его коллегами были предприняты усилия по исследованию указанных игр^{36 37 38 39 40 41 42 43}. Эти исследования составили

³⁵ Kolbin V.V. Decision Making and Programming. – Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2003.

³⁶ Тараканов А.Ф. Решение Нэша-Слейтера иерархической игры в условиях неопределённости // Известия АН. Теория и системы управления. 2000. № 4. С. 70-77.

³⁷ Тараканов А.Ф. Дифференциальная игра двух коалиций в условиях неопределённости // Известия АН. Теория и системы управления. 2003. № 3. С.211-219.