

СЕРИЯ “КИБЕРНЕТИКА:

НИЯ”

Основана в 1963 г.

А.В.ЛОТОВ, В.А.БУШЕНКОВ, Г.К.КАМЕНЕВ,
О.Л.ЧЕРНЫХ

« »

1997

ББК 22.18
К 63
УДК 510.6:681.3

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

<i>И.М. Макаров</i> (председатель)	<i>А.Ю. Ишлинский</i> <i>В.А. Кабанов</i>
<i>С.В. Емельянов</i> (зам. председателя)	-
<i>Н.Н. Шереметьевский</i> (зам. председателя)	<i>С.П. Курдюмов</i> <i>Н.Н. Моисеев</i> <i>Д.Е. Охоцимский</i>
<i>С.Н. Гоншорек</i> (ученый секретарь)	<i>В.Д. Пекелис</i> <i>Р.В. Петров</i>
<i>О.М. Белоцерковский</i> <i>Б.В. Бирюков</i>	<i>Д.А. Поспелов</i> <i>Ю.А. Рыжов</i> <i>А.А. Самарский</i> <i>К.В. Фролов</i> <i>А.Е. Шейншлин</i>
<i>Б.В. Бункин</i> <i>Е.П. Велихов</i> <i>Ю.В. Гуляев</i> <i>Н.Н. Евтихийев</i> <i>Ю.И. Журавлев</i>	- <i>В.В. Щенников</i>

И.М. Макаров

$\frac{1402000000 - 162}{042(02) - 97}$ 49 – 97, I полугодие
22.18

ББК

деятельности, начиная от простых компьютерных игр до сложнейших

проектирования. Широкое использование прог
в, предназначенного для представл

характерная черта нынешнего этапа развития цивилизации. В то же
время, во многих важных областях компьютер
используется недостаточно. Одна из них –
стратегий решения сложных проблем. Поскольку искать компромиссные
стратегии приходится постоянно, развитие методов представления

тематикой. дач, все еще стоящих перед

чи. В

разработке стратегий решения экологических и экономических проблем.
Методика достаточно проста для пользователя, и это дает возможность
терных сетях.

находящимся на расстоянии многих тысяч километров. Так, биз
сов. В отличие от
переговоров, ведущихся по обычному телефону, переговоры с

дополнительные возможности, связанные с использованием
компьютеров, например, поиск новых стратегий совместных дейс вий.
Благодаря этому, в процессе переговоров могут генерироваться новые
разумные стратегии. Особенно важ рытые сети, такие как
ТЕРНЕТ, которая предост

информации из источников, находящихся в любых точках Земного шара.

компьютер, в том числе и информация об экон
блемах.

Бытует поверхностное мнение, состоящее в том, что для анализа

вить ее в удобной форме. Это, быть может, и
верно в тех простых случаях, когда последствия реш ний очевидны, а
– невелико (не более пяти-семи).

Если же последствия решений не очевидны, а их число велико, то
варианта. Непонимание этого факта приводит к затратам огромных
мации, которая

ных стратегий.

В 60-

шений, в которых решение выбирается компьютером, а человеку остается лишь реализовать это решение. Поскольку в реальной жизни решение принимается некоторым человеком или группой лиц, которые несут ответственность за его последствия, такие методы не нашли широкого применения. В настоящее время наиболее распространены компьютерные системы, которые лишь информируют об изучаемой ситуации. В тех же компьютерных системах по принятию решений (СППР), в которых возможные варианты решения сравниваются между собой, обычно ограничиваются небольшим числом. При этом привлекают экспертов или разрабатывают математические модели; в последнем случае получают информацию и проводятся вычисления, позволяющие найти последствия – тогда вариантных расчетов, отвечающий на вопрос “что будет, если...”. Результаты таких расчетов грамм.

анализа отдельных стратегий (как и другую информацию) все чаще представляются с использованием современных компьютерных средств. Большую известность получили средства мультимедиа, в которых человек выбирает различные сочетания текста, рисунков, слайдов, фильмов, музыки и голосовых комментариев, представляющие информацию наиболее удобным образом. Более того, появились методы компьютерного погружения человека в мир, каким он станет, если некоторое решение будет реализовано (так называемая виртуальная реальность). Конечно, такое компьютерное представление

чиво, нежели вывод цифр.

