

0- 770001

На правах рукописи

ВДОВИЧЕВ НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЕ**

Специальность:

05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Казань - 2008

Работа выполнена в Казанском государственном техническом университете им. А.Н.Туполева.

Научный руководитель: - доктор технических наук, профессор
Емалетдинова Лилия Юнеровна

Официальные оппоненты: - доктор технических наук, профессор
Латыпов Рустам Хафизович;

- кандидат технических наук, доцент
Ризаев Ильдус Султанович

Ведущая организация: Институт Проблем Информатики Академии Наук
Республики Татарстан

Защита состоится 30 мая 2008 года в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.079.01 в Казанском государственном техническом университете им. А.Н. Туполева по адресу: 420011, г. Казань, Карла Маркса, 10.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанского государственного технического университета им. А.Н.Туполева.

Автореферат разослан 16 апреля 2008.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



Ученый секретарь диссертационного Совета

доктор физ.-мат. наук, профессор

0000437325

Данилаев П. Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Основной задачей, стоящей перед Министерством социальной защиты региона Российской Федерации в современных условиях, является совершенствование организации системы социальной поддержки граждан. Одним из направлений повышения ее эффективности является создание и внедрение автоматизированных информационно-систем организационного управления (АСОУ).

Целью информационных АСОУ является мониторинг и анализ эффективности обеспечения социальной поддержки граждан, а также информационное обеспечение принятия решения по созданию, реорганизации или ликвидации учреждений социального обслуживания, объемам их бюджетного финансирования, установлению нормативов их деятельности и т.д.

До настоящего времени разработка информационных систем была направлена на автоматизацию технологических процессов социальной защиты. Основной задачей, решаемой с помощью разработанных на данный момент систем, является обеспечение простейших трудоемких операций, например: ввод анкетных данных, учет оказанных социальных услуг, расчет пособий и льгот, формирование справок, отчетов и платежной документации. Аналогичные автоматизированные информационные системы функционируют в Министерстве труда, занятости и социальной защиты Республики Татарстан.

В настоящее время для обеспечения принятия управленческих решений обрабатываются банки данных, хранящие детальную информацию технологической деятельности специалистов социальной защиты. Такой подход обладает рядом недостатков, таких как:

1. Высокий уровень детализации данных приводит к большим временным затратам на их обработку и получение статистических данных.
2. Отсутствие архивов статистических данных, участвующих в процессе принятия решений, требует дополнительных временных затрат на их повторное получение.
3. Отсутствие визуального отображения результатов анализа статистической информации снижает степень объективности принимаемых управленческих решений.

Современные информационные технологии, ориентированные на обеспечение анализа данных, основанные на концепциях OLAP анализа и хранилищ данных, позволяют ликвидировать эти недостатки, снизить трудоемкость получения статистических данных, перейти от анализа отчетов к анализу данных, и повысить эффективность управления социальной защитой региона.

Таким образом, актуальной является задача расширения функциональности существующих АСОУ социальной защитой, отвечающей за подготовку принятия управленческих решений.

Цель и задачи исследования. Целью работы является создание моделей, методов и программных средств решения задачи автоматизации аналитической деятельности специалистов социальной защиты для повышения эффективности процессов принятия решений.

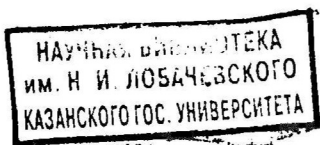
Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать состояние существующих автоматизированных средств организационного управления с точки зрения обеспечения аналитической деятельности специалистов.
2. Разработать математическую модель многомерного представления данных.
3. Создать методики разработки инфологической модели многомерного представления данных для случаев существования и отсутствия электронных банков данных.
4. Разработать математическую модель, метод и алгоритм решения задачи распределения капиталовложений на ремонт зданий.
5. Разработать нейросетевые модель и алгоритм поиска решения задачи распределения капиталовложений на ремонт зданий.
6. Разработать методику и алгоритм выбора начального состояния нейронной сети.
7. Построить математическую модель задачи перепрофилирования учреждений социального обслуживания, разработать метод решения.
8. Применить разработанные методики для построения информационного обеспечения задачи анализа социальных выплат, задачи распределения капиталовложений и задачи перепрофилирования учреждений.

Методы исследования. При решении поставленных задач использовались математические модели и методы системного анализа, теории множеств, классические и нейросетевые методы решения задач линейного, целочисленного и булевого программирования.

Научная новизна результатов исследований.

1. Математическая модель многомерного представления данных, позволяющая строить инфологическую модель метаанных хранилища и вычислять объемы дисковой памяти, необходимой для хранения данных.
2. Методики построения инфологической модели хранилища данных для обеспечения аналитических задач управления в случае наличия или отсутствия электронных банков данных.



3. Генетический алгоритм с нейросетевой функцией приспособленности для направленного выбора начальных состояний нейронной сети Хопфилда при нейросетевом решении задач булевой оптимизации.
4. Разработана математическая модель задачи перепрофилирования учреждений. Доказана целочисленность оптимальных планов соответствующей задачи линейного программирования.

