

На правах рукописи



Гимон Дмитрий Валентинович

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ГРУППОВЫХ
РЕШЕНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ
ГАЗИФИКАЦИИ**

Специальность 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка
информации» (технические науки)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва – 2007

Работа выполнена в Российском государственном университете нефти и газа имени И.М. Губкина.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Степин Юрий Петрович
Официальные оппоненты – д.т.н., проф. Трахтенгерц Эдуард Анатольевич
– к.т.н., доц. Сухов Игорь Евгеньевич
Ведущая организация – ОАО «Промгаз», г. Москва.

Защита состоится 6 ноября 2007 г. в 15 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.200.09 при Российском государственном университете нефти и газа имени И.М. Губкина по адресу: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, 65, ауд. 202

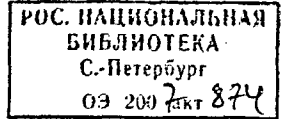
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного университета нефти и газа имени И. М. Губкина.

Автореферат разослан «4» сентября 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета, к.т.н. Великанов Д.Н.



2007А
21832



Актуальность проблемы

В настоящее время в Российской Федерации идут интенсивные работы по газификации регионов России. Только программа «Газификация регионов РФ на 2005-2007 гг.», принятая ОАО «Газпром», охватывает 53 региона.

Одними из наиболее важных задач в реализации этих программ являются задачи определения списка подлежащих газификации объектов (населенных пунктов и крупных промышленных потребителей) и определения графиков их подключения к системе газоснабжения.

Основными факторами, влияющими на состав и график реализации региональных программ газификации, является экономическая эффективность поставки газа каждому потребителю, социальная значимость газификации и техническая и технологическая готовность потребителей к приему газа. Помимо этого на формирование программы газификации влияет наличие на территории региона малых месторождений газа и уже существующих газотранспортных и газораспределительных сетей, а также огромный объем обрабатываемой информации, на основании которой принимаются решения.

В этих условиях формирование и реализация региональных программ газификации сопровождается с одной стороны статистической неопределенностью, определяемой экономическими, техническими и технологическими особенностями функционирования системы газоснабжения, а с другой – неопределенностью, связанной с тем, что для формирования программ часто привлекаются группы экспертов. Это приводит как к неопределенности, обусловленной субъективностью экспертных оценок, так и к необходимости согласования позиций экспертов – выработке группового решения.

Поэтому перед предприятиями отрасли, занятыми выполнением программ газификации, особенно остро стоит проблема эффективного формирования и реализации этих программ с учетом комплекса экономических, социальных и технологических факторов.

В настоящее время имеется значительный пробел в моделях и алгоритмах, позволяющих учитывать все перечисленные выше факторы, влияющие на формирование и реализацию программ газификации.

Вследствие этого, проблема автоматизации поддержки принятия решений при формировании региональных программ газификации является актуальной, а ее решение невозможно без создания моделей и алгоритмов соответствующей компьютерной системы поддержки принятия групповых решений.

Цель диссертационного исследования заключается в повышении уровня обоснованности формируемых региональных программ газификации за счет разработки моделей и алгоритмов поддержки принятия групповых решений, учитывающих многофакторность принимаемых решений в условиях неопределенности.

Основными задачами исследования, определенными поставленной целью, являются:

- исследование факторов, влияющих на формирование программ газификации и на определение перспектив использования малых месторождений газа;
- разработка моделей и методов группового многокритериального выбора вариантов проектов в условиях неопределенности;
- разработка моделей и методов поддержки принятия решений при формировании региональных программ газификации;
- разработка структуры системы поддержки принятия групповых решений при решении задачи формирования региональных программ газификации.

Методы исследования

При решении поставленных задач были использованы принципы системного анализа, теории нечетких множеств, математического

программирования и методология проектирования агентно-ориентированных систем.

Научная новизна результатов, полученных в диссертационной работе, состоит в том, что:

1. Разработана математическая модель и алгоритм решения задачи нечеткого группового выбора вариантов проектов, позволяющие учитывать разнородные критерии и ограничения, определяемые в условиях неопределенности, а также выявлять и согласовывать наименее согласованные экспертные данные, влияющие на групповой выбор.
2. Разработана многокритериальная дискретно-непрерывная модель задачи формирования региональной программы газификации, учитывающая экономические, социальные и технологические факторы, в том числе связанные с наличием малых месторождений газа и состоянием существующих на территории региона газотранспортной и газораспределительных сетей.
3. Разработан алгоритм решения задачи формирования региональных программ газификации, как задачи многокритериального группового выбора в условиях неопределенности.
4. Предложено использовать агентно-ориентированный подход для создания распределенной системы поддержки принятия решения при формировании региональных программ газификации.
5. Разработана структура распределенной многоагентной системы поддержки принятия групповых решений при формировании региональных программ газификации.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в том, что разработанные модели и алгоритмы способствуют повышению качества принимаемых решений при формировании региональных программ газификации за счет учета разнородных факторов, влияющих на формирование этих программ в условиях неопределенности.

Это позволяет эффективнее использовать экономические ресурсы и производственные мощности, что в свою очередь позволяет усилить социальный эффект от газификации.

Разработанные модели и алгоритмы могут быть применены в учебном процессе для изучения проблем принятия многокритериальных групповых решений в условиях неопределенности.

Апробация работы

Основные теоретические результаты работы были доложены и обсуждались на следующих конференциях:

1. 5-я научно-техническая конференция «Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России», Москва, январь 2003 г.
2. Заседания научных секций ОАО «Промгаз», Москва, май-июнь 2007г.

