

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР В ЗАДАЧАХ МНОГОУРОВНЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ*

© 2017 г. Н.Е. Егорова¹

Аннотация. В работе проведен сопоставительный экономико-математический анализ различных алгоритмов решения определенного класса задач согласования экономических интересов субъектов, находящихся на различных уровнях иерархической системы управления и имеющих различные критерии оценки своей деятельности. Задачи согласования представлены моделями многокритериальной оптимизации с наличием идеальной точки (модели А. Вержбицкого), решение которых может осуществляться как формальными методами, так и алгоритмами, включающими эвристические процедуры. Методологической основой работы служит концепция Парето-оптимальности, определяющая согласованное решение как компромисс экономических интересов участников и методики О. Ларичева, применяемой для анализа корректности эвристических процедур в многокритериальных задачах оптимизации. Предложена серия итеративных формально-эвристических алгоритмов поиска согласованного (компромиссного) решения, являющихся модификациями их известных аналогов (Вержбицкого и Зелени) и реализующих возможные схемы сближения идеальной точки с границей области оптимальности по Парето. Произведена оценка корректности используемых в данных алгоритмах эвристических процедур и показаны преимущества разработанного формально-эвристического инструментария (в том числе — скорость сходимости к компромиссному решению и учет при решении задачи неформализуемых критериев экономических субъектов) в сравнении с имеющимися методами предназначенного для согласования экономических интересов в многоуровневых системах управления. Сделан вывод о целесообразности разработки и применения предложенного инструментария в условиях возрастания роли неформальных факторов в управлении современными экономическими процессами и необходимостью встраивания их в систему поддержки принятия решений.

Ключевые слова: экономико-математический инструментарий, эвристические процедуры, многоуровневые системы управления, лицо, принимающее решение (ЛПР), человеко-машинные процедуры, согласование управленческих решений.

Классификация JEL: C02, C52, C65.

1. ВВЕДЕНИЕ

К числу важных тенденций современного направления экономико-математических исследований относится возрастание роли эвристических процедур и встраивания их в системы поддержки принятия решений (Антамошкин, 2009, с. 69; Энгель, 2012, с. 106; Трофимова, Трофимов, 2012, с. 49–50). И эта роль становится более значимой по мере осознания исследователями ограниченности и неполноты формальных моделей. Поэтому все чаще разработка экономико-математического инструментария базируется на идее сочетания формальных и неформальных подходов, учета при моделировании экспертных оценок и привлечения лица, принимающего решение (ЛПР), к решению широкого комплекса задач.

Однако несмотря на значимость данной проблемы, теоретико-методологические основы применения эвристических процедур (целесообразность и обоснованность их включения в экономико-математические модели, а также вопросы их корректности и эффективности) разработаны относительно слабо.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-06-00012) «Теоретико-методологические основы, модели и методы согласования интересов в многоуровневых системах управления» и Российского гуманитарного научного фонда (проект 15-02-00326) «Государственно-частное партнерство: организационно-экономические механизмы и методы согласования экономических интересов».

¹Наталья Евгеньевна Егорова — д.э.н., профессор, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки ЦЭМИ РАН, Москва; nyegorova@mail.ru.

Данная статья в определенной степени восполняет имеющийся пробел. В ней исследуются эвристические процедуры и их комбинация с формальными методами на примере задач межуровневого управления. Специфика данных задач состоит в том, что процессы принятия в них управленческих решений определяются экономическими интересами каждого из уровней. Таким образом, задача межуровневого управления может быть рассмотрена как задача согласования экономических интересов различных иерархических уровней народнохозяйственной системы. Поскольку экономические интересы относятся к понятиям трудноформализуемым (обычно считается, что в задачах согласования они заданы в неявной форме и имплицитно присущи объекту и субъекту управления), для их адекватного отражения необходимо привлечение эвристических процедур, реализуемых через действия ЛПР. Таким образом, используемый далее экономико-математический инструментальный содержит как формальные методы, так и эвристические процедуры.

Далее приняты следующие гипотезы для формальной постановки задачи согласования экономических интересов различных уровней.

1. Национальное хозяйство любой страны представляет сложную многоуровневую систему (Аганбегян, Багриновский, Гранберг, 1972, с. 43; Багриновский, 1977, с. 19–21; Макаров, Бахтизин, Сулакин, 2007, с. 59). В зависимости от постановки задачи число рассматриваемых уровней может быть различно. Как правило, выделяют три иерархических уровня управления: макро (национальное хозяйство), мезо (отрасль, регион) и микро (предприятия и другие субъекты этого звена управления), каждому из которых присущи собственные социально-экономические интересы.