Достоверность результатов работы. Основные положения диссертационной работы получены на основании достоверных знаний прикладной информатики, систем управления базами данных и использования строгого математического аппарата. Полученные результаты подтверждены вычислительными экспериментами, практическим применением разработанных методик для построения информационного обеспечения ряда задач управления в области социальной защиты, актами использования в деятельности научно-технического центра по разработке программных продуктов, органов государственного управления и актами внедрения в учебный процесс.

Практическая ценность заключается в применении предложенных в работе методик при разработке структуры хранения данных для системы поддержки принятия решений в области социальной защиты населения, в том числе и для обеспечения решения оптимизационных задач планирования. Предложенные методики проектирования инфологических моделей хранилищ данных и решения задач планирования могут быть использованы в различных прикладных областях, где возникают аналогичные задачи, например, в области жилищно-коммунального хозяйства.

Реализация работы. Результаты выполненных исследований и разработок использовались отделом АСУ Научно-технического центра «Лайн» при разработке и внедрении систем поддержки принятия решений в Республике Татарстан в органах управления социальной защиты региона в рамках развития существующей распределенной автоматизированной системы организационного управления «Социальная защита». Разработка выполнялась в рамках хозяйственных научно-исследовательских работ с Министерством труда, занятости и социальной защиты Республики Татарстан. Результаты диссертации использованы в учебном процессе Казанского Государственного технического университета им. А.Н. Туполева на кафедре «Прикладная математика и информатика» в виде курсовых и дипломных работ бакалавров, магистров и инженеров.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на следующих международных, всероссийских, республиканских конференциях:

Девятая международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении» (Санкт - Петербург, 2005);

Шестнадцатая международная научно-техническая конференция “Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании” (Пенза, 2005); Восьмая международная научно-практическая конференция “Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики” (Сочи, 2005); “Новейшие технологические решения и оборудование” (Москва, 2006); Десятая международная научно-практическая конференция “Системный анализ в проектировании и управлении” (Санкт - Петербург, 2006); Всероссийская научная конференция “Информационные технологии в науке, образовании и производстве” (Казань, 2007); Одиннадцатая международная научно-практическая конференция “Системный анализ в проектировании и управлении” (Санкт - Петербург, 2007); Международная молодежная научная конференция пятнадцатые Туполевские чтения (Казань, 2007); Двадцатая международная научно-техническая конференция “Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании” (Пенза, 2007).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 10 научных работ, в том числе 1 в журнале рекомендуемом ВАК (“Вестник КГТУ”).

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа содержит 134 страниц основного текста, 37 рисунков, 18 таблиц. Список литературы включает 89 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, определены цель работы, объект и предмет исследования. Сформулированы научные результаты, выносимые на защиту, определены их научная новизна и практическая значимость, приведены сведения об использовании и внедрении результатов работы.

В первой главе рассматриваются основные задачи и функции Министерства социальной защиты (МСЗ), структура автоматизированной системы организационного управления технологическими процессами деятельности специалистов МСЗ, структура и состав автоматизированной системы поддержки принятия решений, состав задач анализа информации социальной защиты.

Организация социальной защиты региона рассматривается как иерархия, включающая министерство, осуществляющее управляющие и контролирующие функции, территориальные отделы и филиалы социальной защиты, непосредственно работающие с населением, и другие социальные учреждения.

Перечислены основные задачи, решаемые министерством и территориальными органами социальной защиты (ТОСЗ). Одним из направлений совершенствования системы социальной защиты является внедрение новых социальных и компьютерных технологий социальной поддержки нуждающегося в ней населения.

Деятельность подразделений системы социальной защиты делится на два вида: технологическая и аналитическая. Анализ автоматизированных систем организационного управления (АСОУ) в области социальной защиты позволил выделить их основные недостатки и сформулировать современную задачу информатизации, которая заключается в создании единого информационного пространства, а также в совершенствовании компьютерных средств аналитической деятельности специалистов социальной защиты, позволяющих расширить состав и сократить время обработки данных, тем самым повысить эффективность выполнения решаемых ими задач.

Исходя из существования тактических и стратегических организационных решений, для принятия которых используются соответственно детальные и агрегированные данные, в структуре АСОУ социальной защиты выделяются оперативные системы (ОС) и системы поддержки принятия решений (СППР). Причем на СППР возлагаются функции по изучению больших объемов взаимосвязанных данных при помощи оперативного интерактивного отображения информации на разных уровнях детализации.

Учитывая требование высокой скорости обработки запросов целесообразно в области социальной защиты использовать технологии OLAP анализа, в основе которых лежит концепция многомерного представления данных. Для хранения данных в СППР используются (рис.1): 1) хранилище данных; 2) оперативный склад данных; 3) витрины данных; 4) метаданные. Функции СППР сосредоточены в трех подсистемах: 1) загрузки данных; 2) администрирования хранилища; 3) обработки и представления данных.

