

Эргатические системы управления

УДК 519.21:681.142

Л.А. Тимашова

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Рассматриваются проблемы интеллектуализации системы управления виртуальным предприятием, возможность применения математических методов и информационных технологий для процессов принятия решений. Предложены модели, в которых качество решения оценивается в условиях компромиссов.

Актуальность проблемы

Повышение эффективности систем управления предприятий возможно в условиях достижения ими определенного уровня интеллектуализации. Глобализация экономических отношений все активнее меняет характер конкуренции, позиции и расстановку сил. Устойчивость и доходность бизнеса определяется теперь скоростью реакции на изменения предпочтений конечного потребителя, что создает определенные сложности для управления. Особенно серьезным является принципиальное изменение ситуаций с управлением, когда меняется не только внешняя среда, но и сами системы, взаимодействующие в этой среде. Для таких ситуаций проблема принятия решений в силу их неопределенности и разноплановости особенно сложна. Существует набор альтернатив, из которых окончательное решение принимает человек, и если не имеется в компьютере его знаний о путях выбора, автоматизировать этот процесс и тем более предсказать, какой из вариантов окажется лучшим по прошествии определенного времени, невозможно. Неопределенность резко возрастает, когда случаются непредсказуемые события, такие как изменения в правилах организации партнеров-участников или самих партнеров, условий распределения прибыли, условий заключения контрактов, поставок или спроса на продукцию, сбоя ресурсов, задержек, отказов и т.п. Отсутствие четких алгоритмов решения и больших объемов проводимых расчетов затрудняет процессы оперативного управления непредсказуемой, изменчивой сетью отдельных людей внутри и за пределами границ, которые раньше определяли «предприятие». Найти подходы, удовлетворяющие этим условиям, возможно с помощью интеллектуальных технологий [1, 2]. Есть надежда, что интеллектуализация, комплексы программных, логико-математических, лингвистических средств, а также средств, основанных на базах знаний, помогут автоматизировать процесс принятия решений человеком. Эта работа может быть передана на исполнение автоматизированным технологиям, что ускорит процесс принятия решения и превратит его в конкурентное преимущество.

Среди различных областей применения математических методов и информационных технологий область принятия решения с точки зрения интеллектуальной деятельности является крайне важной. Назовем принятием

решений особый вид человеческой деятельности, состоящий в выборе одного из нескольких вариантов решений. Каждый, кто сталкивался с этой проблемой, знает, как много моральных и физических сил она требует. Такой выбор, особенно при принятии деловых решений, должен основываться на методах, способных оценивать с единых позиций желаемые цели и имеющиеся ресурсы. Существуют общие черты и характеристики поведения людей при принятии ими разноплановых решений (экономических, производственных, финансовых, социальных, технических), и эта общность поведения и требований к их поведению делает возможным создание единых методологических подходов к их решению

Общим для задач принятия решений служит сам характер рассматриваемых задач человеком, когда решение по выбору лучшего варианта принимается в условиях вариантности решений и множественности критериев оценки последствий этих решений. Как уже говорилось, для таких ситуаций характерно то, что лицо, принимающее решение (ЛПР), находится в ситуации, когда последствия принимаемых решений, заранее неизвестны. Таким образом, возникает некоторая неопределенность, которую при принятии решений необходимо уметь устранять. Эта неопределенность характерна природе компромиссов между критериями и оценками, которые с ними связаны. Как показала практика, формализовать эту неопределенность с помощью классических математических расчетов не удастся в силу сложности и неоднозначности возникающей проблемы. Источником информации для оценки варианта решения и выбора из них наилучшего, являются люди, принимающие решения и несущие за них ответственность, а вариантом устранения неопределенности могут быть предпочтения ЛПР. Такая субъективная информация — единственно возможная основа объединения процессов принятия решений в единую модель, которая позволит оценивать те или иные варианты последствий принятых решений. Таким образом, речь идет о создании таких моделей и поддерживающих их технологий, которые учитывают особенности поведения человека, следовательно, могут быть отнесены к разряду интеллектуальных. Проблемы разработки интеллектуальных технологий были бы проще, если бы существовала возможность адекватного представления поведения ЛПР в виде совокупности математических зависимостей. Однако поведение зависит от характеристик задачи, от умения отражать их в кратковременной памяти человека, от впечатлений, возникающих в ходе решения задачи, а это сложно учесть математическими зависимостями. Разумным, по нашему мнению, было бы использование опыта, знаний и интуиции человека в моделях принятия решений. База знаний содержит фактические объективные данные о той или иной предметной области и включает правила и опыт ЛПР. Основной задачей здесь будет сопоставление каждой предметной ситуации рекомендуемым вариантам решений, где есть ситуация и соответствующий ему вариант решения. Различные системы принятия решений отличаются способом организации и предметным наполнением баз знаний. Например, база знаний для решения задач выбора оптимального партнера, база знаний для решения задачи эффективного распределения прибыли между партнерами, база знаний для задач построения