Публикации

Основное содержание работы отражено в четырех печатных работах.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, и одного приложения. Общий объем работы 139 страниц, в том числе 20 рисунков и 31 таблица. Список литературы включает 105 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель исследования, приведены задачи и методы исследований и дано краткое содержание работы.

В первой главе проведен анализ задач, возникающих при формировании программ газификации регионов РФ, показавший, что ощущается нехватка адекватных моделей формирования региональных программ газификации, то есть выбора состава и очередности подключения к системе регионального газоснабжения объектов газификации, учитывающих многофакторный характер принимаемых решений. Также актуальным вопросом является определение перспектив использования малых

месторождений газа, находящихся на территории региона, для газоснабжения региональных потребителей.

Анализ существующего и применяемого в России метода формирования региональных программ газификации показал, что этот метод учитывает в явном виде только экономические показатели газификации отдельных объектов, в то время как остальные факторы учитываются только в неформализованной экспертной процедуре.

Анализ мирового опыта показывает, что формирование программ газификации, как правило, рассматривается как комплексная задача, учитывающая не только характеристики потребителей, но и параметры источников не только газа, но и других энергоресурсов. Применение этих моделей невозможно из того, что они не учитывают особенности экономики России.

Так как большинство компаний, участвующих в газификации, входят в состав ОАО «Газпром», газификация региона может рассматриваться как единый инвестиционный проект.

Анализ задачи формирования региональных программ газификации показал, что на формирование программ газификации влияет большое число факторов, основными из которых являются: рентабельность газификации; социальная значимость газификации; готовность объектов газификации к приему газа; готовность газотранспортных сетей к обеспечению потребителей газом; согласованность со строительством объектов, сооружаемых за счет других источников финансирования и загрузка существующих газопроводов.

В результате анализа исходных данных было выявлено, что часть исходных данных, описывающих объекты газификации, газопроводы и месторождения носит неточный характер. Неопределенность исходных данных имеет различную природу. Статистическая неопределенность обусловлена как техническими и технологическими особенностями функционирования объектов газового хозяйства, так и случайными

процессами, определяющими экономические характеристики. Также неопределенность обусловлена невозможностью точного расчета ряда характеристик, для определения которых используются объекты-аналоги. Социальная значимость, готовность потребителей и некоторые другие характеристики объектов газификации могут быть получены только экспертным путем. Поэтому третий вид неопределенности связан с субъективностью позиций привлекаемых экспертов. Для снижения влияния субъективности на принимаемые решения привлекается группа экспертов, из-за чего возникает необходимость согласования экспертных мнений.

Для учета критериев, связанных с годовыми объемами характеристиками добычи и транспортировки газа, а также для согласования программы с программами строительства отдельных объектов, финансируемых из других источников, программы газификации необходимо формировать по годам. Задачу формирования региональных программ газификации следует решать параллельно с задачей планирования ввода в эксплуатацию малых месторождений газа, так как с одной стороны график их ввода зависит от объемов потребления газа, а с другой стороны характеристики месторождений и их расположение оказывают влияние на формирование программы газификации. Объединение этих задач также позволяет учитывать характеристики газотранспортных сетей от месторождений к потребителям.

Таким образом, задача формирования региональных программ газификации является задачей многокритериального группового выбора.

Проведенный анализ существующих математических моделей показал, что наиболее близкой к задаче формирования программы газификации, как проблеме группового выбора в условиях неопределенности, является задача нечеткого выбора вариантов проектов одним экспертом, для которой уже существует алгоритм решения на основе метода «ветвей и границ» с использованием аппарата теории нечетких множеств. Во второй главе

предложен алгоритм, позволяющий объединить существующий алгоритм для одного эксперта с механизмом согласования групповых решений.

Большой объем информации и необходимость организации процесса согласования делает невозможной выработку решения без использования компьютерных систем поддержки принятия решений (СППР).

В главе представлен анализ систем поддержки принятия групповых решений как класса СППР.

Анализ задач, стоящих перед системами поддержки принятия групповых решений, и анализ уже разработанных систем показал, что система поддержки принятия групповых решений должна быть распределенной, для того, чтобы обеспечивать связь между участниками согласования. В тоже время каждый эксперт должен быть обеспечен необходимыми инструментами индивидуальной поддержки принятия решений. Анализ методов проектирования распределенных систем показал, что наиболее перспективным для разработки такой системы поддержки принятия решения является агентно-ориентированный подход, заключающийся в проектировании таких систем, как множества взаимодействующих между собой программных модулей-агентов.

Во второй главе предложена математическая модель и алгоритм нечеткого группового многокритериального выбора вариантов проектов, которые необходимы для решения задачи формирования региональных программ газификации.

Задача нечеткого группового выбора вариантов проектов формулируется следующим образом. Пусть имеется N объектов. В случае планирования газификации региона, объектами являются потребители газа. К каждому из этих объектов может быть применен один из M проектов, определяющих год газификации объекта. Эффективность применения j -го проекта к i -му объекту может быть оценена по R критериям. Пусть множество критериев состоит из S субъективных (экспертных) и P объективных критериев. Примером экспертных оценок эффективности

может служить социальная значимость газификации объекта. Примером субъективного критерия является экономический эффект программы газификации. Экспертные оценки определяют L экспертов. C_{ij}^l – оценка эффективности применения j -го проекта к i -му объекту по субъективному l -му критерию по мнению l -го эксперта; C_{ij}^r – оценка эффективности применения j -го проекта к i -му объекту по объективному критерию r . Метод задания таких оценок зависит от смыслового значения критерия.