При создании СППР необходимо решить следующие задачи: 1) Определить перечень аналитических задач, стоящих перед специалистами социальной защиты. 2) Разработать методы решения аналитических задач, определить перечень необходимых атрибутов и показателей. 3) Разработать инфологическую модель хранилища данных, ориентированную на решение сформулированных задач. 4) Разработать пользовательский интерфейс доступа к данным. 7) Выбрать средство разработки программного обеспечения. 6) Выбрать СУБД для организации хранилища данных. 5) Разработать программное обеспечение, реализующие функции подсистем СППР.

В соответствии с признаком "целевое назначение" аналитические задачи декомпозируются на три группы (рис. 2): 1) задачи статистического анализа; 2) выявление тенденций и прогнозирование; 3) задачи планирования.



Рис. 1. Структура системы поддержки принятия решений

Задачи статистического анализа направлены на количественную оценку социальной структуры населения районов и региона в целом, эффективности работы территориальных органов социальной защиты и Министерства. К ним относятся: построение распределений численности отдельных категорий населения, показателей уровня жизни пенсионеров, исследование обеспеченности гарантируемого государством дохода для отдельных категорий и др. Задачи группы статистического анализа базируются на методах статистики, теории статистических решений и кластерного анализа.

Решение задач выявления тенденций и прогнозирования позволяют оценивать параметры социальной обстановки во времени, например: изменение распределений численности населения, демографической нагрузки, обеспеченности прожиточного минимума, размера средней пенсии и др. При этом используются методы построения и анализа динамических рядов, модели трендов для определения основных тенденций, методы прогнозирования на основе моделей трендов, нейросетевые модели.

Решение задач планирования позволяет определять размер необходимых ресурсов для реализации управленческих решений и распределять ресурсы среди объектов социальной защиты. Одни из наиболее часто встречающихся задач следующие: открытие и закрытие учреждений социального обслуживания, перепрофилирование уже существующих учреждений,

распределение населенных пунктов между учреждениями, распределение средств на капитальный ремонт зданий учреждений социального обслуживания, планирование бюджетных средств. Задачи планирования должны базироваться на методах оптимизации.

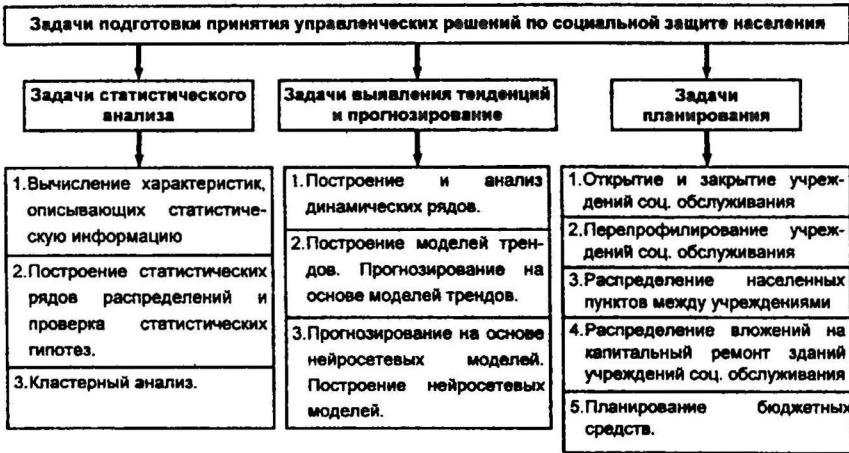


Рис.2. Классификация аналитических задач, используемых в социальной защите

Для разработки программного обеспечения подсистемы обработки и представления данных СППР необходимо в соответствии с предметной областью уточнить постановки перечисленных задач, разработать соответствующее математическое и алгоритмическое обеспечение.

Вторая глава посвящена разработке методик построения математической модели многомерного представления данных и инфологической модели хранилища системы поддержки принятия решений.

Математическая модель многомерного представления данных строится с использованием теории множеств и включает следующие компоненты: $P = (P_1, P_2, \dots, P_q)$ – вектор показателей; $D = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ – вектор измерений, где, n – количество измерений; $M_{d_i} = \{m_{d_i,1}, m_{d_i,2}, \dots, m_{d_i,k_i}\}$ – множество членов измерения d_i , где k_i – количество членов измерения d_i , $i = \overline{1, n}$. Измерения имеют иерархическую структуру, причем члены измерений разных уровней иерархии связаны соотношениями: $R_{d_i} = \{R_{d_i}^1, R_{d_i}^2, \dots, R_{d_i}^{k_i}\}$ – множество признаков уровней иерархии, $M'_{d_i} = \{m'_{d_i,1}, m'_{d_i,2}, \dots, m'_{d_i,k_i}\}$ – множество членов измерения l -го уровня измерения d_i , соответствующее признаку $R_{d_i}^l$, $l = \overline{0, L_i}$, k'_i – количество членов измерения d_i на l -м уровне; $M'_{d_i, j} = \{m'_{d_i, j,1}, m'_{d_i, j,2}, \dots, m'_{d_i, j, z_j}\} \subset M'_{d_i}$, ($j = \overline{1, k_i^{l+1}}$, $z_j \in \{1, 2, \dots, k_i^l\}$)