расписаний в случае решения задачи календарного планирования; база знаний для управления финансовыми ресурсами для случая решения задач анализа финансовых ситуаций и планирования финансовой деятельности; база знаний для управления логистикой, т.е. управления ресурсами предприятий, в случае планирования закупок, выбора лучших поставщиков и покупателей продукции и т.д. В таких случаях база знаний должна быть организована в рамках системы поддержки принятия решений, может быть построена самим ЛПР в ходе анализа конкретной предметной ситуации, включая описание ситуаций выбора и решающее правило, принадлежащее ЛПР. Решающее правило отражает предпочтения экспертов, более знакомых с данной конкретной областью деятельности, чем ЛПР.

Таким образом, задачи принятия решений имеют следующую характерную особенность: модель, описывающая множество допустимых решений, объективна, но качество решения оценивается по многим критериям. Для выбора наилучшего варианта решения необходим компромисс между оценками по различным критериям. В условиях задачи отсутствует информация, позволяющая найти такой компромисс. Следовательно, он не может быть определен на основе объективных расчетов. Важно подчеркнуть специфический характер тех проблем, где качество решения необходимо оценивать по нескольким критериям. Мало сказать о том, что в них существует неопределенность. Неопределенность присуща и многим задачам исследования операций, где строятся статистические модели. Стохастический характер ряда процессов в исследуемой проблеме заставляет нас использовать не детерминированные, а вероятностные модели. Но сама по себе эта особенность описания никак не отражается на общем подходе исследования операции, лишь задачи оптимизации имеют при этом свои специфические особенности. Как справедливо отмечает Н.Н. Моисеев, стохастические задачи «... мы не относим к числу задач, содержащих неопределенные факторы ...». При появлении многих критериев неопределенность в выборе наилучшего решения имеет следующие особенности: задача имеет уникальный [1], новый характер — нет статистических данных, позволяющих обосновать соотношения между различными критериями; на момент принятия решений принципиально отсутствует информация, позволяющая объективно оценить возможные последствия выбора того или иного варианта решения. Эти принципиальные отличия стремились подчеркнуть авторы различных классификаций проблем принятия решений. Так, в известной классификации, предложенной в [3], выделяются так называемые структурированные и слабоструктурированные проблемы: структурированные, или количественно сформулированные проблемы — те, в которых существенные зависимости выяснены настолько хорошо, что могут быть выражены в числах или символах, получающих в конце концов численные оценки; слабоструктурированные, или смешанные проблемы — те, которые содержат как качественные, так и количественные элементы, причем качественные, малоизвестные и неопределенные стороны проблем имеют тенденцию доминировать.

Типичные проблемы исследования операций хорошо структурированы. Иначе обстоит дело в многокритериальных задачах. Здесь часть инфор-

мации, необходимой для полного и однозначного определения требований к решению, принципиально отсутствует. Исследователь часто может определить основные переменные, установить связи между ними, т.е. построить модель, адекватно отражающую ситуацию. Но зависимости между критериями вообще не могут быть определены на основе объективной информации, имеющейся в распоряжении исследователя. Такие проблемы и являются слабоструктурированными, здесь недостаток объективной информации принципиально неустраним на момент принятия решения. Более того, существуют проблемы, в которых опытный исследователь, работая вместе с руководителем, может лишь определить перечень основных параметров, но количественные связи между ними определить нельзя (нет необходимой информации). Иногда ясно лишь, что изменение параметра в определенных пределах тем или иным способом сказывается на решении. В таких случаях структура, понимаемая как совокупность связей между параметрами, неопределенна и неструктурирована. Но поскольку решение все же должно быть принято, то недостаток информации, необходимой для выбора наилучшего варианта решения, нужно восполнить. Он может быть выполнен лишь на основе опыта и интуиции или на основе собранных знаний. Следовательно, существует класс проблем, для которых недостаток объективной информации принципиально неустраним. Необходимы специальные средства анализа таких проблем. Модель принятия решений при многих критериях принципиально отличается от традиционных моделей исследования операций способами ее построения. Важнейшей задачей аналитика (специалиста по проблемам принятия решений) является изучение системы предпочтений ЛПР и построение решающих правил, отражающих эти предпочтения. Конечно, аналитик не может обойтись без изучения объективных параметров модели, без изучения организации, к которой принадлежит ЛПР, внешней среды.