2. На каждом из уровней решается оптимизационная задача с соответствующим критерием, который достаточно упрощенно, но в приближенном варианте отражает интересы данного иерархического звена. Поскольку экономические интересы могут быть несовпадающими, а зачастую и конфликтными, далее полученные решения проходят этап согласования. Под согласованием понимается процесс поиска компромисса между решениями, принимаемыми различными уровнями. Компромисс, полученный в результате процесса согласования управленческих решений (СУР), обладает: а) экономической выгодностью для каждого участника; б) эффективностью по Парето, т.е. решение любого уровня не может быть улучшено без ухудшения решения другого уровня (хотя бы одного) (Лопатников, 2003, с. 288).

3. Для упрощения изложения трехуровневая задача согласования экономических интересов может быть редуцирована к двухуровневой, экономико-математический анализ которой осуществляется в следующих направлениях: а) формулировка оптимизационной задачи согласования интересов с наличием идеальной точки; б) использование формальных методов согласования интересов различных уровней. Дальнейший этап исследований состоит в обосновании необходимости привлечения эвристических методов, оценке их корректности в процедурах СУР и разработки формально-эвристических алгоритмов согласования экономических интересов, предполагающих участие ЛПР.

2. ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЗАДАЧА С НАЛИЧИЕМ ИДЕАЛЬНОЙ ТОЧКИ

При формулировке задачи принимаются следующие предпосылки.

1. Рассматривается двухуровневая система, на верхнем уровне которой решения принимаются на основе одного интегрального критерия (народнохозяйственного эффекта), на нижнем уровне применяются несколько критериев (в данном случае — двух, отражающих интересы мезо- и микрозвеньев).

2. Учитываются в основном вертикальные взаимодействия двух типов: а) решения верхнего уровня (выбор и коррекция идеальной точки, а также стимулирующее действие штрафной функции при отклонении от этой точки); б) решения нижнего уровня — корректировка начальных решений. Горизонтальные связи (например, поставка материалов, комплектующих изделий, инвестиций) представлены экзогенными взаимодействиями.

3. Предполагается, что может быть осуществлена редукция критерия верхнего уровня в пространство критериев нижнего уровня. Таким образом, интересы верхнего уровня отображены в пространстве критериев нижнего уровня и характеризуют в нем максимальный народнохозяйственный

эффект. Данное предположение позволяет осуществлять процесс согласования управленческих решений (СУР) на единой основе — на языке интересов нижнего уровня.

4. Идеальная целевая точка, являющаяся исходным предложением верхнего уровня, может быть как достижимой, так и недостижимой. Последний случай наиболее часто встречается в реальной практике: первоначальные решения верхнего уровня, как правило, плохо учитывают производственные возможности и интересы нижнего звена.

5. Для сближения предложений нижнего и верхнего уровней используется принцип обратной отрицательной связи, реализуемый с помощью штрафной функции, действие которой уменьшается при сокращении расстояния, характеризуемого выбранной метрикой, между идеальной точкой и решением нижнего уровня.

В основу экономико-математического инструментария исследования процессов СУР положена стандартная модель целевого планирования, являющаяся многокритериальной оптимизационной задачей с наличием идеальной точки и представленная в работах (Егорова, 1987, с. 128–130; Salukwadze, 1974, с. 204–217; Wierzbicki, 1982, с. 391–404).

В настоящей работе осуществлена модификация этой модели с учетом особенностей СУР:

1) рассматривается вариантная постановка задачи, позволяющая расширить допустимое множество решений оптимизационной задачи и обуславливающая подвижность границы Парето;

2) используются специальные правила корректировки целевой точки, предписанные процессом согласования;

3) вводится понятие переговорного множества, ограничивающего область согласуемых решений (для случая достижимой и недостижимой целевой точки).

В соответствии с принятыми гипотезами задача СУР имеет вид:

$$\begin{cases} x \in R_x, \quad x \geq 0, \quad R_x^{\min} \leq R_x \leq R_x^{\max}; \\ y_i = f_i(x), \quad i = 1, \dots, n; \\ \max = \left\{ \sum_{i=1}^n \xi_i^H y_i(x) - \rho \sum_{i=1}^n \xi_i^B (y_i^0 - y_i(x))^2 \right\}, \end{cases} \quad (1)$$

где R_x — множество возможных состояний объекта x , которое задано нежестко и может варьироваться от области минимально возможных $R_x^{\min}$ до области максимально возможных $R_x^{\max}$ значений; y_i — критерии качества состояния объекта; $\{y_i^0\}$ — целевая точка в пространстве критериев; ξ_i^H, ξ_i^B, ρ — весовые коэффициенты, характеризующие соответственно важность значений критериев y_i , их отклонения от целевой точки $\{y_i^0\}$ и значимость штрафной функции $\sum_{i=1}^n \xi_i^B (y_i^0 - y_i(x))^2$.