– подмножества множества $M_{d_i}^l$; $M_{d_i,j}^l \cap M_{d_i,z}^l = \emptyset$, $\forall j, z = \overline{1, k_i^l} : j \neq z$; $\bigcup_{j=1}^{k_i^l} M_{d_i,j}^l = M_{d_i}^l$;

каждому подмножеству $M_{d_i,j}^l$ уровня l в соответствии с признаком $R_{d_i,j}^{l+1}$ сопоставляется m_j^{l+1} член измерения $(l+1)$ -го уровня:

$\forall m_{d_i,j}^{l+1} \in M_{d_i,j}^{l+1} : m_{d_i,j}^{l+1} \xleftarrow{R_{d_i,j}^{l+1}} M_{d_i,j}^l = \{m_{d_i,z_1}^l, m_{d_i,z_2}^l, \dots, m_{d_i,z_{k_i^l}}^l\} \subset M_{d_i}^l$, $(i = \overline{1, n}, l = \overline{0, L_i - 1}, j = \overline{1, k_i^{l+1}}, z_{\nu} \in \{1, 2, \dots, k_i^l\})$; множество M_{d_i} членов измерения d_i представляет собой

объединение множеств членов измерений всех уровней: $M_{d_i} = \bigcup_{l=0}^{L_i} M_{d_i}^l$, $k_i = \sum_{l=0}^{L_i} k_i^l$ –

количество членов измерения d_i на всех уровнях иерархии; множество координат ячеек куба данных определяется как декартово произведение множеств членов измерений $H = M_{d_1} \times M_{d_2} \times \dots \times M_{d_n}$.

Особенностью предложенной математической модели многомерного представления данных является наличие вектора показателей и связи между уровнями измерений. Благодаря этому полученная математическая модель может быть использована при проектировании структуры хранилища данных и метаданных, а также позволяет определять мощность $|H|$ множества

координат: $|H| = \prod_{i=1}^n |M_{d_i}| = \prod_{i=1}^n k_i$, и объем дисковой памяти, занимаемый данными:

$V_H = |H| \cdot (V_M + V_P)$, где V_M – объем, необходимый для хранения координат одной ячейки, V_P – объем, необходимый для хранения показателей одной ячейки. Вычисленный на основе математической модели показатель позволяет определить характеристики технического обеспечения СППР.

При построении систем поддержки принятия решения возможны ситуации, когда оперативные системы существуют или отсутствуют. В настоящее время отсутствуют детальные методики проектирования инфологической модели хранилища данных.

Методика построения инфологической модели хранилища в случае существования оперативных систем основана на интегральном анализе постановок аналитических задач и автоматизированных процессов организационной деятельности. Методика включает следующие этапы: 1) Системный анализ предметной области. 2) Формирование перечня аналитических задач. 3) Выбор технологических процессов организационной деятельности, соответствующих аналитическим задачам. 4) Формирование для каждой задачи множеств входных и выходных параметров. 5) Определение на основе анализа входных и выходных параметров минимально необходимого для решения задачи уровня детализации данных. 6) Установление соответствия между параметрами аналитической задачи и атрибутами источника данных. 7) Определение вектора показателей $P = (P_i)$. 8) Определение вектора измерений

$D = (d,)$ и формирование таблиц измерений. 9) Формирование таблицы фактов - реляционного куба данных по схеме "звезда". 10) Формирование куба данных и описание его структуры в метаданных. 11) Формирование многомерной базы данных с использованием СУБД, поддерживающих многомерный подход. Результатом применения методики является трехуровневое гибридное хранилище данных с детальными данными в схеме "звезда" для обеспечения нерегламентированных запросов, и многомерной базой данных для обеспечения регламентированных.

В случае отсутствия оперативных источников данных методика построения инфологической модели хранилища данных состоит из двух этапов: 1) Для каждой аналитической задачи строится соответствующая математическая модель многомерного представления данных, необходимых для ее решения. 2) Построенные математические модели объединяются последовательно попарно в единую модель: сначала объединяются произвольные две, затем полученная модель объединяется с третьей и т.д. Результатом применения методики является обобщенная для рассмотренных аналитических задач модель данных, описанная в терминах предметной области. В дальнейшем она служит для формирования инфологической модели хранения данных.

На основе математической модели многомерного представления данных строится универсальная инфологическая модель метаданных, описывающая как реляционное, так и многомерное хранилище.

В третьей главе рассматриваются математические модели двух задач планирования, стоящих перед Министерством социальной защиты, методы и алгоритмы их решения основанные на методе ветвей и границ, нейронной сети Хопфилда и генетических алгоритмах.