Модели согласования решений с использованием обобщенного критерия оптимальности

Постановка задачи. Многокритериальная задача оптимального выбора партнеров для виртуального предприятия с использованием обобщенного критерия оптимальности формулируется следующим образом. Задан вектор линейных критериев

$$F(x) = (f_1(x), \dots, f_i(x), \dots, f_\mu(x)), \quad (1)$$

где $f_i(x) = c^i x = c_1^i x_1 + c_2^i x_2 + \dots + c_n^i x_n$, причем $f_i(x)$ при $i = (1, 2, \dots, m)$ максимизируется, а при $i = (m + 1, m + 2, \dots, \mu)$ минимизируется на множестве допустимых решений, заданных ограничениями

$$G(x) = A(x) \leq B; \quad x_p \geq 0, (p = 1, 2, \dots, n), \quad (2)$$

где A — матрица размерностей $\mu \times n$; B — r -мерный вектор; x — n -мерный вектор.

Требуется определить такой вектор x^0 , который дает оптимум одновременно всем критериям вектора F . Однако практически такого x^0 не су-

существует, поэтому задача сводится к нахождению такого варианта, который может не являться оптимальным ни для одной функции цели, но оказывается наиболее приемлемым для каждой составляющей вектора F , т.е. нахождению компромиссного решения x^k .

Методы, основанные на принятии решений экспертами. При разработке методов задач принятия решений наиболее эффективны методы, в которых принятие решения в основных точках осуществляет эксперт. Алгоритм решения этих задач состоит из аналитических частей, за каждой из которых следует предъявление промежуточных результатов эксперту, принимающему решение. Далее используется новая информация, полученная от эксперта, и происходит очередной просчет (решение) задачи с новыми данными. Эксперт, используя свои профессиональные знания, опыт и интуицию, эффективно принимает решение на основании «интегрированных» результатов, полученных на компьютере.

Существует несколько методов решения такой задачи. Главное их отличие — различные способы построения обобщенных критериев. Вне зависимости от достоинств и недостатков различных методов построения обобщенных критериев следует отметить, что их применение не играет основной роли при выборе того или иного варианта, а является способом получения вспомогательной информации. Это связано с трудностью формализации процесса выбора рационального решения, так как на практике шкалы различных критериев имеют субъективный характер и в связи с этим превосходство одной комбинации оценок над другой в ряде случаев может противоречить опыту и интуиции специалиста, определяющего эти критерии.

Все это указывает на то, что рассматриваемая проблема не носит чисто математический или чисто экономический характер, а содержит также психологические аспекты, которые связаны с интеллектуальными возможностями субъекта, рассматривающего эту проблему, и это надо учитывать при разработке методов решения многокритериальных задач оптимизации. Поэтому в этих методах должны использоваться интеллектуальные компоненты. Эти методы должны предоставлять на определенных этапах решения возможность вмешательства эксперта и после внесения экспертом определенных изменений продолжать вычисления дальше. Решение задачи состоит из аналитических частей, за каждой из которых следует предъявление эксперту результатов решения и использование для следующей итерации новой информации, получаемой от эксперта.

Анализ определенного набора существующих методов принятия решений при многих критериях показывает, что выбор компромиссного решения основан на введении обобщенного критерия, объединяющего различные функции цели, и что в каждом случае тем или иным способом используется дополнительная информация, получаемая от ЛПР или от интеллектуальной компоненты (ИК). Этапы выполнения формальных математических операций с применением обобщенных критериев чередуются с этапами диалогов с ЛПР. Цель таких «человеко-машинных» процедур — сде-

лать результаты работы в области достаточно трудной для формализации более реалистичными, учитывающими и использующими опыт специалистов в данной области.