На реализацию всех проектов в совокупности накладывается H ресурсных ограничений, например, ограничение на объем капитальных вложений. Пусть a_{ij}^h – количество ресурсов h -го типа, требуемых для реализации j -го проекта на i -м объекте; A^h – суммарное количество ресурсов h -го вида, имеющихся в компании, а ΔA^h – допустимое превышение суммарного количества ресурса h -го вида.

Необходимо для каждого объекта выбрать такой проект, при котором критерии эффективности будут максимальными. Нечеткая постановка задачи выражается в том, что, если оценки эффективности и требуемые количества ресурсов, входящие в критерии и ограничения, определяются в условиях неопределенности, то требование точного достижения максимума и соблюдения ресурсных ограничений не является обоснованным. Для обозначения нечеткости используется знак « \sim ».

Оптимизационная задача группового выбора вариантов проектов имеет вид:

$$\sum_i^N \sum_j^M C_{ij}^l x_{ij} \rightarrow \max, \quad \forall r = \overline{1, S}, \quad l = \overline{1, L}, \quad (1)$$

$$\sum_i^N \sum_j^M C_{ij}^r x_{ij} \rightarrow \max, \quad \forall r = \overline{1, P}, \quad (2)$$

$$\sum_i \sum_j^{M_i} a_{ij}^h x_{ij} \leq A^h, \forall h = \overline{1, H}, \quad (3)$$

$$\sum_j^{M_i} x_{ij} = 1, \forall i = \overline{1, N}, \quad (4)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{когда } j\text{-й проект назначается на } i\text{-й объект,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Решением задачи выбора вариантов проектов (1) – (4) является матрица $\|x_{ij}\|$.

В основе алгоритма решения задачи группового выбора вариантов проектов лежит метод решения нечеткой задачи выбора варианта проектов в постановке для одного эксперта, объединяющий метод «ветвей и границ» и принцип Беллмана-Заде.

Основной особенностью предлагаемого метода для решения задачи с группой экспертов является механизм согласования позиций экспертов, интегрированный в алгоритм решения задачи. Это позволяет определять и согласовывать экспертные оценки только по позициям, оказывающим влияние на итоговое решение. Решение находится за N шагов, на каждом из которых определяется проект для одного объекта. Для этого на каждом шаге все множество решений делится на подмножества, которые отличаются выбором проекта для рассматриваемого на этом шаге объекта.

Для сравнения подмножеств используются значения функций принадлежности каждого подмножества по критериям к множеству решений, включающему в себя оптимальное по этому критерию решение, и по ограничениям к множеству, включающему в себя допустимое решение.

Значение функции принадлежности лежит в интервале $[0,1]$. Для критериев равенство функции принадлежности единице означает то, что в оцениваемом подмножестве находится лучшее по этому критерию решение.

Для ограничений значение функции принадлежности равно единице означает наличие допустимых решений в подмножестве.

Для вычисления значений функций принадлежности на i -м шаге рассчитываются максимальные значения критериев и минимальные значения левой части ограничений для решений рассматриваемого подмножества:

$$\xi^{lr}(G_J^{(i)}) = \sum_{i=1}^{i-1} \sum_{j=1}^{M_i} c^{lr}_{ij} x_{ij} + c^{lr}_{i,J} + \sum_{i=i'+1}^n \max c^{lr}_{ij} \quad (5)$$

$$\psi^h(G_J^{(i)}) = \sum_{i=1}^{i-1} \sum_{j=1}^{A_i} a_{ij} x_{ij} + a_{i,J} + \sum_{i=i'+1}^n \min a_{ij}^h \quad (6)$$

По этим значениям рассчитываются соответствующие функции принадлежности:

- для критериев

$$\mu^{\xi}_{\xi}(G_J^{(i)}) = \frac{\xi^{lr}(G_J^{(i)}) - \xi^{lr}_{\min}}{\xi^{lr}_{\max} - \xi^{lr}_{\min}} \quad (7)$$

- для ресурсных ограничений

$$\mu^h_{\psi}(G_J^{(i)}) = \begin{cases} 1, & \text{при } \psi^h(G_J^{(i)}) < A^h \\ \frac{A^h_{\max} - \psi^h(G_J^{(i)})}{A^h_{\max} - A^h}, & \text{при } A^h < \psi^h(G_J^{(i)}) < A^h_{\max} \\ 0, & \text{при } \psi^h(G_J^{(i)}) > A^h \end{cases} \quad (8)$$

$\Delta A^h = A^h_{\max} - A^h$, A^h_{\max} - максимально возможное количество ресурса h -го вида, имеющегося в системе.

Таким образом, для каждого подмножества ветвления рассчитывается набор значений функций принадлежности по объективным критериям и ограничениям и наборы таких значений по субъективным критериям для каждого эксперта. Принцип расчета функций принадлежности зависит от особенностей критериев и ограничений.

Согласование выбора проекта происходит в два этапа. На первом этапе проекты согласуются по Парето, то есть для каждого эксперта выбираются

такие альтернативы (подмножества решений), которые для него являются неразличимо лучшими.