Решение задачи (1) обладает важным свойством: оно принадлежит границе Парето π в следующем смысле: $\{\tilde{x}\} \in \pi$, где $\tilde{x}$ — решение задачи (1), $\tilde{y}_i = f_i(\tilde{x})$ (Salukwadze, 1974, р. 208; Wierzbicki, 1982, р. 393). При этом $\{\tilde{y}_i\}$ находится в окрестности целевой точки $\{y_i^0\}$. Далее исследуется множество $\tilde{y}_i$, являющееся образом границы π в пространстве критериев и называемое критериальной паретовской границей ϕ .

В задаче (1) процесс согласования интерпретируется следующим образом¹:

1) в рассматриваемой двухуровневой системе управления предпочтения верхнего и нижнего уровней представлены коэффициентами ξ_i^B и ξ_i^H , которые считаются известными, также задан и коэффициент ρ , отражающий условия взаимодействия этих уровней (роль штрафной функции);

¹ К числу формальных методов, используемых для решения задачи СУР, относятся также другие методы решения многокритериальных задач, представленные в работах (Бушенков, Лотов, 1982; Лотов, 1981; Подиновский, Гаврилов, 1975; Поманский, 1983).

2) начальные предложения верхнего уровня отражаются идеальной точкой, которая тоже считается заданной и может быть получена на основе решения некоторой задачи, внешней по отношению к задаче (1). Обычно точка $\{y_i^0\}$ является недостижимой, т.е. φ ;

3) экономические интересы верхнего уровня представлены идеальной (целевой) точкой, отклонения от которой в процессе СУР следует минимизировать; экономические интересы нижнего уровня определяются системой предпочтений ξ_i^H , которая задает некоторую точку границы Парето φ в пространстве критериев y_i .

Математическая структура задачи (1) обладает следующим важным свойством: она позволяет решать две независимые задачи по нахождению оптимальных решений верхним и нижним уровнем отдельно. Так, для нижнего уровня при $\rho = 0$ определяется решение, которое максимально отвечает его экономическим интересам. Для верхнего уровня такое решение может быть получено при $\rho = 1$ и $\xi_i^H = 0$. Данная структура задачи (1) позволяет находить начальные точки процесса СУР и решать эту задачу с применением эвристических процедур.

3. РОЛЬ ЭВРИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ИХ КОРРЕКТНОСТЬ В ПРОЦЕДУРАХ СУР

Проведенный выше анализ процесса СУР основывается на применении некоторых формальных конструкций, предполагающих учет экономических интересов участников согласования на основе некоторых математических соотношений (соизмерение экономического ущерба, возникающего в связи с отклонением от намеченных целей и дополнительного эффекта, обусловленного стимулированием объекта). Эти формальные конструкции могут быть достаточно разнообразны: постановки оптимизационных задач могут быть определенным образом модифицированы как путем их упрощения, так и усложнения (Charnes, Cooper, 1961, p. 67). Подобные формальные конструкции представляют собой средство теоретического анализа и удобный язык описания процессов межуровневого СУР и могут рассматриваться в качестве концептуальной основы для реальных процессов согласования, которые в практике управления слишком сложны для исчерпывающего описания их формальными моделями (Simon, Newell, 1988, p. 3–7).

Для эффективной реализации СУР необходимо сочетание формальных и неформальных эвристических методов, а также участие одного или нескольких ЛПР, использующих эвристические процедуры и учитывающих комплекс социально-экономических интересов различных сторон. Важным вопросом является корректность применяемых в СУР формально-эвристических методов. Одним из первых отечественных исследователей данной проблемы был О.И. Ларичев (Ларичев, 1987). Он осуществил анализ человеко-машинных процедур (ЧМП), выступающих, по сути, разновидностью эвристических методов, осуществляемых с помощью ЭВМ.

По классификации О.И. Ларичева ЧМП могут быть охарактеризованы как корректные (легко выполнимые ЛПР) и некорректные (трудно выполнимые и сопровождающиеся ошибками). К корректным процедурам относятся: 1) использование определенного класса так называемых допустимых операций (Д) в процессе принятия решения; 2) обеспечение сходимости итераций к ε -окрестности экстремального значения неявно выраженной функции полезности.

Большинство ЧМП, применяемых в многокритериальных задачах, относятся к некорректным. Наиболее жестким является первое требование: число операций класса Д сравнительно невелико в общем перечне ЧМП. Второе требование нарушается чаще всего не из-за структуры выбранного финального алгоритма (итеративного процесса движения к экстремальному значению), а из-за чувствительности ЧМП к возможной ошибке ЛПР в ходе этих итераций (например, в том случае, если ЛПР недостаточно хорошо понял идею алгоритма сходимости). Таким образом, в отличие от тех требований, которые обычно предъявляются к формальным итеративным алгоритмам поиска приближенного решения (требование сходимости процесса, обеспечение удовлетворительной скорости сходимости и т.д.), здесь на первое место выдвигаются требования к поведению ЛПР.