Требования к обобщенному критерию оптимальности, вид критерия, постановка задачи, алгоритм решения

При решении многокритериальной задачи оптимизации к обобщенному критерию оптимальности предъявляются определенные требования:

- 1) позволять сравнивать функции цели разной размерности;
 - 2) учитывать одновременно требования максимума и минимума разных $f_i(x)$;
 - 3) учитывать предпочтения между $f_i(x)$, определяемые по важности свойств исследуемой системы;
 - 4) учитывать различие в порядках величин значений $f_i(x)$;
 - 5) давать решение, принадлежащее множеству эффективных решений;
 - 6) позволять организовывать «человеко-машинную» процедуру выбора окончательного решения компоненты, «встроенной» в решение задачи.
- В качестве такого критерия выберем следующий критерий:

$$W(x) = \sum_{i=1}^m \rho_i \frac{f_i^0 - f_i(x)}{f_i^0 - f_i(\min)} + \sum_{i=m+1}^{\mu} \rho_i \frac{f_i(x) - f_i^0}{f_i(\max) - f_i^0}, \quad (3)$$

где ρ_i — безразмерные весовые коэффициенты, учитывающие предпочтение между функциями цели множества f ; $f_i(\max)$ — максимальное значение минимизируемого критерия; $f_i(\min)$ — минимальное значение максимизируемого критерия; f_i^0 — оптимальное значение i -го критерия, достигаемого при x_i^0 на множестве ограничений (2).

Если область (2) не ограничена, то $f_i(\min)$ и $f_i(\max)$ выбираются в виде приемлемых как угодно малого и большого значения каждого критерия соответственно.

Как видно из выражения (3), каждое слагаемое представляет линейное преобразование целевой функции каждого из критериев, все слагаемые минимизируются, имеют одинаковую размерность и порядок. Следовательно, решение задачи

$$\min W(x) = \min \left(\sum_{i=1}^m \rho_i \frac{f_i^0 - f(x)}{f_i^0 - f_i(\min)} + \sum_{i=m+1}^{\mu} \rho_i \frac{f_i(x) - f_i^0}{f_i(\max) - f_i^0} \right) \quad (4)$$

с учетом ограничений (2) и

$$\rho_1 + \dots + \rho_i + \dots + \rho_{\mu} = 1 \quad (5)$$

дает эффективную точку для вектора критериев $F(x)$.

Таким образом, критерий (3) удовлетворяет первым пяти требованиям, предъявляемым к обобщенному критерию. Удовлетворение шестому требо-

ванию подтверждается построением самого алгоритма решения многокритериальной задачи методом выбора искомого решения с использованием «человеко-машинной» процедуры — принятие экспертом на некотором этапе определенного решения.

Обозначение данных. В алгоритме решения задачи используются следующие обозначения данных для решения задачи:

1) вектор критериев $F(x) = (f_1(x), \dots, f_i(x), \dots, f_\mu(x))$, где $f_i(x) = c^i x = c_1^i x_1 + c_2^i x_2 + \dots + c_n^i x_n$ ($i = 1, \dots, m, \dots, \mu$, причем $f_i(x)$ при $i = (1, 2, \dots, m)$ максимизируется, а при $i = (m + 1, m + 2, \dots, \mu)$ минимизируется на множестве допустимых решений, заданных ограничениями;

2) вектор-функция ограничений на j -й итерации $G_j(x)$;

3) вектор весов критериев $\rho = (\rho_1, \dots, \rho_i, \dots, \rho_\mu)$, $\rho_1 + \dots + \rho_i + \dots + \rho_\mu = 1$;

4) максимальное значение минимизируемого критерия $f_i(\max)$;

5) минимальное значение максимизируемого критерия $f_i(\min)$;

6) оптимальное значение i -го критерия f_i^0 , который достигается при x_i^0 на множестве ограничений;

7) ∇ отмечает блоки (места), в которых выбор решения или изменение параметров осуществляется с помощью ЛПР или ИК, встроенной в алгоритм.