В каждое такое множество $D_{(i)}^l$ на i -м шаге войдут все альтернативы j , для которых сравнение j -й и любой другой J -й альтернативы обеспечит выполнение неравенств $\mu_{\xi}^{lr}(G_j^{(i)}) > \mu_{\xi}^{lr}(G_j^{(i)}); \mu_{\psi}^h(G_j^{(i)}) > \mu_{\psi}^h(G_j^{(k)})$, где $j \neq J, \forall h = \overline{1, H}, l = \overline{1, L}, \forall r = \overline{1, P + S}$.

Смысл этого принципа согласования в том, что если для эксперта какие-то альтернативы неразличимы, то для согласования с другими экспертами среди них можно выбрать любую другую. Если множество пересечения таких альтернатив между всеми экспертами состоит из одного проекта, то он выбирается, как согласовано лучший. Если множество пересечения состоит из нескольких альтернатив или оно пустое, то лучшее решение выбирается из множества пересечения или из всего множества альтернатив соответственно. Для сравнения подмножеств предложено использовать принцип Беллмана-Заде, в соответствии с которым выбирается минимальное значение функции принадлежности для каждой альтернативы из значений функций принадлежности по объективным критериям, ограничениям и субъективным критериям для всех экспертов.

$$\mu_{\min}^{(i)} j = \min(\mu_{\xi}^{11}(G_j^{(i)}), \dots, \mu_{\xi}^{L1}(G_j^{(i)}), \dots, \mu_{\xi}^{L1}(G_j^{(i)}), \dots, \mu_{\xi}^{LR}(G_j^{(i)}), \mu_{\psi}^1(G_j^{(i)}), \dots, \mu_{\psi}^H(G_j^{(i)})). \quad (9)$$

То подмножество, для которого это значение будет максимальным, является согласованно лучшим, что позволяет гарантировать, что если все остальные значения функций принадлежности выше того, по которому рассматривая альтернатива оказалась лучшей, то можно считать что альтернатива лучше по всему массиву значений функции принадлежности.

Принцип Беллмана-Заде позволяет гарантированно находить решение, независимо от согласованности позиций экспертов. Минимальное значение функций принадлежности выбранного подмножества показывает степень

согласованности экспертов. Если выбор на данном шаге является плохо согласованным, то экспертам необходимо скорректировать свои позиции по оценкам рассматриваемого на этом шаге объекта. Для определения необходимости в такой корректировке на каждом шаге алгоритма определяется взвешенная величина согласованности:

$$\lambda_i = \min_{l,r} (\mu_{i,r}^{lr} (G_{j(i)}^{(l)}) * (1 - w_l^r)), \quad \forall r = \overline{1, R}, \quad l = \overline{1, L}, \quad (10)$$

где $j(i)$ - выбранное на этом шаге направление ветвления ($x_{ij(i)} = 1$), а w_l^r - вес критерия r с точки зрения эксперта l , позволяющий при согласовании учитывать важность критерия и как следствие важность данной по нему экспертом оценки. Если этот показатель ниже некоторого наперед заданного порога, то необходимо провести согласование позиций экспертов по конкретному объекту в форме переговоров.

Предложенный алгоритм позволяет находить согласованное решение задачи выбора вариантов проектов в условиях неопределенности и является основой алгоритма решения задачи формирования региональной программы газоснабжения.

В третьей главе представлена математическая модель и алгоритм решения задачи формирования региональной программы газификации.

Для решения задачи система регионального газоснабжения представляется в виде графа. Вершинами этого графа являются месторождения, газораспределительные станции (ГРС), газораспределительные пункты (ГРП), головные газораспределительные пункты (ГРП) и объекты газификации, а ребрами возможные и существующие участки газопроводов.

Для описания топологии графа используются булевы переменные.

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если на } i\text{-й объект газификации может поступать} \\ & \text{газ из } j\text{-го месторождения,} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$p_{ij}^s = \begin{cases} 1, & \text{если для для поставки газа } i\text{-му потребителю из } j\text{-того месторождения} \\ & \text{необходим } s\text{-й участок газопровода,} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$\text{Пусть } x_{it} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й объект подключен к системе в } t\text{-й год,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Q_i^c – объем годового потребления i -го объекта газификации. Q_i^e – объем фактической добычи на j -м месторождении в t -м году, Q_i^f – объем транспортировки газа из j -го месторождения i -му потребителю в год t .

Для учета газа, поступающего из внешних по отношению к региону источников, в задачу может быть введено виртуальное месторождение с соответствующими характеристиками, а для учета поставки газа из региональной системы газоснабжения потребителям, находящимся вне региона вводится дополнительный условный объект газификации с соответствующим этим поставкам объемом потребления.

Основные, влияющие на выбор программы газификации факторы, были учтены в виде критериев и ограничений, которые делятся на три группы: экономические, социальные и технические.

Для определения экономической эффективности объектов газификации был взят метод, разработанный и применяемый ОАО «Промгаз». Этот алгоритм заключается в сравнении объектов газификации по величине тарифа T_i^{ind} , при котором проект газификации достигает требуемой нормы доходности. Чем ниже тариф, тем выгоднее газифицировать объект. Для оценки экономической эффективности варианта программы в целом определяется единый тариф по всей программе газификации, при условии поставок каждому потребителю газа в требуемых ему годовых объемах (Q_i)

по тарифам T_i^{ind} . Критерий экономической эффективности, опирающийся на существующий метод экономического расчета, программы имеет вид:

$$\frac{\sum_i^{Nc} x_{iM} T_i^{ind} \cdot Q_i + T_{mp_cp} \cdot Q_{GPO}}{\sum_i^{Nc} x_{iM} Q_i + Q_{GPO}} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где T_{mp_cp} – тариф для существующих потребителей, и Q_{GPO} – объем существующих на начало реализации программы поставок.

