ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Ավետիսյան Արմինե Գևորգի

ՎԵՐՋԱՎՈՐ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ-ԹԵՅԼՈՐՅԱՆ ՄՈԴԵԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ԾՐԱԳՐԵՐԻ ՓԱԹԵԹԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄԸ

Ե.13.02 «Ավտոմատացման համակարգեր» մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

ԵՐԵՎԱՆ - 97

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

Аветисян Армине Геворковна

РАЗРАБОТКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ТЕЙЛОРОВСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕШЕНИЯ КОНЕЧНЫХ ЗАДАЧ И СОЗДАНИЕ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
Е.13.02-"Системы автоматизации"

ЕРЕВАН - 97

Աշխատանքը կատարվել է Հայաստանի Պետական Ճարտարագիտական Համալսարանում:

Գիտական ղեկավար՝ ՀՀ ՃԱ թղթակից-անդամ, տ.գ.դ., պրոֆ. Ս.Հ. Սիմոնյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ ՀՀ ՃԱ ակադեմիկոս, տ.գ.դ., պրոֆ. Ա.Հ. Առաքելյան
ֆ-մ.գ.թ., դոցենտ Վ.Ս. Եղիազարյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Հաշվողական տեխնիկայի և ինֆորմատիկայի հայկական գիտա-հետազոտական ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է 1997թ. հունիսի 20-ին ժամը 14⁰⁰ ՀՊՃՀ-ի 032 Մասնագիտական խորհրդում՝ ՀՊՃՀ-ի գիտական նիստերի դահլիճում (հասցեն՝ Տերյանի փ., 105)

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՊՃՀ-ի գրադարանում:
Սեղմագիրը առաքված է _____ __________:

032 Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար, տ.գ.թ., դոցենտ Է.Խ. Աճեմյան

Работа выполнена в Государственном Инженерном Университете Армении.

Научный руководитель: член-корр. ИА РА, д.т.н., проф. С.О. Симонян

Официальные оппоненты: акад. ИА РА, д.т.н., проф. А.А. Аракелян,
к.ф-м.н., доцент В.С. Егиазарян

Ведущая организация: Армянский научно-исследовательский институт вычислительной техники и информатики

Защита диссертации состоится 20 июня 97г. 14⁰⁰ ч. на заседании специализированного совета 032 в ГИУА (адрес: ул. Теряна, 105)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГИУА.
Автореферат разослан _____ __________ 1997г.

1754-97

Ученый секретарь
специализированного совета 032
к.т.н., доцент Э.Х. Аджемян

ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

На современном этапе развития науки и техники практически нет ни одной области, где для получения всесторонне исследованных и научно-обоснованных решений широко не использовались бы методы математического моделирования и средств вычислительной техники. Решение таких важных задач, какими являются сокращение времени разработки и использования различных средств в целях проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, усовершенствования методов и средств накопления, обработки и использования разнородной информации, эффективного решения сложных задач управления и многих других проблем невозможно без широкого применения или разработки новейших средств моделирования, вычислительной техники и автоматизации - математических моделей, пакетов прикладных программ, специализированных вычислителей и др. В связи с этим актуальными остаются следующие задачи:

1. Создание простых и эффективных средств математического моделирования, вычислительной техники и автоматизации, снабженных единой теоретической базой и обладающих высокой степенью универсальности.

2. Разработка параллельных методов математического моделирования, направленных на их эффективное использование в высокопроизводительных средствах вычислительной техники и автоматизированных системах различного назначения.

3. Представление новых архитектурных концепций и реализация на их основе инженерных разработок с целью создания современных эффективных средств обработки информации, обладающих высокими характеристиками по быстродействию, точности, надежности и другим техническим показателям.

Актуальность темы. При применении дифференциально-тейлоровских (ДТ-) преобразований, предложенных акад. Г.Е. Пуховым, в результате специфической алгебраизации рассматриваемых задач получаются простейшие вычислительные процедуры, обладающие максимальной степенью расщепления, распараллеливания и агрегации переменных этих задач. В связи с этим становится настоятельной необходимостью проведение широкомасштабных научных исследований по выявлению как принципиальных, так и практических возможностей использования этих преобразований в рассматриваемой мало изученной области, полученные на основе которых новые научные результаты могут быть использованы как в традиционных,так и в параллельных системах обработки информации, а также служить основой для синтеза различных эффективных вычислительных средств, средств автоматизации и управления.

Цели диссертации

1. Разработка новых математических моделей для эффективного решения конечных задач на современных компьютерах с применением ДТ-преобразований, в частности:

- ДТ-моделей решения автономных систем конечных уравнений, при которых исключается основанное на известном ДТ-методе наименьших квадратов обязательный этап решения множества внутренних подзадач оптимизации, что намного повысит эффективность вычислительных процедур;

- ДТ-моделей решения неавтономных систем конечных уравнений, которые, в отличие от спектральных моделей, делают возможным организацию вычислительных процессов решения рассматриваемых задач с начала до конца машинным способом;

- ДТ-локальных и ДТ-квазилинейных моделей решения целочисленных, булевых и псевдобулевых задач математического программирования.