Входные данные:

1) функции критериев всех задач, входящих в многокритериальную задачу, — это конкретные выражения функций $f_1(x), \dots, f_i(x), \dots, f_\mu(x)$, где $f_i(x) = c^i x = c_1^i x_1 + c_2^i x_2 + \dots + c_n^i x_n$, ($i = 1, \dots, m, \dots, \mu$), причем $f_i(x)$ при $i = (1, 2, \dots, m)$ максимизируется, а при $i = (m + 1, m + 2, \dots, \mu)$ минимизируется на множестве допустимых решений, заданных ограничениями. Из этих функций составляется вектор критериев Y ;

2) все функции ограничений для всех задач, входящих в многокритериальную задачу, представлены в виде $G_j(x)$ — вектор-функции ограничений на j -й итерации

$$G_1(x) = |Ax = B|, x \geq 0; \quad (6)$$

3) вектор весов критериев $\rho = (\rho_1, \dots, \rho_i, \dots, \rho_\mu)$, при этом $\rho_1 + \dots + \rho_i + \dots + \rho_\mu = 1$.

Алгоритм решения задачи.

Блок 1. Формирование вектора критериев. Производится в определенной форме запись конкретных функций $f_1(x), \dots, f_i(x), \dots, f_\mu(x)$.

Блок 2. ∇ С помощью экспертов провести оценку значимости критериев и присвоить им веса ρ_i .

Блок 3. Создание (формирование) счетчика номеров итераций. При работе этого блока в «Счетчик j » добавляется единица. На экране должно быть «окно», показывающее номер текущей итерации.

Блок 4. Формирование вектора исходных ограничений $G_1(x)$ (так как это первая итерация), а также вектора расширенных ограничений при поиске компромиссного решения. Дополнительные ограничения поступают из блоков 40, 41 в процессе решения.

Блок 5. Вызов стандартной программы — решение задачи линейного программирования. Вычисляется вектор X , оптимизирующий критерий $f_i(x)$ при ограничениях $G_1(x)$, т.е. j фиксировано и показывает номер итерации.

Блок 6. На основании полученного вектора вычисляется оптимальное значение i -го критерия f_i^0 на j -й итерации. В начале решения $j = 1$.

Блок 7. Запоминание и накапливание всех оптимальных значений f_i^0 всех критериев.

Блок 8. Проверка условия. Если еще не найдены все оптимальные значения всех μ критериев, то переход на блок 5, т.е. вычисляются все оптимумы остальных критериев и накапливаются в блоке 7. Если все критерии найдены (вычислены), то переход на блок 9.

Блок 9. Формирование общего вектора Z . Из полученных по всем критериям оптимумов образуется вектор $Z = \{\max f_1(x), \dots, \max f_m(x), \max f_{m+1}(x), \dots, \max f_\mu(x)\}$ при $x \in G_1(x)$. Первая итерация. При этом $f_i(x) = f_i^0$.

Блок 10. Проверка условия. Если вычислен первый вектор Z (на первой итерации), то переход на блок 11. Если вектор Z вычисляется не первый раз, то переход на блок 37.

Блок 11. С использованием стандартной программы — решение задачи линейного программирования — вычисляется наименьшее значение максимизируемого критерия. Вычисляется $\min f_i(x)$ для всех $i = (1, 2, \dots, m)$.

Блок 12. Проверяется область $G(x)$ (в первой итерации $G_1(x)$). Если область $G(x)$ не ограничена, т.е. это первая итерация, то переход на блок 13. Если область $G(x)$ ограничена, то переход на блок 14.

Блок 13. ∇ Экспертом выбирается любое приемлемое как угодно малое значение максимизируемого критерия.

Блок 14. Запоминаются значения, выбранные экспертом в предыдущем блоке, и значения, полученные в блоке 11.

Блок 15. Проверка условия. Проверяются значения. Если найдены минимальные значения всех максимизируемых критериев, т.е. $i > m$, то переход на блок 16. Если еще не все значения найдены, то продолжается вычисление минимальных значений остальных максимизируемых критериев — переход на блок 11.

Блок 16. С использованием стандартной программы — решение задачи линейного программирования — вычисляется наибольшее значение минимизируемого критерия. Вычисляется $\max f_i(x)$ для всех $i = m + 1, m + 2, \dots, \mu$.

Блок 17. Проверка условий и значений. Если область $G(x)$ не ограничена, то переход на блок 18. Если область $G(x)$ ограничена, то переход на блок 19.

Блок 18. ∇ Экспертом выбирается любое приемлемое как угодно большое значение минимизируемого критерия.

Блок 19. Запоминаются значения, выбранные экспертом в блоке 18, и значения, полученные в блоке 16.