Критерий максимальной эффективности транспортировки газа по магистральным газопроводам:

$$\sum_i^M \sum_l^{Nc} \sum_j^{Nf} C_{ij}^{mp} Q_{ij} \rightarrow \max, \quad (12)$$

где C_{ij}^{tr} – эффективность транспортировки единицы объема газа от j -го месторождения i -му потребителю. В качестве оценки эффективности предложено использовать величину обратную экономически обоснованному тарифу транспортировки по этому маршруту.

Критерий оптимизации добычи газа:

$$\sum_i^M \sum_l^{Nc} \sum_j^{Nf} C_j^f Q_{ij} \rightarrow \max, \quad (13)$$

где C_j^f – эффективность добычи газа на i -м месторождении.

Максимальной эффективности транспортировка газа достигает при максимальной загрузке трубопроводов, соответствующий критерий имеет вид:

$$\sum_i^M \sum_s^{Ns} \left(\sum_i^{Nc} \sum_j^{Nf} Q_{ij} P_{is} - Q_s \right) \rightarrow \max, \quad (14)$$

где Q_s – максимальная пропускная способность s -го участка газопровода.

Ограничение на объем инвестиций:

$$\sum_i^{N_c+N_f} \left[(A^{inv}_{i0} - F_0^i)x_{i0} + \sum_{t=1}^m (A^{inv}_{it} - F_t^i)(x_{it} - x_{it-1}) \right] < A^{inv} \quad (15)$$

где F_t^i – объем инвестиций поступающих для подключения i -го объекта газификации из внешних источников в t -й год, A^{inv} – максимальный объем инвестиций, которые могут быть вложены в проект, A^{inv}_{it} – объем инвестиций, необходимый для подключения i -го потребителя или месторождения в t -й год.

Ограничение, определяющее согласованность программы газификации со сроками строительства отдельных объектов газотранспортной и газораспределительной сетей, финансирование которых осуществляется из других источников (например, региональных и местных бюджетов):

$$Mx_M - \sum_{t=1}^{M-1} x_t \geq Y_i, \forall i = \overline{1, N_c}, \quad (16)$$

$$\text{где } Y_i = \max_i \left(\frac{tF_t^i}{\sum_t F_t^i} \right). \quad (17)$$

Критерий социальной значимости газификации имеет вид:

$$\sum_{i=1}^{N_c} \frac{1}{R_i^l} \left(\sum_{t=1}^M x_{it} \right) \rightarrow \min, \quad (18)$$

где R_i^l – ранг i -го объекта по мнению эксперта l равный 1, 2, 3 и т.д.

Готовность потребителей к приему газа определяется ограничением:

$$M + 1 - \sum_{i=1}^M x_{ii} > R_i^{r(i)}, \forall i = \overline{1, Nc}, \quad (19)$$

где $R_i^{r(i)}$ экспертная оценка, показывающая через сколько лет объект i будет готов к приему газа по мнению эксперта l .

Готовность транспортной системы к подключению i -го потребителя определяется как готовность маршрута транспортировки от того месторождения, маршрут газопровода от которого будет готова к транспортировке газа раньше других:

$$M + 1 - \sum_{i=1}^M x_{ii} > R_{ii}^{rr(i)}, \forall i \quad (20)$$

где $R_{ii}^{rr(i)} = \min(R_{ij}^{rr(i)})$, $\forall j, r_{ij} = 1$, $R_{ij}^{rr(i)} = \max(R_s^{rs(i)})$, $\forall s, p_{ij}^s = 1$, $R_{ii}^{rs(i)}$ – продолжительность строительства участка s по мнению эксперта l , $R_{ij}^{rr(i)}$ – готовность маршрута от j -го месторождения до i -го потребителя, а $R_{ii}^{rr(i)}$ – газотранспортной сети к подключению i -го потребителя.

Необходимо, чтобы соблюдалось ограничение по пропускной способности участка газопровода:

$$\sum_i^{Nc} \sum_j^{Nf} Q_{ij} p_{is} \leq Q_s, \forall s = \overline{1, Ns} \quad (21)$$

Гидравлические ограничения определяют связь объемных характеристик между собой:

$$Q_{it}^f \leq Q_{i(t-1)}^{f \max} \quad (22)$$

$$\sum_j^{Nf} x_{jt} Q_{jt} r_{ij} = Q_i^s, \forall i = \overline{1, Nc}, \forall t = \overline{1, M}, x_{ii} = 1 \quad (23)$$

$$\sum_i^{Nc} x_{it} Q_{it} r_{ij} \leq Q_{i(t-1)}^{f \max}, \forall j = \overline{1, Nf}, \forall t = \overline{1, M}, x_{jj} = 1 \quad (24)$$

$Q_{i(t-t_i)}^{\max}$ – объем максимального отбора газа на i -м месторождении в t -й год при условии ввода месторождений в эксплуатацию в t_i -м году.

Для задания структуры матрицы $\|x_{it}\|$ используются следующие выражения:

$$x_{it} \geq x_{it-1}, i = \overline{1..Nc + Nf}, \quad (25)$$

$$x_{it} = \{0, 1\}. \quad (26)$$

В предложенной модели присутствуют два набора переменных: x_{it} и Q_{ijt} , относя ее к классу дискретно-непрерывной оптимизации.