На рис. 1 приведена схема методики исследования корректности ЧМП (Ларичев, 1987, с. 29–33), базирующейся на следующих гипотезах:

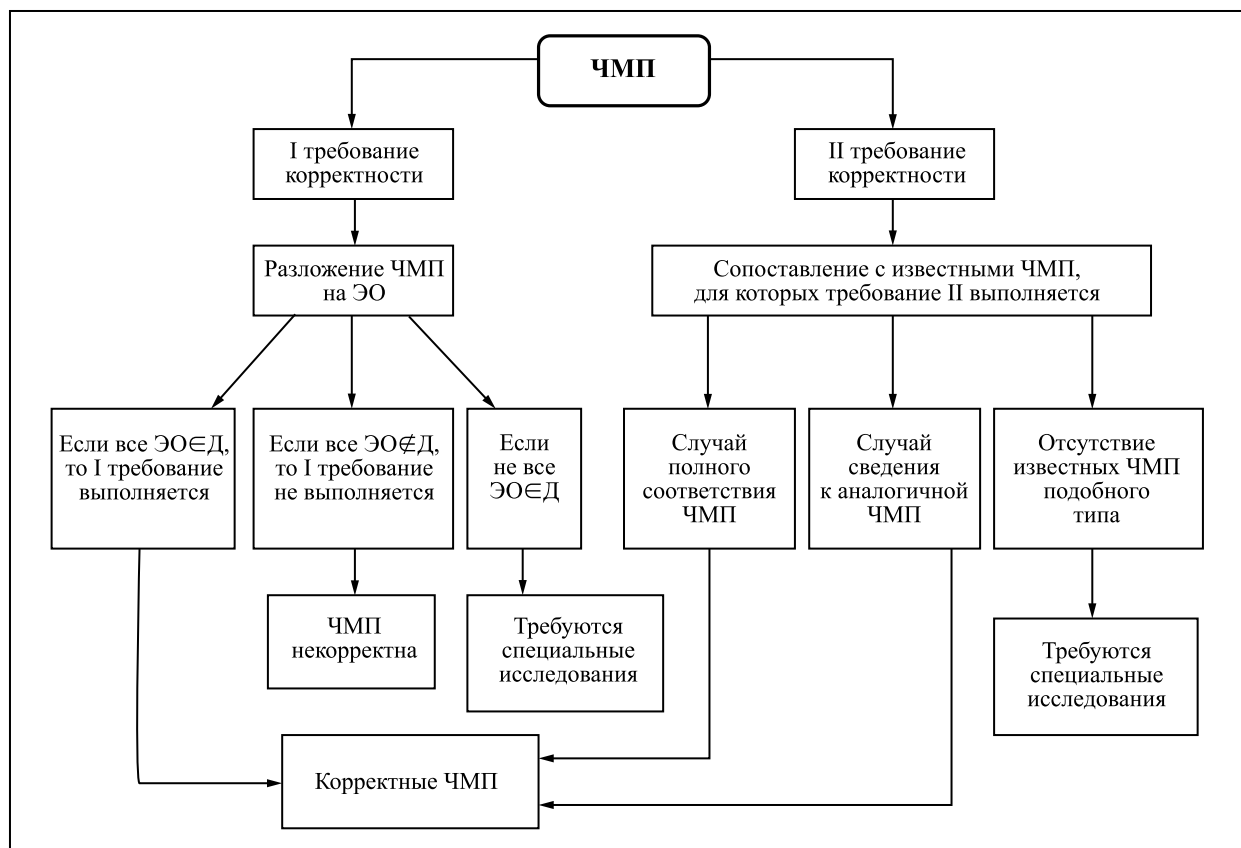


Рис. 1. Схема оценки корректности СМП

– строгое формальное доказательство корректности СМП невозможно ввиду неполной формализуемости процедуры; необходим содержательный анализ задачи. Здесь может быть применен метод аналогий и опыт использования подобных процедур;

– любая СМП представима как комбинация конечного числа элементарных операций (ЭО), которые могут быть классифицированы по уровню своей сложности и возможности успешного осуществления их с помощью ЛПР.

В соответствии с принятыми гипотезами считается, что любая ЭО по уровню своей сложности для ЛПР может быть отнесена либо к классу Д (допустимых), либо к классу С (сложных) операций.