формационные системы (ГИС). Эти системы предназначены для визуализации тех стратегий, которые могут быть представлены на географической карте. Кроме того, в рамках ГИС хранится некоторая “базовая” информация, всесторонне характеризующая регион, используемая изучаемой стратегией. Благодаря этому, анализировать, с помощью

географических карт различного типа и масштаба, демонстрируются по запросу человека.

Подчеркнем еще раз, что все указанные возможности современные

сравнение небольшого числа вариантов решения. Встает вопрос о том, что же делать, если число возможных решений велико (сотни, тысячи или миллионы). Если заранее ограничиться анализом небольшого числа интуитивно или случайно выбранных решений, то возникнет подозрение,

что наиболее интересные стратегии остались не рассмотренными. Если же начать увеличивать число вариантов, рассматриваемых один за другим, то вскоре лица, участвующие в принятии решения или переговорах, перестанут воспринимать чре информации. Очевидно, что нужны специальные методы, которые

выделить малое число стратегий, предназначенного для детального анализа. Один из таких методов описан в книге: он позволяет проанализировать ситуацию, характеризующуюся большим числом возможных стратегий, и найти разумные варианты.

При обсуждении вопроса о том, как компьютерные методы могут помочь людям в выборе стратегий решения сложных проблем, в книге используется следующая психологическая концепция: считается, что целенаправленная человеческая деятельность (в том числе принятие решения и ведение переговоров) регулируется мысленным образом реальности, базирующимся на жизненном опыте человека, в том числе и на полученных им знаниях. Такой образ реальности дает человеку

ориентироваться при оценке последствий тех или иных действий. Поскольку этот образ бывает неполным, неточным, а иногда и ошибочным, возникает потребность в совершенствовании, которая может быть решена с помощью определенных средств.

использование дополнительной информации, в частности, при математическом моделировании. Для этого, однако, проблема представления результатов в форме, понятной для человека, участвующего в выборе решения. Если этот человек не является

математиком (а обычно это именно так), представление моделирования следует в простом, наглядном виде. Тогда модельная информация имеет шанс быть осознанной человеком, стать частью имеющегося у него целостного мысленного образа реальности.

объективной информации о разумных компромиссах. В чем же состоит проблема?

Пусть уже сформулирована математическая модель ситуации, решений. Будем считать, что человек, анализирующий возможные решения, или лица, участвующие в переговорах, доверяют модели в достаточной степени для того, чтобы принимать во внимание результаты модельного исследования. В математических моделях и интересах людей, связанных с выбором решения, представляются различные варианты решения. Поэтому

значений этих показателей. Как уже говорилось, при большом числе ход, в котором рассчитываютсяые сочетания значений показателей, уже не пригоден. В таком случае часто применяется подход: человек задает цель – какое сочетание значений показателей, а далее компьютер находит такое решение, которое приводит к результатам, наиболее близким (в каком-то смысле) к заданной цели.

Недостатком целевого подхода является то, что цель задается “вслепую”, без знания реальных возможностей. Поэтому достиг значения показателей, даже наиболее близкие к заданной цели, зачастую являются далекими от нее. Метод достижимых целей (МДЦ), описываемый в данной книге, направлен на преодоление недостатка целевого подхода. В рамках МДЦ совокупности целей (т.е. достижимых сочетаний значений показателей) представляется лицам, участвующим в принятии решения или в переговорах, в наглядном графическом виде. Среди достиг

ну или компромиссную цель. Далее компьютер находит решение, приводящее к выбранной компромиссной цели. Это

ных средств, включая мультимедиа, ГИС и виртуальную реальность. Таким образом, МДЦ позволяет решить задачу выбора решения из исходной совокупности. Принципиально важно, что МДЦ может быть реализован в сети с использованием обычных WWW-браузеров.