Так как в состав задачи входят неточные и экспертные данные, получаемые от группы экспертов, а решением задачи является матрица булевых величин $\|x_{ij}\|$, предложено решать эту задачу как задачу нечеткого группового выбора вариантов проектов.

Объектами в понятии этого метода являются объекты газификации и месторождения, а проектами – год подключения объекта или ввода в эксплуатацию месторождений. Для этого за основу алгоритма решения был взят метод, предложенный в главе 2.

Отличительной особенностью предлагаемого алгоритма от алгоритма, предложенного в главе 2, позволяющей учесть присутствие в модели переменных Q_{ijt} , является принцип определения значений функции принадлежности.

Для критериев и ограничений, в которых неизвестными являются только переменные x_{it} , определение значений функции принадлежности осуществляется аналогично формулам (7) – (8).

Особый интерес представляют критерии и ограничения, в которые входят переменные Q_{ijt} . Нет необходимости оптимизировать связанные с объемами транспортировки газа критерии, как отдельные критерии на протяжении всего времени реализации программы газификации, а достаточно оптимизировать их отдельно по годам и затем просуммировать

оптимальные значения для определения влияния срока подключения объекта на суммарное оптимальное значение этого критерия.

Для расчета максимального значения критерия на каждом году реализации программы газификации составляется оптимизационная однокритериальная задача, в которую кроме этого критерия входят гидравлические ограничения. Например, для критерия оптимизации транспортировки газа такая задача имеет вид:

$$F_i^r \max (G_i^{(r)}) = \sum_i^{Nc} \sum_j^{Nf} C_{ij}^{mp} Q_{ij} \xrightarrow{\rho} \max, \quad (27)$$

$$\sum_i^{Nc} x_{ij} Q_{ij} r_{ij} \leq Q_{ij}^{f \max} x_{ij}, \quad \forall j = \overline{1, Nf}, \quad (28)$$

$$\sum_j^{Nf} x_{ij} Q_{ij} r_{ij} = Q_i^c x_{ij}, \quad \forall i = \overline{1, Nc}, \quad (29)$$

$$\sum_i^{Nc} \sum_j^{Nf} Q_{ij} p_{is} \leq Q_s, \quad \forall s = \overline{1, Ns}. \quad (30)$$

Значение всех критериев улучшаются при увеличении числа подключаемых объектов. Поэтому следует считать все объекты, для которых срок ввода в эксплуатацию не определен, введенными в эксплуатацию в первый год, удовлетворяющий точным ограничениям. Задача решается как транспортная задача относительно переменных Q_{ij} . Затем оптимальные значения критерия суммируются по годам и определяется значение критерия для рассматриваемого подмножества. После этого алгоритм поиска согласованного решения полностью совпадает с алгоритмом решения задачи выбора вариантов проектов, предложенным в главе 2.

За число шагов, равное сумме числа объектов газификации и числа месторождений, формируется региональная программа газификации, которая также определяет сроки ввода в эксплуатацию малых месторождений газа.

В главе 3 рассчитан численный пример формирования программы газификации, за основу которого взяты данные по фрагменту пташирусой в

Иркутской области газораспределительной сети. Для расчета примера было создано программное обеспечение, реализующее предложенные математические модели. Анализ результатов расчетов и их сравнение с применяемой в настоящее время методикой показал адекватность предлагаемых моделей.

В четвертой главе предложена архитектура распределенной многоагентной системы поддержки принятия групповых решений при формировании региональных программ газификации. Использование агентно-ориентированного подхода и связанных с ним методологий обусловлено необходимостью разработки системы поддержки принятия решений как распределенного программного комплекса с возможностью автономной работы отдельных модулей. Этот подход позволяет к созданию таких систем освобождает разработчиков от необходимости уделять внимание низкоуровневому проектированию отдельных модулей и взаимодействия между ними.

В ходе анализа было выявлено, что методология GAIA является наиболее полной из существующих методологий проектирования многоагентных систем. В соответствии с этой методологией разработана структура системы поддержки принятия группового решения для решения задачи формирования региональных программ газификации.

На этапе анализа решаемой проблемы выявлены роли в понятиях методологии GAIA, присутствующие в процессе выработки группового решения: организатор и помощник эксперта. Для каждой роли определены задачи и протоколы взаимодействия с другими ролями.

На этапе проектирования многоагентной системы определена топология связей между ролями, количество их появления в системе. На основании полученных данных определены два типа агентов, выполняющих роли организатора и помощника эксперта и топология конечной многоагентной системы.

Затем проведено соответствие между агентной моделью распределенной системы поддержки принятия группового решения и объектно-ориентированной моделью, системы в терминологии языка Java, реализация которой с использованием библиотеки интеллектуальных агентов JADE и учетом выделенных классов и методов представляет производственную задачу.

Многоагентная модель распределенной системы поддержки принятия решений при формировании региональных систем газификации позволяет организовать сбор и обработку экспертной и прочей информации для решения задачи формирования региональной программы газификации, обеспечивая экспертов необходимыми инструментами проведения переговоров, соответствующими моделям и алгоритмам, предложенным в главе 3.