Одними из важных задач планирования для Министерства социальной защиты являются такие задачи, как: распределение капиталовложений на ремонт зданий; открытие и закрытие учреждений социального обслуживания; перепрофилирование уже существующих учреждений. В настоящее время при решении перечисленных задач планирования не используются математические модели и методы.

В задаче распределения капиталовложений для каждого здания известными являются варианты финансирования капитального ремонта и соответствующие им расходы на "текущее" содержание зданий после проведения капитального ремонта. Требуется распределить имеющиеся в распоряжении министерства средства на капитальный ремонт зданий так, чтобы в дальнейшем совокупный расход на их "текущее" содержание был минимальным. При этом капитальный ремонт одного здания финансируется не более одного раза.

Математическая модель задачи распределения капиталовложений формулируется следующим образом:

$$F = \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^M a_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^M s_j x_{ij} \leq S, \sum_{j=0}^M x_{ij} = 1, x_{ij} \in \{0,1\}, (i = \overline{1, N}, j = \overline{0, M}), \quad (1)$$

где $X = \|x_{ij}\|_{N \times M}$ – план распределения средств, $x_{ij} = 1$, если i -му учреждению выделяется сумма s_j , и $x_{ij} = 0$ в противном случае ($i = \overline{1, N}, j = \overline{0, M}$); N – количество зданий, $M + 1$ – количество всех вариантов финансирования; s_j – j -й вариант выделяемой суммы финансирования, где $j = \overline{0, M}$, (предполагается, что $s_0 = 0$); a_{ij} – расход на “текущее” содержание i -го учреждения после выделения суммы s_j , $i = \overline{1, N}, j = \overline{0, M}$; S – распределяемая сумма. Поскольку средства выделяются, как правило, в тысячах рублей, то предполагается, что S и s_j целые.

Учитывая то, что структура социальной защиты региона имеет иерархическую структуру, количество выполняемых ею функций и учреждений велико, можно предположить, что размерность задач оптимизации будет значительной, а поиск решения трудоемким.

Вследствие конечности множества альтернатив, задача может быть решена методом полного перебора, а также известными методами поиска точного решения, например, методом ветвей и границ, методом динамического программирования и др. Однако сложность алгоритмов поиска точного решения с ростом размерности растет экспоненциально, поэтому наряду с точными методами целесообразно рассмотреть алгоритмы, приводящие к субоптимальному решению за приемлемое время.

В работе рассматривается методика решения задач булевого программирования, основанная на концепции минимизации энергии нейронной сети Хопфилда (НСХ), схема которой показана на рис. 3. Рассматривается сеть с дискретными временем и состояниями. Используется последовательная динамика сети с градиентным правилом выбора нейрона, изменяющего свое состояние на очередном шаге алгоритма. С учетом введенных ранее обозначений функция энергии сети имеет вид:

$$E(x) = -\frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{j=0}^M \sum_{l=0}^M \omega_{ijkl} x_{ij}(t) x_{kl}(t) + \sum_{k=0}^P \sum_{l=0}^P \omega'_{kl} y_k(t) y_l(t) + \right. \\ \left. + \sum_{l=1}^N \sum_{j=0}^M \sum_{k=0}^P \omega''_{ljk} x_{ij}(t) y_k(t) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^M \sum_{k=0}^P \omega'''_{ikj} y_k(t) x_{ij}(t) \right) + \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^M \vartheta_{ij} x_{ij}(t) + \sum_{k=0}^P \vartheta'_k y_k(t) \right), \quad (2)$$

где $\omega_{ijkl}, \omega'_{kl}, \omega''_{ljk}, \omega'''_{ikj}$ – веса синапсов, $\vartheta_{ij}, \vartheta'_k$ – пороговые значения нейронов, $y_k \in \{0,1\}$ – вспомогательные переменные для перехода к ограничению равенству

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^M s_j x_{ij} + \sum_{k=0}^P 2^k y_k = S, \quad P - \text{целая часть числа } \log_2(S).$$

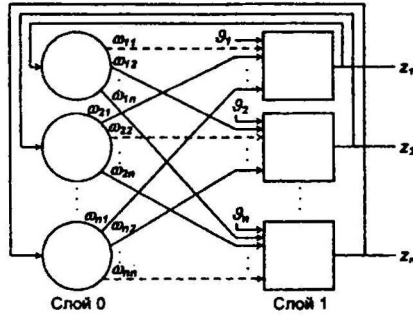


Рис.3. Нейронная сеть Хопфилда

Поскольку сходимость нейросетевого алгоритма к локальному минимуму влечет за собой многократное вычисление устойчивого состояния сети для большого количества начальных состояний, требуется создать методику, обеспечивающую их направленный выбор. С этой целью разработан общий генетический алгоритм с нейросетевой функцией приспособленности, в котором хромосомами являются вектора начальных состояний, а в качестве функции приспособленности используется функция $F_x = -(F_y + \lambda)$, где F_y – значение целевой функции исходной задачи в устойчивом состоянии сети, а λ – очень большое число, если полученное решение не удовлетворяет ограничениям задачи, и $\lambda = 0$ в противном случае. Схема алгоритма показана на рис. 4.