Информация о том, какие цели достижимы, содержится в скрытой форме в соотношениях математической модели и в исходных данных. В наглядном виде. Ясно, что сведения о том, какие цели реализуемы, а какие – нет, крайне полезны¹, но ранее эти сведения не использовались, поскольку отсутствовали методы анализа моделей, направленные на их получение. МДЦ можно тра

реальности, имеющихся у людей, участвующих в дискуссиях. При этом, с одной стороны, лицам, использующим этот метод, не задаются сложные вопросы об их предпочтениях, а с другой – личностных позиций, занимаемых людьми в дискуссии, осуществить визуальный анализ разумных компромиссов и только потом, на основе понимания объективных взаимосвязей между интересами, искать решение, отвечающее наиболее разумному их сочетанию.

¹ См., например, работы академиков РАН Н.Н.Моисеева [42, с.37] и Г.С.Попелова [50, с.61].

В МДЦ можно выделить четыре основных шага: 1) построение совокупности достижимых целей; 2) визуальный анализ этой совокупности; 3) выбор компромиссной (или наиболее предпочтительной в случае одного человека) достижимой цели; 4) расчет решения, бранной достижимой цели.

Второй шаг, т.е. визуальный анализ множества достижимых целей, является центральным при практическом использовании МДЦ. Этому шагу, понятному любому грамотному человеку, уделяется основное внимание в книге. Благодаря этому книга доступна читателю, не

Книга состоит из введения, пяти глав и заключения. В первой главе

примерах, а также в рамках модельной проблемы развития региона при наличии несовпадающих интересов. Эта глава предназначена для того, чтобы дать читателю наглядное представление о методике, используемой в книге. В главах 2 и 3 оп

экологических и экономических проблемах. В четвертой обобщается опыт, описанный в предыдущих главах: рассматриваются методические проблемы визуализации разумных компромиссов, в том числе вопросы использования МДЦ в сети ИНТЕРНЕТ. В главе 5 в

целей, т.е. рассматриваются вопросы, связанные с реализацией первого шага МДЦ. Авторы сочли необходимым включить в книгу эту главу,

практике. Эта глава поможет специалистам по прикладной математике рассмотреть ограничения на применение МДЦ в своих задачах.

Итак, книга (за исключением последней главы) доступна широкому кругу читателей, интересующихся современными компьютерными методами. Она может быть полезной студентам гуманитарных специальностей, изучающим курсы по экономике и социальному планированию. Книга будет полезна при изучении проблем охраны окружающей среды. В то же время, книгу могут использовать студенты –

сложных систем и конфликтных ситуаций, а также в учебных курсах,

мах.

² Отметим, что МДЦ является частным случаем метода множеств достижимости – содержащейся в математических моделях и экспертных оценках. Идеи МДЦ были впервые сформулированы в работах [30, 32].

Авторы признательны академику Н.Н.Моисееву, еще в начале 80- годов предложившему написать книгу, посвященную методу достижимых целей, и постоянно поддерживавшему эту идею. Мы приносим нашу
-корреспонденту РАН А.А.Петрову,

книгой. Авторы глубоко признательны член-
О.И.Ларичеву, председателю Совета по мног
решений при Президиуме РАН, за важную моральную поддержку,
оказанную в процессе работы над методом. Авторы благодарят
замечания.

Первым специалистом, использовавшим на практике метод,
санный в данной книге, был безвременно скончавшийся заведующий
отделом ЦЭМИ РАН, доктор экономических наук И.С.Матлин. Авторы
хотели бы отметить его влияние на формирование нашей методики.

Как увидит читатель, значительная часть прикладных задач,
рассмотренных в книге, связана с деятельностью Российско-
(ранее Советско-финской) технической рабочей группы по исслед
операций. Авторы хотели бы подчеркнуть роль выдающегося русского
ученого, академика А.А.Дородницына (1910-1994), орган
группы, а также ее многолетних координаторов А.Г.Шмидта из ВЦ РАН
и О.Хеллмана из Университета г.Турку, Финляндия. Профессора О.Хелл-

специалиста, включившего излож
го курса лекций.