В классе Д выделяется два типа операций: 1) определенно-допустимые (Д-1), относительно которых получены достоверные сведения о возможности успешной их реализации с помощью ЛПР (например, сравнение альтернатив по одному критерию, качественное сопоставление изменений значений по двум критериям); 2) неопределенно-допустимые (Д-2), относительно которых не проводилось специальных исследований, однако оценка их может быть осуществлена логическим путем по методу аналогий (например, операция по упорядочению критериев по важности).

В классе С аналогичным образом выявляются операции определенно-сложные (С-1) и неопределенно-сложные (С-2). Так, к С-1 относится операция назначения весов критериев, а к С-2 – определение маргинальных (предельных) коэффициентов замещения критериев (рис. 1).

Приведенная классификация операций, выполняемых ЛПР, позволяет, с одной стороны, формировать корректные СМП, выбирая их из класса Д (и в особенности из подмножества Д-1), а с другой – дает возможность комплексной оценки корректности уже имеющихся СМП.

Элементарные операции интегрируются в блоки обобщенных типовых операций (ОТО), наиболее часто используемых в различных классах задач. Так, для задач многокритериального выбора, перечень ОТО включает:

1) операции с критериями (ОТО-1) — предполагает использование ЛПР операций типа С-1, С-2 и Д-2 и может быть охарактеризовано в целом, как сложные для него;

2) операции с оценками альтернатив по критериям (ОТО-2) — комбинации операций типа Д-1, Д-2 (в редких случаях С-2) и те, которые могут быть рекомендованы для использования в ЧМП;

3) операции с оценкой альтернатив в целом (ОТО-3) — в зависимости от конкретной задачи и компетентности ЛПР оцениваются как сложные и как неопределенно-допустимые.

Итак, в корректных ЧМП используются главным образом операции с оценкой альтернатив по критериям (при условии их представимости в виде комбинаций операций типа Д-1 и Д-2), а также любые другие операции класса Д, причем при организации ЧМП операции Д-1 предпочтительнее операций Д-2.

4. ФОРМАЛЬНО-ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ (ФЭМ) С УЧАСТИЕМ ЛПР

ФЭМ с участием одного ЛПР. К числу наиболее известных ФЭМ в многокритериальных задачах, использующих понятие целевой точки, относятся следующие (Егорова, 1987, с. 210–215):

— **процедура Вержбицкого:** для реализации процедуры задается целевая точка y^0 (обычно недостижимая); выбирается метрика, характеризующая степень приближения решения в пространстве критериев $\tilde{y}$ к идеальной точке (в задаче (1), в качестве метрики выбрана сумма квадратов отклонений $\sum_{i=1}^m (x_i^0 - x_i)^2$). Произвольным образом ЛПР возмущает целевую точку, а далее на основе формальных методов определяется область решений, соответствующая этим возмущениям. После этого ЛПР выбирает в полученной области решение, предпочтительное с его точки зрения;

— **процедура Зелени:** процедура отличается от предыдущей тем, что целевая точка y^0 выбирается в области эффективных (Парето-оптимальных) решений; затем ищется соответствующая область компромиссных решений (как подмножество области эффективных решений), в которой с помощью ЛПР выбирается наилучшее решение. В том случае, если область компромиссных решений не содержит решения, удовлетворяющего ЛПР, целевая точка корректируется и процесс повторяется снова;

— **процедура внешнего ветвления:** назначается целевая точка y^0 как недостижимая и вычисляется соответствующее ей решение x^0 . Если $x^0 \in R_x$, процедура заканчивается; если $x^0 \notin R_x$, то ЛПР указывает номер i^* критерия y_{i^*} , который следует изменить в целевой точке таким образом, чтобы она стала более реалистичной. После этого находится новое решение, которое проверяется на допустимость, и т.д. Таким образом, в этой процедуре ЛПР приближает целевую точку к границе эффективных решений.

Недостатком описанных ФЭМ является участие лишь одного ЛПР, который обычно отражает в своих решениях интересы одного из уровней (как правило, верхнего, поскольку основные корректировки решений связаны с изменением целевой точки). Кроме того, как доказано в работе (Ларичев, 1987, с. 36), данные ФЭМ относятся к классу некорректных ЧМП, поскольку содержат операции из класса С, реализуемые ЛПР, как правило, с ошибками. В частности, ЛПР приходится принимать решения по трем критериям одновременно (целевая точка и изменения двух критериев на границе Парето).

ФЭМ с участием двух ЛПР. В связи с необходимостью построения корректных ФЭМ в предлагаемых авторами процедурах согласования экономических интересов предусматривается взаимодействие двух ЛПР, каждый из которых принимает решения на своем уровне компетенции. Излагаемые далее различные схемы согласования являются комбинацией процедур

2. ЛПР верхнего уровня определяет величину стимулирующей премии и информирует об этом ЛПР нижнего уровня. Решение находится из задачи (1) при $\rho = 1$ и $\xi_x^H = 0$.