Для решения задачи (1) формулируется эквивалентная вспомогательная задача безусловной оптимизации, в результате сравнения которой с выражением для функции энергии (2) НСХ получены выражения для вычисления весов синаптических связей и пороговых значений нейронов:

$$\begin{aligned} \omega_{jk} &= 2(A_0 + A_2(1 - \delta_{jk})\delta_{jk} + A_3 s_j s_k) (\delta_{jk} \delta_{jk} - 1), \quad (i, k = \overline{1, N}, j, l = \overline{0, M}), \\ \theta_j &= (A_0 a_j + A_1(1 - 2N) + A_3 s_j (s_j - 2S)), \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{0, M}), \\ \omega_{ik}^l &= 2^{k+l+1} A_3 (\delta_{ik} - 1), \quad \theta_k^l = 2^{k+l} A_3 (2^{k+l} - S), \quad (k, l = \overline{0, P}), \\ \omega_{jk}^* &= (-2^{k+1}) A_3 s_j, \quad \omega_{ij}^{**} = (-2^{k+1}) A_3 s_j, \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{0, M}, k = \overline{0, P}), \end{aligned} \quad (3)$$

где A_0, A_1, A_2, A_3 – коэффициенты, определяющие степень влияния штрафных членов задачи безусловной оптимизации, δ – символ Кронекера $\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$.

Матрица весов синаптических связей НСХ представляет собой блочную матрицу: $W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \end{bmatrix}_{\substack{N(M+1)+(P+1) \times [N(M+1)+(P+1)]}}$,

где $W_{11} = [\omega_{jk}]_{\substack{N(M+1) \times [N(M+1)]}}$, $W_{22} = [\omega_{ik}^l]_{\substack{P+1 \times [P+1]}}$, $W_{12} = [\omega_{jk}^*]_{\substack{N(M+1) \times [P+1]}}$, $W_{21} = [\omega_{ij}^{**}]_{\substack{[P+1] \times [N(M+1)]}}$.
Матрица W симметричная, с нулевой главной диагональю, что является

достаточным условием устойчивости нейронной сети. Выражения (3) для параметров НСХ используются на первом шаге генетического алгоритма с нейросетевой функцией приспособленности.

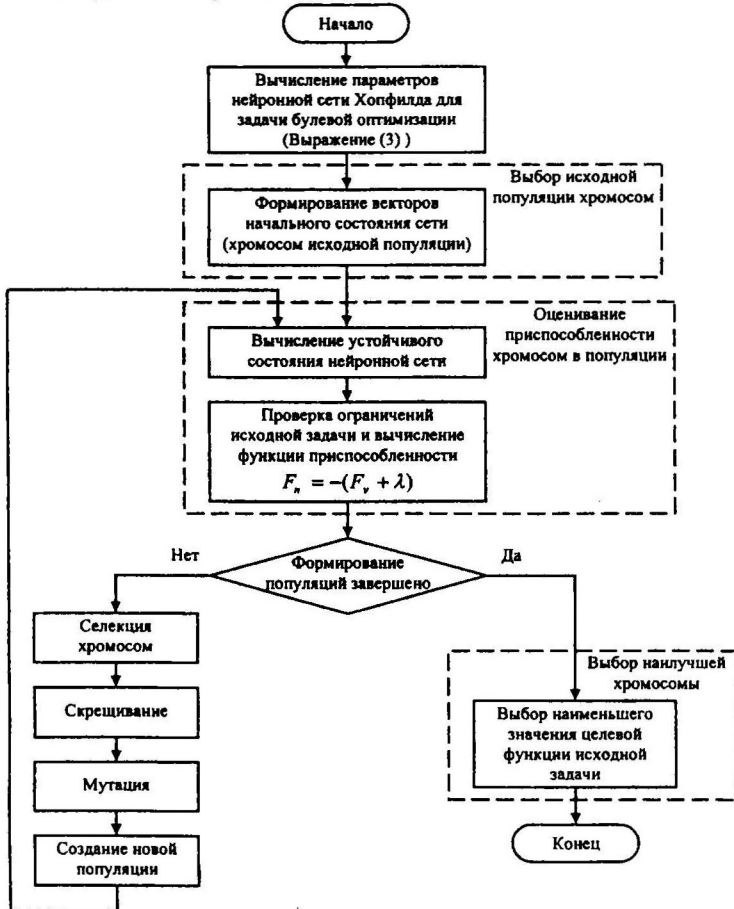


Рис.4. Схема генетического алгоритма с нейросетевой функцией приспособленности для задачи булевой оптимизации

Преимущество генетического алгоритма с нейросетевой функцией приспособленностью по сравнению с традиционным нейросетевым подходом, заключается в обеспечении целенаправленного выбора векторов начального состояния нейронов, обеспечивающих меньшее значение функции энергии НСХ в устойчивом состоянии.