университета Дж.Кохону, который первым оценил роль МДЦ как
многокритериального метода, и активному пропаганди
Э.Либерману, автору книги "Много
СССР" (издательство Академик Пресс, Нью-Йорк, 1991). Авторы
благодарны профессору П.Лауксу из Университета Корнелл (США) за
распространение метода среди студентов и инженеров, специалистов по
ительству. Значительную помощь в пропаганде

решений при нескольких критериях, особенно бывшие президенты этого
общества профессор С.Зайонц и профессор Р.Штойер (США), как и
дент, профессор П.Корхонен (Финляндия), а также
профессоры Х. и Ю. Валлениус из Хельсинкской экономической школы.

Считаем своим приятным долгом поблагодарить С.Н.Гон река,
приложившего много сил и энергии для издания книги.

й (см. § 1.3) используется
проблема, основанная на реальном исследовании, проводившемся в
начале 80-
анализа (г.Лаксембург, Австрия). Авторы хотели бы выразить глубокую

благодарность профессорам А.Вержбицкому и Я.Киндлеру (Польша), а также заведующему отделом ВЦ РАН Ф.И.Ерешко, организаторам и активным участникам этого исследования.

лабораторная работа КОМПРОМИСС для студентов ВУЗов,

ких стратегий. С начала 90-

-техническом институте. В

матики и кибернетики МГУ им. М.Ломоносова, а . Желающие могут получить эту работу по сети ИНТЕРНЕТ, обратившись на WWW-сервер:

<http://www.ccas.ru/mmes/mmeda/software/>

средств массовой информации, осуществив по сети ИНТЕР

стратегию ее решения. Для этого можно обратиться на WWW-сервер:

<http://www.ccas.ru/mmes/mmeda/resource/>

Макет реализован сотрудником ВЦ РАН А.В.Черновым, которому авторы

– непростая задача. Действительно, в процессе поиска

последствия этих стратегий. Задача становится на по сложной, если выбираемая стратегия должна быть со решением различных лиц.

являются переговоры. При изучении противоречивых интересов и тересами.

противоположны, следовательно всякая неудача противника со -
ветствует интересам конфликтующей стороны, и наоборот. Поэтому в
– временная передышка в конфронтации.

непротивоположными интересами. Здесь поиск ком³.

логических и экономических проблем, которые обсужд
в данной книге, наличие непротивоположных интересов явл
характерным. Рассмотрим простейший экономический пример –
некоторого товара (скажем, овощей) на розничном рынке. Прежде чем
деньги будут отданы, требуется договориться о цене. Только на первый

о цене продукта. На самом деле, продавец заинтересован не в увеличении
цены, а в увеличении своего дохода. Точно так же покупа
заинтересован не столько в цене, сколько в обеспечении своей семьи.

увеличить (или уменьшить) цену станет ясно после обсуждения различия
альных переговоров.

В 60- -70-

области теории игр и переговоров, профессор Гарвардского университета
(США) Ховард Райфа выработал комплекс ре
переговоров. Эти рекомендации явились результатом не только
этического анализа, но и его личного опыта участия в
международных переговорах. На их основе была разработана ко

димости вести переговоры о компромиссе интересов, а не о
миссе позиций, и искать такие решения, которые приводят к
но приемлемым комбинациям интересов. Так, в рассмотренном
– предлагаемая цена. Продавец имеет свою
цию, покупатель – свою. Позиционные переговоры –
тельство о цене. Принципиальные переговоры –
от интересов, которые мы описали выше. Если отпавляться от этих
интересов, то компромисс может быть, например, таким: покупатель

³

развил в 60 - 70-х годах Ю.Б.Гермейер [11].

⁴

Р.Фишера и У.Юри [55].

покупает продукт по предложенной им цене, но, скажем, не один килограмм, а пять. Такой вариант может быть приемлемым для обеих сторон, так как соответствует их интересам.

Как видим, в данном случае компромиссный вариант может быть найден достаточно легко. В более сложных проблемах результат зависит от содержательной области, к которой принадлежит рассматриваемая ситуация. Переговоры встречаются повсеместно, а переговоры, пригодную для всех случаев жизни, не представляется возможным. В дальнейшем мы ограничимся важным классом проблем —

пример задач, решение которых связано с большими затратами, а самими примерами социальных групп, а иногда и на судьбу человечества в целом.

экономического решения связано с анализом огромного числа факторов, связей и интересов. Это делает неизбежным использование средств анализа сложных проблем, основанных на переговорах. При

потерями, которые могут возникнуть из-за них.