2. Создание пакета прикладных программ открытого типа с широкими вычислительными возможностями при использовании алгебры ДТ-преобразований, разработанных ДТ-моделей и ряда известных методов решения отмеченных классов задач.

3. Проведение сравнительного анализа ряда известных методов и разработанных ДТ-моделей с целью определения вычислительных характеристик последних.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработаны новые эффективные модели решения конечных задач рассмотренных классов, основанные на ДТ-преобразованиях;

- разработаны численные алгоритмы, основанные на предложенных математических моделях, получены условия их сходимости, определены оценки скорости сходимости, а также степени распараллеливания вычислений;

- создан пакет прикладных программ открытого типа, ориентированный на современные средства вычислительной техники, работающий в интерактивном режиме и обладающий широкими вычислительными возможностями;

- выявлены сравнительные вычислительные характеристики разработанных ДТ-моделей и ряда известных методов.

Практическая ценность результатов работы заключается в возможности эффективного решения рассмотренных классов конечных задач, возникающих в различных областях научных и практических исследований. Благодаря универсальности определенной части пакета, реализующей алгебру ДТ-преобразований, он может быть успешно использован также при машинной реализации других классов задач.

Результаты работы использованы:

- в рамках госбюджетной темы 94-166 ГИУА (1995-97гг.), финансируемой на конкурсной основе Министерством экономики Республики Армения;

- в работах ООО ФВ & Г (акт о внедрении от 28 октября 1996г);

- в процессе обучения студентов, магистрантов и аспирантов ГИУА по специальностям "Автоматизированные системы научных исследований" и "Системы управления".

Теоретические и практические результаты работы были доложены и обсуждены:

- на международной конференции "Application of Critical Technologies for the Needs of Society" (Ереван, 1995г.);

- на научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава ГИУА (Ереван, 1996г.);

- на научных семинарах кафедры "Информатика и управление", а также сектора "Измерительная техника и информационные системы" ГИУА (1992-96гг.);

- на научных семинарах магистрантов и аспирантов по специальности "Системы управления" Аспирантской школы ГИУА (1992-96гг.).

Публикации. Основные результаты диссертации отражены в 12 работах, а также в одном научно-техническом отчете по госбюджетной теме.

Состав и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 119 наименований, а также из трех приложений, представленных на 30 страницах (приложение 1- параллельная модель одновременного определения корней алгебраических многочленов; приложение 2- распечатки машинных программ основных модулей пакета; приложение 3- пример выполнения одного из меню). Основной текст диссертации изложен на 148 страницах, содержит 23 рисунка и 19 таблиц.

Диссертация написана на армянском языке.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, приведены основные научные результаты и краткое содержание работы.

В первой главе представлены основные понятия ДТ-преобразований:

- прямое преобразование:

$$X(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \left[\frac{\partial^K x(t)}{\partial t^K} \right]_{t=t_\nu}, \quad K = \overline{0,\infty}, \tag{1.1}$$

где $X(K)$ – тейлоровское изображение (дискрета) оригинала $x(t)$ с центром разложения t_ν (функция целочисленного аргумента K), а H – масштабная постоянная, обеспечивающая приравнивание размерностей оригиналов и их изображений;

- обратное преобразование:

$$x(t) = \sum_{K=0}^{\infty} \left[\frac{t-t_\nu}{H} \right]^K \cdot X(K). \tag{1.2}$$

Для назначения связи между оригиналами и их изображениями пользуются знаками $\risingdotseq$ или $\simeq$, т.е. обозначениями:

$$x(t) \risingdotseq X(K) \text{ или } x(t) \simeq X(K). \tag{1.3}$$

Здесь же проанализированы основные работы, посвященные ДТ-преобразованиям и решению различных важных научно-технических задач с их использованием. Особое внимание уделено анализу существующих малочисленных работ, посвященных решению конечных задач, на основе которого и сформулированы цели диссертации.

Во второй главе рассмотрены два крупных класса конечных задач – линейные и нелинейные автономные и неавтономные системы конечных уравнений, задачи целочисленного, булевого и псевдобулевого программирования, а также их ДТ-эквиваленты и ДТ-модели решения.

Для решения систем нелинейных уравнений предложены:

I. ДТ-гомотопические модели

Для решения систем нелинейных автономных уравнений вида

$$f(X) = 0 \tag{2.1}$$

(где $f = (f_1,\dots,f_n)^T$ – вектор нелинейных алгебраических и/или трансцендентных функций $f_i, i=\overline{1,n}$, зависящих от постоянного вектора неизвестных переменных $X = (x_1,\dots,x_n)^T$) предполагается, что их решения существуют, параметрически зависят от независимой переменной t, т.е. $X = X(t)$, а также, что в качестве функций $X(t)$ выступают соответствующие тейлоровские разложения.