Для решения задачи распределения капиталовложений небольшой размерности предлагается использовать метод ветвей и границ Ленда и Дойга. Исходная задача (1) решается как задача целочисленного линейного программирования:

$$F(X) = \sum_{j \in J} c_j x_j \rightarrow \min, \quad \sum_{j \in J} a_{ij} x_j = b_i, \quad (i \in I), \quad x_j \geq 0, \quad x_j - \text{целые}, \quad (j \in J), \quad (4)$$

где J – множество индексов целых переменных, I – множество номеров ограничений (4) целочисленной задачи. Сформулирована и доказана следующая теорема:

Теорема: Если среди ограничений (4) содержатся ограничения, удовлетворяющие условиям:
$$\begin{cases} \exists I' \subset I : \forall i \in I', \forall j \in J : b_i = 1, a_{ij} \in (0,1), \\ \forall j \in J \exists i \in I' : a_{ij} = 1, \end{cases} \quad \text{тогда}$$

дополнительные ограничения, используемые при ветвлении в методе Ленда и Дойга имеют вид: $x_j \leq 0$ и $x_j \geq 1$.

Задача перепрофилирования учреждений социального обслуживания возникает тогда, когда в силу определённых условий отпадает надобность в одних учреждениях и возникает необходимость в других. Требуется разработать план перепрофилирования учреждений с точки зрения минимизации финансовых расходов. При этом необходимо удовлетворить потребность в недостающих учреждениях за счет перепрофилирования тех, потребность в которых отсутствует. Очевидно, что задачи открытия и закрытия учреждений являются частными случаями задачи перепрофилирования.

Математическая модель задачи перепрофилирования учреждений имеет вид:
$$F = \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^L C_{qj} y_{qj} \rightarrow \min; \quad \sum_{j=1}^m y_{qj} \leq 1, \quad (q = \overline{1, L}); \quad \sum_{q=1}^L y_{qj} = \Delta_j, \quad (j = \overline{1, m}),$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^L b_{qi} y_{qj} = -\Delta_{m+i}, \quad (i = \overline{1, n-m}); \quad y_{qj} \in \{0, 1\}, \quad (5)$$

где $Y = \|y_{qj}\|_{L \times m}$ – план перепрофилирования: $y_{qj} = 1$, если q -е учреждение перепрофилируется в учреждение j -го вида, $y_{qj} = 0$ – в противном случае, $q = \overline{1, L}$, $j = \overline{1, m}$; n – количество видов учреждений; Δ_j – изменение количества учреждений j -го вида; $\Delta_j = x_j - x_j^*$, x_j, x_j^* – соответственно необходимое и существующее число учреждений j -го вида; L – количество существующих учреждений тех видов, для которых имеется избыток учреждений ($\Delta_j < 0$); C_{qj} – стоимость перепрофилирования q -го учреждения ($q = \overline{1, L}$) в учреждение j -го вида ($j = \overline{1, m}$). Принадлежность q -го учреждения к j -му виду задается матрицей $B = \|b_{qi}\|_{L \times (n-m)}$, $b_{qi} \in \{0, 1\}$, ($q = \overline{1, L}$, $i = \overline{1, n-m}$). Не нарушая общности рассуждений предполагаем, что $\Delta_j > 0$, ($j = \overline{1, m}$), и $\Delta_j < 0$, ($j = \overline{m+1, n}$).

Для обоснования метода решения задачи сформулированы и доказаны следующие теорема и следствие:

Теорема: Оптимальным планом ЗЛП, полученной из задачи (5) заменой ограничения $y_{ij} \in \{0,1\}$ на ограничение $y_{ij} \geq 0$, является план с целочисленными целевыми переменными.

Следствие: Из целочисленности и неотрицательности целевых переменных, и ограничений $\sum_{j=1}^n y_{ij} \leq 1$, ($q = \overline{1, L}$), следует, что оптимальный план ЗЛП, полученной из задачи (5) удовлетворяет условию $y_{ij} \in \{0,1\}$.

Учитывая особенности ограничений задачи, для решения задачи используется симплекс метод.

Четвертая глава посвящена практическому применению методик построения инфологической модели хранилища ряда аналитических задач Министерства социальной защиты.

Методика построения хранилища данных, соответствующая случаю существования оперативных информационных систем, продемонстрирована на примере задачи исследования состояния социальных выплат гражданам - одной из наиболее часто возникающих задач, связанных с процессом финансирования льгот. Состояние социальных выплат гражданам характеризуется: размерами входящего и исходящего сальдо месяца, суммами начисленных и перечисленных за месяц средств, размерами невыплат прошлых перечислений, возмещенных гражданами переплат и изменениями сальдо. Требуется проанализировать распределение указанных величин в разрезе районов разрезе месяцев начислений, статей финансирования, подразделений Министерства социальной защиты, выплатных организаций, видов социальной помощи и муниципальных образований.