Подчеркнем принципиальную особенность ситуации, связанной с переговорами относительно экономических или экологических проблем: для этих проблем (по крайней мере, в принципе) можно построить объективные математические модели, связывающие условия и их результаты. Этого нет, скажем, при переговорах о проблемах. Наличие объективной модели означает, что логический анализ проблемы можно базировать на объективной основе. Таким образом, при реализации принципиальных

первичных данных, но и как средство глубокого анализа сути проблемы. Конечно, построение модели, описывающей последствия возможных действий — простая задача. Более того, различные варианты действий отражают различные интересы, так что само построение объективной модели может вызвать конфликт. Тем не менее, объективный научный базис в данном случае существует.

рассмотрения. В отличие от физики (и особенно механики), в которых
успешного опыта, математиче -
номических процессов описывают реальность грубо, а зачастую дают и
качественно неверные предсказания. Это связано как с огромной
сложностью природных процессов, описыв
моделях, так и с недостаточной изученностью социальных процессов,
ских явлениях. Поэтому
-то безусловному,
столь естественное в механике, недопу

вопросам.

Решение этой проблемы может быть найдено, если использовать
математическое моделирование для генерирования идей, которые
воспринимаются не как истина в последней инстанции, а как пре
дальнейшего обсуждения и неформального анализа. В частности, именно
так следует относиться к стратегиям, получаемым с п
математического моделирования. При этом недо

получаемых результатов. В жно то, что модели позволяют найти нестан
дартные стратегии, к
незамеченными. Кроме того, математические модели часто позволяют

законов сохранения, заимствованных из физики. В дальнейшем будем
предполагать, что уже разработаны математические модели,

смысле, указанном в ше. То
позволить лицам, участвующим в переговорах, или просто
нять ситуацию, выработать и

возможном решении.

Отметим другую важную особенность компьютерных систем,

тех организаций и групп, на которые оказывает влияние выбор реш ния.
Так, при разработке проекта улучшения экологической обст

представителей местных органов власти, финансовых организ ций,
предприятий, органов экологического надзора, федеральных органов,
политических партий и движений, а также широких слоев
общественности. Это требует разработки методов, направленных на

последствиях возможных решений, а также о тех решениях, которые являются рациональными с различных точек зрения. К этим методам, т.е. к методам в форме,

лей.

Наконец, последнее и главное – проблемы являются ситуациями с противоположными интересами. Это означает, разумно использовать идеи, лежащие в основе концепции принципиальных переговоров. Рассмотрим их более подробно. Главными являются следующие:

- 1) объективные общепризнанные интересы, которые должны учитываться при поиске компромисса, должны быть отделены от интересов лиц, участвующих в переговорах;
- 2) необходимо требовать, чтобы переговоры концентрировались на общепризнанных интересах, а не на позициях, выдвигаемых участниками переговоров;
- 3) необходимо учитывать совокупность вариантов решения, их относительные достоинства и недостатки, с целью поиска таких вариантов, которые могут удовлетворить интересы.

В переговорах по экологическим и экономическим проблемам, основанным на использовании математических моделей, вопрос о

тематической модели, в которой все призн

зателей. Они и будут учитываться в переговорах в качестве основы для решения.

Требование концентрироваться на интересах, а не на позициях, выдвигаемых участниками переговоров (второй пункт концепции принципиальных переговоров), можно было бы относительно легко выполнить, если число вариантов решения было мало. Действительно,

и, таким образом, превратить переговоры из дискуссии о позициях на интересах. Такой подход, однако, обычно не пригоден при обсуждении экологических и экономических проблем, в которых число возможных вариантов решения крайне велико или даже бесконечно. Если ограничиться вариантами, предложенными на основе прошлого опыта или случайно, то можно заранее обречь себя на неудачу, так как наиболее

разумные варианты останутся вне рассмотрения. Часто предлагается
ь все варианты, предлагаемые участниками переговоров.
Но ведь заранее известно, что этот набор вариантов может не содержать
миссы! Более того, участники переговоров могут

рения. Поэтому в методике принципиальных переговоров

достоинства и недостатки с целью поиска таких вариантов, которые могут
заться компромиссными.