3. ЛПР нижнего уровня, рассмотрев предложенные верхним уровнем условия, а также учитывая собственные неформальные интересы, смещает начальную точку A в положение точки A_1 (поскольку его интегральная функция полезности в точке A_1 больше, чем в точке A).

4. ЛПР верхнего уровня находит компромиссное решение y^0 на отрезке A_1y^0 , соединяющем новое решение нижнего уровня A_1 и прежнюю целевую точку. Это эквивалентно тому, что ЛПР верхнего уровня назначает некоторый весовой коэффициент компромисса γ :

$$0 \leq \gamma \leq 1, \quad y^0 = A + (1 - \gamma)(y^0 - A), \quad (2)$$

причем

$$y^0 = \begin{cases} y^0 & \text{при } \gamma = 0; \\ y^0 = A & \text{при } \gamma = 1. \end{cases} \quad (3)$$

Предполагается, что у ЛПР верхнего уровня существуют некоторые мотивы или побудительные причины, обуславливающие поиск компромиссного решения на отрезке A_1y^0 . Например, заключение контракта возможно лишь при полном совпадении предложений сторон, причем предложения нижнего уровня формируются лишь одним участником, и у ЛПР верхнего уровня нет иного альтернативного варианта.

5. С помощью задачи (3) при $\rho = 1$, $\xi_x^H = 0$ и значения $y^0 = y^0$ находится новое достижимое решение B_1 , которое является ближайшим к компромиссной точке y^0 и принадлежит границе Φ . Так как линейные размеры у области A_1B_1 меньше, чем у начального переговорного множества AB , то описанный процесс может быть продолжен с п. 2 до совпадения предложений сторон или их сближения в заданных пределах.

В ходе описанного итеративного процесса СУР верхний уровень может применять и косвенные методы стимулирования нижнего уровня в том случае, если возможности экономического стимулирования оказались исчерпанными. Например, гарантировать ЛПР нижнего уровня заключение будущих выгодных контрактов, обеспечивать приоритетность поставок дефицитного производственного ресурса, включение в целевые программы и т.д.

Алгоритм II. Ускоренное встречное согласование с использованием коэффициентов компромисса верхнего и нижнего уровней.

В алгоритме I предполагается, что ЛПР верхнего уровня умеет переводить недостижимые точки $\tilde{y}^0, \dots$ в соответствующие им достижимые точки $B_1, B_2, \dots$, т.е. можно решить задачу (3) для получения достижимых точек $B, B_1, B_2, \dots$. В реальных ситуациях это предположение может оказаться слишком сильным: ЛПР верхнего уровня обычно недостаточно хорошо представляет множество достижимых значений нижнего уровня и (как подтверждает практика планирования) определение на этом множестве точки, ближайшей к целевой, является для него затруднительным. В реальных процессах СУР обычно отслеживаются точки $A, A_1, A_2, \dots$ и целевые точки $y^0, \tilde{y}^0$ без нахождения точек $B, B_1, B_2, \dots$.

С учетом этих обстоятельств алгоритм согласования может быть еще более упрощен.

1. Пусть (так же как и в алгоритме I) известна начальная точка A и целевая точка y^0 . ЛПР верхнего уровня формирует два решения: 1) смещение целевой точки y^0 к компромиссу y^0 на отрезке y^0 ; 2) стимулирующее предложение для нижнего уровня.

2. ЛПР нижнего уровня смещается в точку A_1 и информирует об этом решении верхний уровень.

3. ЛПР верхнего уровня находит новую компромиссную точку y^0 на отрезке A_1y^0 и формирует новое стимулирующее предложение для нижнего уровня и т.д. до сближения предложений с заданной точностью.

В отличие от предыдущего алгоритма I схема согласования алгоритма II не требует определения точек E, E_1, E_2 , а скорость сходимости СУР определяется стимулирующим эффектом (заданным коэффициентом d для нижнего уровня) и степенью компромисса (коэффициентом γ для верхнего уровня).

Отличительными особенностями алгоритмов I и II являются:

- 1) возможность учета неформальных аспектов в процессах принятия решения, что делает их более реалистичными;
- 2) обеспечение процесса СУР на паритетных началах и достижение совпадения предложений сторон на его финальной стадии;
- 3) корректность осуществляемых эвристических процедур, поскольку на каждой из стадии данных алгоритмов ЛПР обоих уровней принимают решения либо с использованием одного критерия (операции типа Д-1), либо – для двух критериев, но на предварительно построенной границе Парето, что также делает эти решения допустимо сложными (операции типа Д-2).

К числу недостатков данных алгоритмов относятся, во-первых, неполный учет обратных связей (как отклика нижнего звена на управляющий сигнал вышестоящей организации), и, во-вторых, отображение в них нижнего звена как инертного и неадаптивного элемента.

5. МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ВАРИАНТ ФЭМ ДЛЯ ДВУХ ЛПР (С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ)

Отличие модифицированного варианта ФЭМ от рассмотренных ранее ФЭМ с участием двух ЛПР состоит в учете дополнительных производственно-экономических возможностей нижнего уровня, которые появились в ходе процесса СУР как результат стимулирующего воздействия верхнего уровня. Такой стимулирующий эффект может выражаться в снижении бремени по налогам, льготном кредитовании и т.д. Это позволяет нижнему звену увеличить потенциал развития, что означает смещение области его производственных возможностей и, соответственно, границы Парето ближе к целевой точке. На рис. 3 изображены две итерации процесса СУР на базе модификации алгоритма I.

Модифицированный вариант ФЭМ более полно учитывает возможности нижнего звена, рассматривая его как более активный элемент процесса СУР. Он так же обеспечивает увеличение скорости сходимости по сравнению с аналогами (см. алгоритмы I и II), но требует на каждом шаге построения новой границы Парето (например, с использованием метода обобщенного множества достижимости) (Аганбегян, 1972, с. 243–248).

Рассмотренные методы могут быть рекомендованы для достаточно широкого класса за-

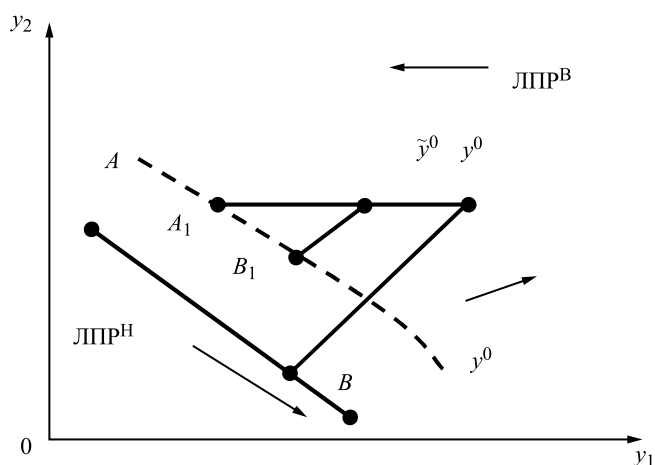


Рис. 3. Схема СУР в модифицированном варианте ФЭМ

дач согласования экономических интересов различных управленческих уровней. В целях более достоверного отображения всех условий, влияющих на процесс СУР, методы согласования решений целесообразно совершенствовать с учетом сочетания формальных и эвристических процедур. Разработанные методы согласования экономических интересов с включением ЛПР различных уровней позволяют учитывать в окончательном решении не только факторы, традиционно отражаемые присутствующими в моделях формальными критериями, но также и неформальные аспекты, имеющие достаточно весомую значимость в реальной практике СУР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аганбегян А.Г., Багриновский К.А., Гранберг А.Г. (1972). Система моделей народнохозяйственного планирования. М.: Мысль.
- Антамошкин О.А. (2009). Система поддержки принятия решений на основе многоатрибутивных методов // *Вестник СибГАУ*. Вып. 4. С. 69–71.
- Багриновский К.А. (1977). Основы согласования плановых решений. М.: Наука.
- Бушенков В.А., Лотов А.В. (1982). Методы построения и использования обобщенных множеств достижимости. М.: ВЦ АН СССР.
- Егорова Н.Е. (1987). Вопросы согласования плановых решений с использованием имитационных систем. М.: Наука.
- Ларичев О.И. (1987). Объективные модели и субъективные решения. М.: Наука.
- Лопатников Л.И. (2003). Экономико-математический словарь: словарь современной экономической науки. М.: Дело.
- Лотов А.В. (1981). Анализ потенциальных возможностей экономических систем // *Экономика и математические методы*. Т. 17. Вып. 2. С. 261–267.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С. (2007). Применение вычислительных моделей в государственном управлении. М.: Научный эксперт.
- Подиновский В.В., Гаврилов В.М. (1975). Оптимизация по последовательно применяемым критериям. М.: Советское радио.
- Поманский Л.Б. (1983). О сходимости процессов согласования экономических интересов: учебное пособие // *Экономика и математические методы*. Т. 19. Вып. 4. С. 598–607.
- Трофимова Л.А., Трофимов В.В. (2012). Методы принятия управленческих решений. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ.
- Энгель Е.А. (2011). Модели и методы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений // *Вестник СибГАУ*. Вып. 4. С. 106–112.
- Charnes A., Cooper W.W. (1961). *Management Models and the Industrial Applications of Linear Programming*. Vol. 1. N.Y.: John Wiley and Sons.
- Salukwadze M.E. (1974). On the Existence of Solutions in Problems of Optimization under Vector-Valued Criteria // *Journal of Optimization Theory and Applications*. No. 12. P. 203–217.
- Simon H., Newell A. (1988). Heuristic Problem Solving; the Next Advance in Operation Research // *Operatic-research*. Vol. 6. No. 1. P. 1–10.
- Wierzbicki A.P. (1982). A Mathematical Basis for Satisficing Decision Making // *Mathematical Modelling*. No. 3. P. 391–405.