Результатом применения методики является инфологическая модель реляционного хранилища данных, построенного по схеме "звезда". В качестве СУБД используется MS SQL Server 2000. На основе схемы "звезда" определены иерархии измерений, и средствами Microsoft SQL Server Analysis Services построена многомерная база данных.

Изложенная во второй главе методика построения информационного обеспечения для случая отсутствия оперативных информационных систем применена для создания инфологической модели хранилища данных, необходимого для решения задач планирования: распределения капиталовложений на ремонт зданий и перепрофилирования учреждений социального обслуживания. Результатом применения методики являются многомерные модели данных для каждой из задач и объединенная модель, на основе которых построена соответствующая инфологическая модель

реляционного хранилища данных. Таким образом, исходные данные задач оптимизации могут быть представлены в виде многомерной модели данных.

Разработано программное обеспечение, реализующее ввод исходных данных, алгоритмы решения задач оптимизации и вывод результата решения. Разработка проводилась средствами Borland Delphi 2006, с использованием СУБД MS SQL Server 2000.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана математическая модель многомерного представления данных, лежащая в основе построения инфологических моделей базы метаданных и хранилища данных, а также позволяющая рассчитывать объем необходимой дисковой компьютерной памяти.
2. Разработаны методики построения инфологической модели хранилища данных систем поддержки принятия решений в условиях существования и отсутствия оперативных систем.
3. Разработаны математические модели задачи распределения капиталовложений на ремонт зданий. Доказано, что задача, сформулированная в форме задачи линейного булевого программирования, может быть решена методом ветвей и границ Ленда и Дойга как задача целочисленного программирования. Разработан генетический алгоритм с нейросетевой функцией приспособленности, позволяющий целенаправленно выбирать начальные состояния нейронной сети Хопфилда при нейросетевом моделировании задач большой размерности.
4. Разработана математическая модель задачи перепрофилирования учреждений на основе линейного булевого программирования, которая решается как задача линейного программирования. Доказана целочисленность оптимальных планов соответствующей задачи линейного программирования.
5. Построена инфологическая модель хранилища данных для задач: анализа процесса финансирования социальных выплат, распределения капиталовложений на ремонт зданий и перепрофилирования учреждений.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

1. *Емалетдинова Л.Ю., Вдовичев Н.М.* Структура системы поддержки принятия решений в управлении социальной защитой региона // Труды IX Междунар. науч.-практ. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении», СПб., 2005. С. 179–181.

2. *Вдовичев Н.М.* Сети Хопфилда в решении задачи распределения средств на капитальный ремонт зданий // Сб. ст. XVI Междунар. науч.-техн. конф. «Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании», Пенза, 2005. С.147–150.
3. *Вдовичев Н.М.* Система поддержки принятия решений в структуре автоматизированной системы организационного управления социальной защиты региона // Научные труды VIII Международной научно-практической конференции “Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики”, книга “Информатика”, Московская государственная академия приборостроения и информатики, Москва, 2005. С. 47–52.
4. *Вдовичев Н.М., Зайнуллина Э.Ш.* Задачи и методы системы поддержки принятия управленческих решений в сфере социальной защиты региона // IV общерос. конф. с междунар. участ. «Новейшие технологические решения и оборудование», Рос. Академ. Естествознан., Успехи современного естествознания, №6, 2006. С. 23–24.
5. *Емалетдинова Л.Ю., Вдовичев Н.М., Максютин С.А.* Модели данных системы поддержки принятия решения // Труды X Междунар. науч.-практ. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении», Ч. 2., СПб., 2005. С. 191–194.
6. *Емалетдинова Л.Ю., Вдовичев Н.М.* Методика построения модели хранилища данных для систем поддержки принятия решений // Материалы всероссийской научной конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве», 2007. С. 571 – 574.
7. *Вдовичев Н.М.* Математическая модель хранилища в проектировании систем поддержки принятия решений // Труды XI Междунар. науч.-практ. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении», СПб., 2007. С. 187–191.
8. *Емалетдинова Л.Ю., Вдовичев Н.М.* Дискретная нейросетевая модель оптимизации распределения финансовых средств на ремонт зданий // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, №4(48), 2007. С.70-74.
9. *Вдовичев Н.М.* Генетический выбор начального состояния сети в нейросетевом алгоритме оптимизации // Тез. докл. Междунар. науч. конф. «XV Туполевские чтения», Т. III, Казань, 2007. С.6 – 7.
10. *Вдовичев Н.М.* Задача перепрофилирования учреждений и целочисленность ее оптимальных планов // Сб. ст. XX Междунар. науч.-техн. конф. «Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании», Пенза, 2007. С.36–39.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Печ.л.1,0. Усл.печ.л. 0,93. Усл.кр.-отт.0,93. Уч.-изд.л. 1,0.
Тираж 100. Заказ Л62.

Типография Издательства Казанского
государственного технического университета
420111, Казань, К.Маркса,10

10/2