проблемам использовать невозможно. В данной книге вместо этого
предлагается применить метод достижимых целей (МДЦ). В МДЦ с
помощью математической модели, дополненной, может быть,
экспертными оценками, рассчитывается совокупность дост
целей, т.е. достижимых сочетаний значений критериев выб ра решения.

выбора компромисса. При этом все (!) возможные решения представлены
в множестве достижимых целей, т.е. третий пункт методики
принципиальных переговоров выполнен. Подчер нем, что позиции
(решения) как бы скрыты от участников перегов –
некоторую достижимую цель, можно получить соответствующее
решение, которое приводит к осуществлению вы ранней цели. Таким
образом, второй пункт концепции принцип
реализуется.

Заметим, что среди всех достижимых целей можно выделить
вокупность так называемых неувлучшаемых целей, т.е. таких, что
невозможно улучшить значение одного из критериев, не ухудшив
значение другого. Совокупность неувлучшаемых целей, называемая
недоминируемым, или эффективным множеством (а также множес

-Парето), геометрически представляется частью гр
множества достижимых целей. Она наглядно характеризует совокупность
компромиссов, разумных с точки зрения рассматрив

только между двумя критериями (что используется довольно давно,
например, в методе “затраты-результат”), но и м жду тремя, четырьмя и
льшим числом критериев. Разумные ком
дисплее в диалоговом режиме в виде набора кривых, т.е. в форме,
доступной любому заинтересованному человеку. Важно, что при этом
представляется полная совокупность вариантов решения, их

аемых интересов. Более того, так как л

мых компромиссов,

за тем, разумны ли с точки зрения общественных интересов цели, рах.

Как видно, использование МДЦ оказывается связанным с экономическим и экологическим проблемам. Как стало ясно в последнее время, МДЦ позволяет решить одну из важнейш

ческой проблемы. Право – одно из основных гражданских прав, твом. Чтобы понять специфику

сложных проблем, достаточно заметить принципиальное отличие этой тенденций.

Действительно, вместо большого или бе стратегии, пригодной для решения той или иной экологической или экономической проблемы, рядовой гражданин вынужден ограничиться, в лучшем случае, несколькими вариантами, разработанными группами экспертов (скажем, правительственными, оппозиционными и нейтральными). Отбор варианта, совершаемый экспертами, конечно же, отражает их убеждения и стремления. Человек, рассматривающий отобранные варианты, может иметь убеждения, не совпадающие с

ограничиться рассмотрением предлагаемых ему стратегий, которые были выбраны помимо него. Возможно, что существуют стратегии, отвечающие его взглядам, но они остаются скрыты от него. Можно ли считать, что в такой ситуации реализуе

рмацию? Ясно, что нельзя. Принимая во внимание то, что варианты, отобранные экспертами, могут быть весьма дств, зависимость рядового человека от ния оказывается безраздельной.

транения информации. Действительно, газеты и телевидение могут описать лишь несколько стратегий. Глобальные компьютерные

ющей информации. По оценке экспертов, к началу 1996 г. число пользователей сетей ИНТЕРНЕТ во всем мире достигло 30 миллионов, а к середине первого десятилетия XXI века практически все компьютеры будут подключены к этой глобальной сети. Учитывая то, что уже

для присоединения к сети ИНТЕРНЕТ, можно с уверенностью утверждать, что вскоре подключение к этой сети ст
обыденной вещью, как подключение к кабельному т левидению.

обеспечением, позволяющим пользоваться сетями любому грамотному человеку. тронной почте куда проще,

–
адресует и отправляет его. Точно так же, использование системы World Wide Web (WWW) по воляет легко ознакомиться с информацией, пьютере в любой точке земного шара. Наконец,

на информацией по любой тематике. Важно, что все

ра.

проблем, то есть сделать возможным выбор стратегии решения той или иной проблемы рядовым пользователем сети ИНТЕРНЕТ, нео разработать программное обеспечение, позволяющее сд
выбор легко и наглядно. Программное обеспечение, ре
(в частности, диалоговые карты решений), и являе ся таким средством.

вернемся в конце книги, после рассмо
опыта его применения.