Основные результаты и выводы

Проведенное исследование, направленное на создание моделей и алгоритмов, а также разработку программного обеспечения соответствующей компьютерной СППР для решения задач многокритериального группового выбора, формирования и реализации региональных программ газификации, позволяет зафиксировать следующие выводы:

1. Задачу формирования программ газификации предложено решать как задачу нечеткого многокритериального группового выбора, что позволяет учесть большее число экономических, социальных и технологических факторов, имеющих статистическую неопределенность, обусловленную как особенностями эксплуатации газотранспортных и газораспределительных сетей и малых месторождений газа, так и особенностью экономики потребления газа; неопределенность, связанную с экспертной (субъективной) информацией; необходимость согласования групповых решений. Такой подход позволяет учитывать реальные условия формирования и реализации программ газификации.

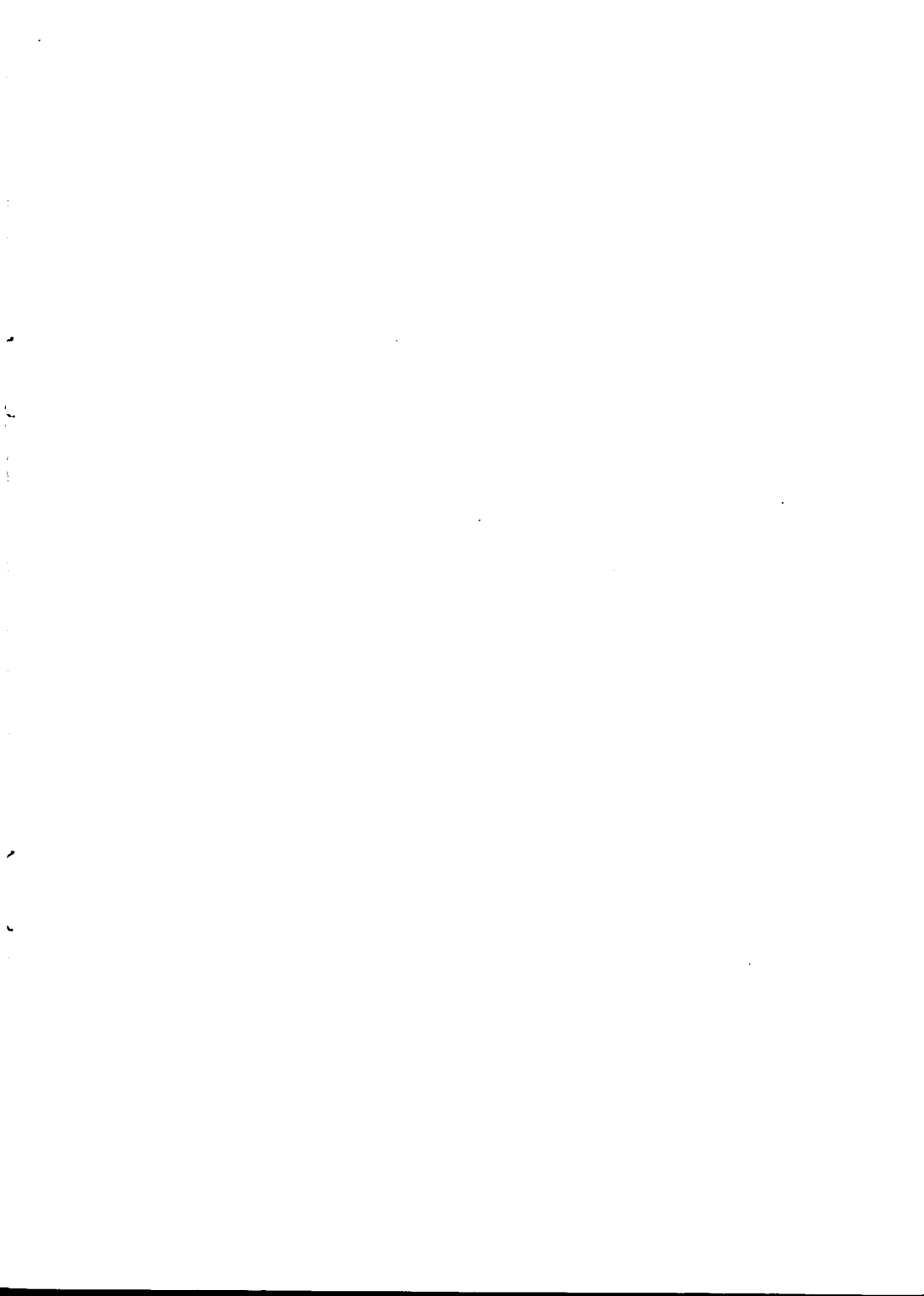
2. Для решения задачи нечеткого многокритериального группового выбора разработана модель и алгоритм решения, базирующийся на методе «ветвей и границ», где для нечеткого сравнения подмножеств решений применяются функции принадлежности, вычисляемые на основании критериев оптимальности, а для получения согласованного оптимального решения – принципы Парето и Беллмана-Заде. Предложенный алгоритм позволяет, как находить и оценивать степень согласованности, так и выявлять наименее согласованные оценки экспертов. Все это позволяет на их основе создавать компьютерные СППР поддержки принятия групповых решений.
3. На базе модели нечеткого многокритериального группового выбора вариантов проектов предложена многокритериальная модель нечеткой дискретно-непрерывной оптимизации группового выбора вариантов программы газификации, учитывающая экономические, социальные и технологические критерии.
4. Предложен алгоритм решения задачи формирования региональной программы газификации, сводящий эту задачу к задаче дискретного нечеткого группового выбора, за счет предложения способов расчета функций принадлежности по критериям и ограничениям, в состав которых входят непрерывные переменные.
5. Предложено использовать агентно-ориентированный подход для проектирования системы поддержки принятия группового решения задачи формирования программы газификации. Была спроектирована многоагентная модель распределенной системы поддержки принятия решений при формировании региональных программ газификации, использование которой позволяет реализовать предложенные модели и алгоритмы группового