Поступила в редакцию
07.07.2016 г.

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Aganbegjan A.G., Bagrinovskij K.A., Granberg A.G. (1972). *Modelling System of Public Economy Planning*. Moscow: Mysl' (in Russian).
- Antamoshkin O.A. (2009). Decision Making Support System on the Basis of Multu Attributive Methods. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva (Vestnik SibGAU)* 4, 69–71 (in Russian).
- Bagrinovskij K.A. (1977). *Basis of Planned Desisions Approval*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Bushenkov V.A., Lotov A.V. (1982). *Generic Attainability Sets Usage Constructions Methods*. Moscow: VTs AN SSSR (in Russian).
- Snarnes A., Cooper W.W. (1961). *Management Models and the Industrial Applications of Linear Programming*. N.Y.: John Wiley & Sons.
- Jengel' E.A. (2011). Models and Methods of Intellectual Support in the Process of Management Desosion Making. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva (Vestnik SibGAU)* 4, 106–112 (in Russian).

- Larichev O.I.** (1987). Objective Models and Subjective Desisions. Moscow: Nauka (in Russian).
- Lopatnikov L.I.** (2003). Economic – Mathematical Dictionary of the Morden Mathematical Science. Moscow: Delo (in Russian).
- Lotov A.V.** (1981). Analysis of Potential Possibilities of the Economical Systems. *Economics and Mathematical Methods* 17, 2, 261–267 (in Russian).
- Makarov V.L., Bahtizin A.R., Sulakshin S.S.** (2007). Computer Models Usage in Government Control. Moscow: Nauchnyi ekspert (in Russian).
- Podinovskij V.V., Gavrilo V.M.** (1975). Consistently Used Variables Optimization. Moscow: Sovetskoe Radio (in Russian).
- Pomanskij L.B.** (1983). Compliance of Economic Interest Approval. *Economics and Mathematical Methods* 19, 4, 598–607 (in Russian).
- Salukwadze M.E.** (1974). On the Existence of Solutions in Problems of Optimization under Vector-Valued Criteria. *Journal of Optimization Theory and Applications* 12, 203–217.
- Simon H., Newell A.** (1988). Heuristic Problem Solving; the Next Advance in Operation Research. *Operatic-research* 6, 1, 1–10.
- Trofimova L.A., Trofimov V.V.** (2012). Management Desosion Making Methods. Saint Petersburg: SPbGUEF (in Russian).
- Wierzbicki A.P.** (1982). A Mathematical Basis for Satisficing Decision Making. *Mathematical Modelling* 3, 391–405.
- Yegorova N.Y.** (1987). Issues on Planed Desisions Approval with the Use of Computer Simulation System. Moscow: Nauka (in Russian).

Received 7.07.2016

THE USE OF HEURISTICS PROCEDURES IN THE PROBLEMS OF MULTI-LEVEL GOVERNANCE*

N.Y. Yegorovaⁱ

Abstract. The autor made a comparative economic and mathematical analysis of the advantages of different algorithms for solving certain classes of problems of coordination of economic interests of subjects at different levels of hierarchical control systems. Methodology the article includes formal methods and algorithms using heuristic procedures and is based on the Pareto optimality concept, defining an agreed solution, as well as on the method of analysis of the correctness of the heuristics procedures, used in multicriteria problems, developed by O. Larichev. Different variants of the iterative search algorithm is a compromise solution, using heuristic procedures possible schemes closer to the ideal point of Pareto-optimal-area line; assessed the correctness of heuristic procedures. The results of the article are to develop a modified iterative procedure for the coordination of economic interests in multi-level systems using the correct heuristic procedures.

Keywords: economic and mathematical tools, heuristics procedures, multi-level governance, the person making the decision, man-machine procedures, harmonization of administrative decisions.

JEL Classification: C02, C52, C65.

*This article was prepared with the financial support of Russian fund of fundamental research (project number 16-06-00012) “Theoretical and methodological bases, models and methods of coordination in multilevel control systems” and russian foundation of humanitarian reserch (RFHR) (project 15-02-00326) “Public-private partnership: the organizational and economic mechanisms and methods of economic interests coordination”.

ⁱ**Natalja Y. Yegorova** – Doctor of Economics, professor, chief member of staff of Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; nyegorova@mail.ru.