Блок 20. Проверка значений. Если определены максимальные значения всех минимизируемых критериев, то переход на блок 21. Если нет, то вычисление максимальных значений остальных минимизируемых критериев — переход на блок 16.

Блок 21. Формирование слагаемых обобщенного критерия, соответствующих максимизируемым критериям.

Блок 22. Запоминание этих критериев.

Блок 23. Проверка условия. Проверка значений. Если $i > m$, то переход на блок 24. Если «нет», то возвращение на блок 21.

Блок 24. Формирование слагаемых обобщенного критерия, соответствующих минимизируемым критериям.

Блок 25. Запоминание этих критериев.

Блок 26. Проверка значений. Если $i > \mu$, то переход на блок 27. Если «нет», то возвращение на блок 24.

Блок 27. Формирование обобщенного критерия.

Блок 28. С использованием стандартной программы вычисляется вектор X^1 , минимизирующий обобщенный критерий в области $G_1(x)$, так как задача заключается в том, что нужно построить такую функцию, решение которой давало бы минимальное отклонение от оптимальных значений по всем критериям, поэтому $W(x)$ минимизируем.

Блоки 29–31. Вычисляются последовательно все значения критериев от X^1 , т.е. все $f_i(x^1)$.

Блок 32. Формируется вектор Y^1 , компонентами которого являются значения критериев начиная с X^1 , оптимизирующие обобщенный критерий $Y^1: Y^1 = \{f_1(x^1), \dots, f_m(x^1), \dots, f_\mu(x^1)\}$.

Блок 33. Вывод на экран значений вектора Y^1 и вектора Z из блока 9.

Блок 34. ∇ Перед экспертом ставится вопрос: «Все ли компоненты вектора Y^1 имеют удовлетворительное решение?» или «Все ли критерии $f_i(x^1)$ имеют удовлетворительное решение?». Т.е. не на много ли отклонились значения критериев от своих оптимумов из вектора Z . В случае положительного ответа решение задачи окончено и получен искомый результат — переход на блок 35. В случае отрицательного ответа — переход на блок 36.

Блок 35. Вывод на экран полученного результата решения задачи. Окончание работы алгоритма.

Блок 36. ∇ Эксперт выбирает (указывает на) наименее удовлетворительную составляющую вектора Y^1 . Выбирает некоторое $f_i(x^1)$.

Блок 37. ∇ Перед экспертом ставится вопрос: «Является ли допустимым переход от вектора Z_{j-1} к новому вектору Z_j », т.е. допустимы ли изменения оптимальных значений, которые появятся в связи с введением дополнительного ограничения. Если «да», то переход на блок 28 и решение продолжается на новой итерации. Если «нет», то переход на блок 39.

Блок 38. ∇ Эксперт выбирает и назначает некоторое значение K_i^1 такое, что $|f_i(x^1) - f_i^0| < K_i^1$ — переход на блок 40.

Блок 39. ∇ В случае отрицательного ответа в блоке 37 эксперта просят изменить принятое ранее как удовлетворительное значение отклонения K_i^1 для критерия $f_i(x^1)$ и определить новое $K_i^{1+1} > K_i^1$ — переход на блок 41.

Блок 40. На основании указанного удовлетворяющего отклонения формируется дополнительное ограничение $|f_i(x^1) - f_i^0| < K_i^1$ — переход на блок 42.

Блок 41. На основании указанного удовлетворяющего отклонения K_i^{1+1} формируется дополнительное ограничение $|f_i(x^1) - f_i^0| < K_i^{1+1}$, которое добавляется к общей области ограничений $G(x)$ как еще одна составляющая. (Переход на блок 42.) В «Счетчик j » добавляется 1 и снова повторяется процедура решения с блока 3. В результате опять определяется новый вектор Z_j и переход на блок 28, в котором для области допустимых значений с добавлением ограничений по K_i^{1+1} проводится оптимизация по обобщенному критерию, в результате получаем вектор Y^{1+1} — блок 32. Далее (блок 34) перед экспертом вновь ставится вопрос: «Все ли критерии $f_i(x^{1+1})$, т.е. компоненты нового вектора Y^{1+1} , имеют удовлетворительное значение». При положительном ответе решение задачи окончено и вектор Y^{1+1} — искомый результат (блок 35). При отрицательном ответе повторяется процедура с блока 36.