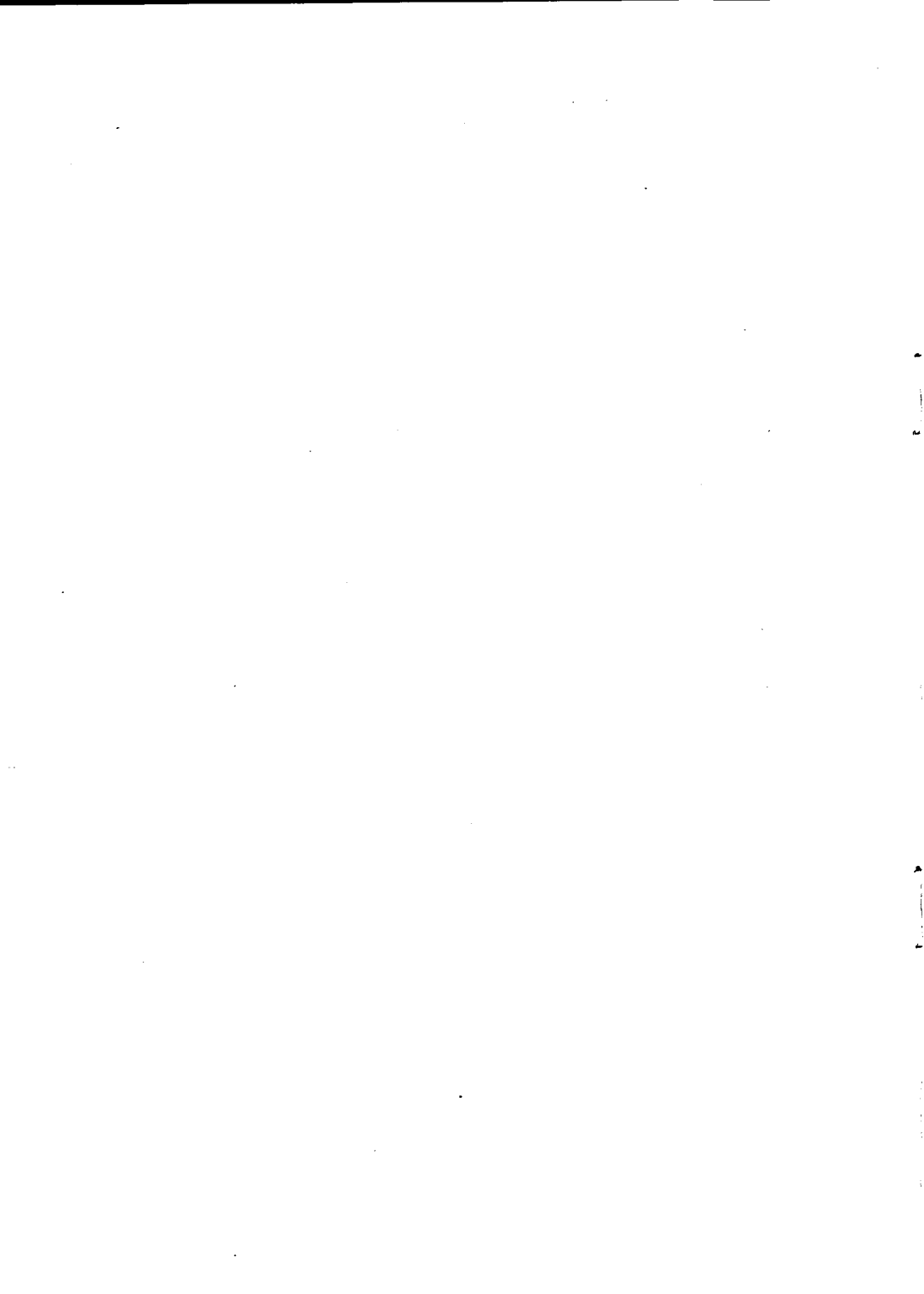
выбора региональной газификации программы, учитывающие большой объем разнородной информации.

6. Разработана программа-прототип, реализующая предложенные модели и алгоритмы, с помощью которой был рассчитан численный пример, который показал адекватность предложенных моделей.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Гимон Д. В., Степин Ю. П. Согласование и оптимизация проектных решений освоения месторождений нефти и газа // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. М., 2004. №8.
2. Гимон Д.В., Степин Ю.П. Агентно-ориентированный подход для реализации принятия групповых решений задачи выбора вариантов проектов освоения месторождений нефти и газа // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. М., 2006. №4.
3. Гимон Д.В., Степин Ю.П. Оптимизация группового решения в задаче выбора вариантов освоения группы месторождений нефти и газа // Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России: 5-я научно-техническая конференция (23-24 января 2003 г.). М., 2003.
4. Гимон Д.В., Степин Ю.П. Об агентно-ориентированном подходе к решению задач группового выбора // Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России: 5-я научно-техническая конференция (23-24 января 2003 г.). М., 2003.





Зак. № 204 Объем 1,5 п.л. Тир. 120 экз.
ИВИ РАН, Ленинский пр-т, 32-а

2007A
21832

21832