Блок 42. К общей области ограничений $G(x)$ добавляется как еще одна составляющая новое ограничение $|f_i(x^1) - f_i^0| < K_i^1$.

Блок 43. В счетчик итераций «Счетчик j » добавляется 1 и переход на блок 3. При новой области ограничений повторяется процедура решения с блока 3. В результате этих процедур определяется новый вектор Z_j (j -я итерация в блоке 9). Переход на блок 37.

Выходные данные:

1) вектор Y^1 , компонентами которого являются значения критериев от X^1 , которые оптимизируют обобщенный критерий. Этот вектор дает оптимум одновременно всем критериям вектора F .

Обобщенная схема алгоритма решения многокритериальной задачи оптимизации представлена на рис. 1.

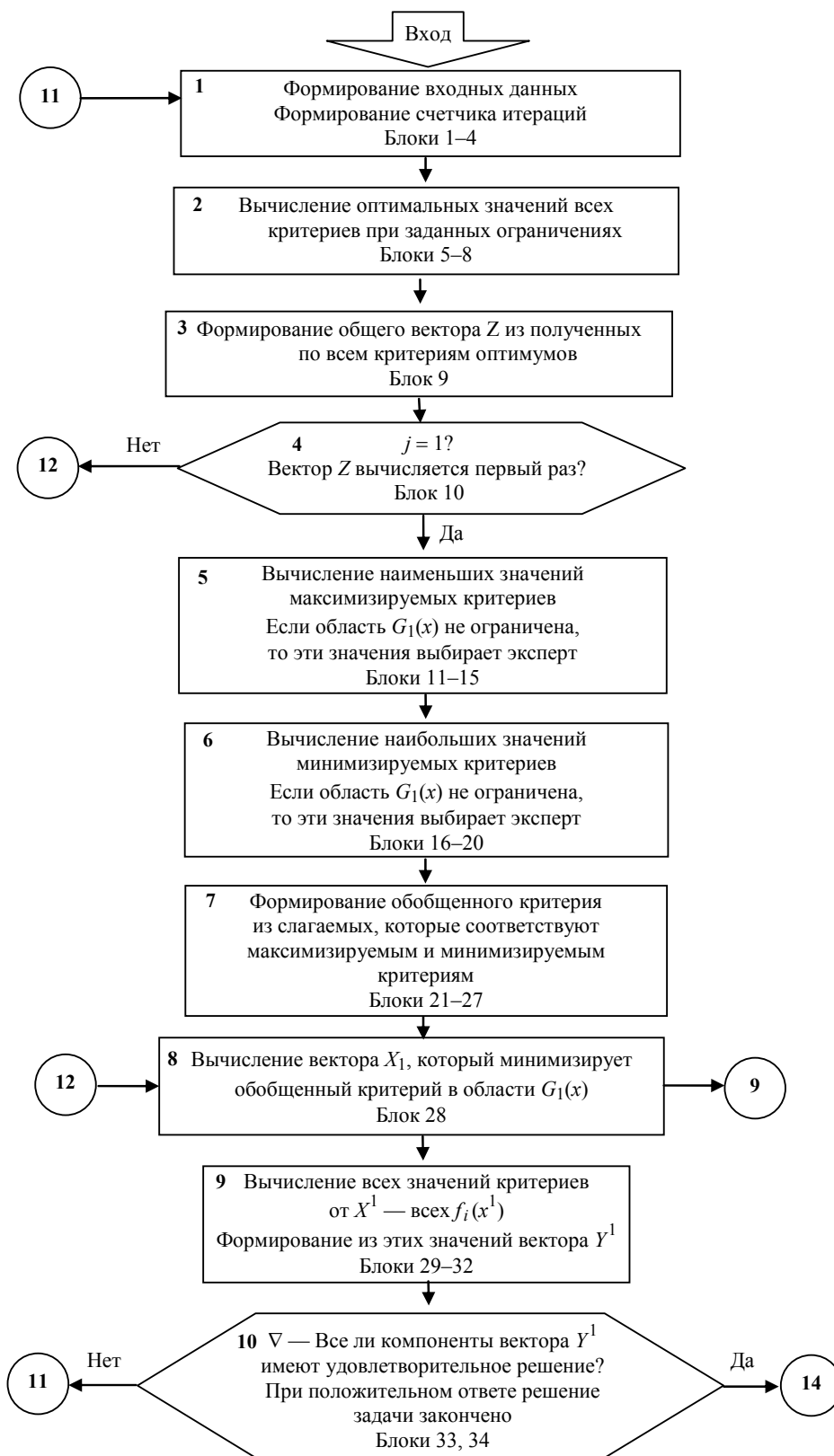
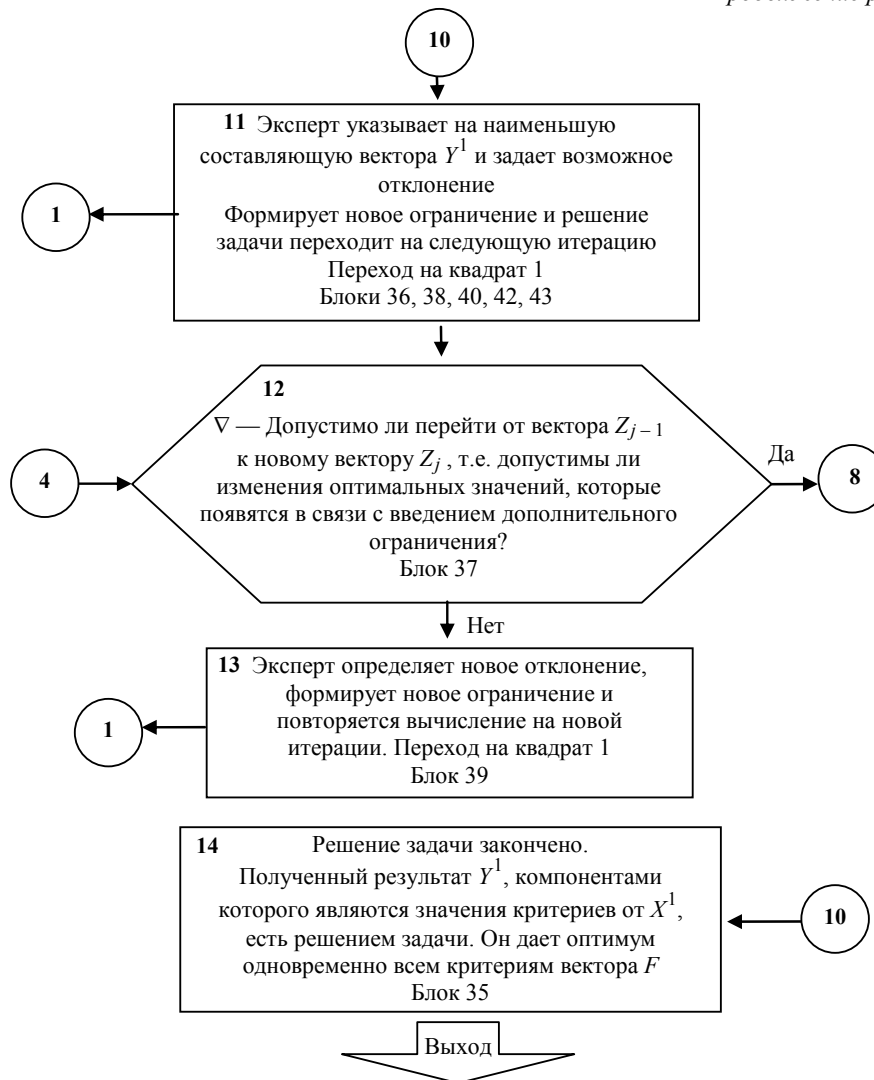


Рис. 1



Рассмотренный подход позволяет решить одну из проблем интеллектуализации принятия решений в управлении предприятием, которая сложна и многогранна. В связи с этим представляется целесообразным дальнейшее развитие работ в этом направлении.

1. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Модели и методы оптимизации надежности сложных систем. — К.: Наук. думка, 1992. — 538 с.
2. Павлов В.В., Мельников С.В. Концептуальные представления по организации систем разного управления сложными динамическими объектами в условиях неопределенности // Кибернетика и вычисл. техника. — 2004. — Вып. 142. — С. 3–15.
3. Simon H.A. The science of the artificial: 2d ed. — Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

Международный научно-учебный центр
информационных технологий и систем
НАН Украины и Министерства
образования и науки Украины, Киев

Получено 26.12.2007