Расширенный прямореализуемый эквивалент $\varphi(z(t))=0$ системы

уравнений (2.1) в области ДТ-преобразований имеет вид:

$$\phi(Z(K)) = 0, \quad K = \overline{0,\infty}, \tag{2.2}$$

где $\phi = (\phi_1^T | \phi_2^T)^T = (\phi_{11},\dots,\phi_{1n} | \phi_{21},\dots,\phi_{2m})^T$ – вектор изображений, соответствующий расширенному вектору φ, причем вектора изображений ϕ_1 и ϕ_2 соответствуют векторам φ_1 и φ_2, а $Z(K) = (X^T(K) | Y^T(K))^T = (x_1(K),\dots,x_n(K) | y_1(K),\dots,y_m(K))^T$ – расширенный вектор дискрет, соответствующий расширенному вектору $z(t) = (X^T(t), Y^T(t))^T$.

Функция гомотопии образуется так:

$$\psi(Z(t),t) = \varphi(Z(t)) + R(t) \cdot \varphi(Z(0)) = 0, \tag{2.3}$$

где $R(t)$ – функция, удовлетворяющая условиям

$$\begin{cases} R(0) = -1, \\ R(t_1) = 0. \end{cases} \tag{2.4}$$

В этом случае, очевидно, величины t_1 обеспечивают получение решений системы (2.1).

В ДТ-гомотопических моделях предложен и/или используется ряд производящих функций $R(t)$, удовлетворяющих условиям (2.4): тригонометрические функции, нормированные функции стирлингового типа, многочлены Чебышева I рода, многочлены Лагерра, модифицированные многочлены Эрмита, Лежандра I рода, модифицированная функция Бесселя, зависящая от квадрата полуаргумента. Для каждой из этих функций получены общие формулы для расчета соответствующих ДТ-изображений.

ДТ-изображение системы (2.3) имеет следующий вид:

$$\Phi(Z(K),K) = \phi(Z(K)) + R(K) \cdot \phi(Z(0)) = 0, \tag{2.5}$$

или в явном виде:

$$D(Z(0)) \cdot H^{-K} \cdot Z(K) + Q(K) = 0, \quad \forall K = \overline{1,\infty}, \tag{2.6}$$

где $D(Z(0))$ – якобиан расширенной прямореализуемой системы $\varphi(Z(t))=0$ при $z(0) \equiv Z(0)$, причем

$$Q(1) = R(1) \cdot \phi(Z(0)), \tag{2.7а}$$

$$Q(K) = R(K) \cdot \phi(Z(0)) + H^{-K} d(Z(1),\dots,Z(K-1)), \forall K = \overline{2,\infty}, \tag{2.7б}$$

где $d(\cdot)$ – векторы свободных членов, порожденные переходом из области оригиналов в область ДТ-изображений. При этом:

$$\begin{cases} Z(K) = -D^{-1}(Z(0)) \cdot Q(K) \cdot H^K, \ \forall K = \overline{1,\infty}, \text{если } \det(D(Z(0))) \neq 0, \\ Z(K) = -D^{+}(Z(0)) \cdot Q(K) \cdot H^K, \ \forall K = \overline{1,\infty}, \text{если } \det(D(Z(0))) = 0, \end{cases} \tag{2.8}$$

где $D^+(Z(0))$ – матрица, псевдообратная к $D(Z(0))$, а решения-приближения расширенной системы задаются соотношениями:

$$\begin{cases} z(t_i) = Z(0) - D^{-1}(Z(0)) \cdot \sum\limits_{K=1}^{\infty} Q_{2P}(K) \cdot t_i^k, \\ z(t_i) = Z(0) - D^{+}(Z(0)) \cdot \sum\limits_{K=1}^{\infty} Q_{2P}(K) \cdot t_i^k. \end{cases} \tag{2.9}$$

Показано, что необходимые условия сходимости решений задачи совпадают с необходимыми условиями сходимости метода Ньютона, а в изолированных точках t_i для сходимости приближений $Z(t)$ к решениям задачи достаточно выполнение условий $\lim\limits_{K\to\infty} \Delta Z(t_i)_{K+1,K} = 0$, что эквивалентно условиям

$$\lim_{K\to\infty} \rho(Z(K))_{1,2,\infty} = \lim_{K\to\infty} \rho(Q(K))_{1,2,\infty} = 0$$

(здесь $1,2,\infty$ – индексы, указывающие на октаэдрическую, евклидову и кубическую нормы соответственно).

Получена также оценка скорости сходимости

$$\|Z_{m+1} - Z_*\| \le \frac{\beta}{\alpha}\cdot\gamma\cdot\|Z_{m+1} - Z_*\|^2,$$

где $\beta,\gamma > 0$ – некоторые постоянные, а $\alpha = \sum\limits_{K=1}^{K_{fix}} R_P(K)\cdot\left(\frac{t_i}{H}\right)^K$.

II. ДТ-матрично-векторные (ДТ-МВ) модели

Система неавтономных линейных уравнений

$$A(t)\cdot X(t) = a(t) \tag{2.10}$$

(где $A(t) = (a_{ij}(t))$, $i,j=\overline{1,n}$ и $a(t) = (a_1(t),\dots,a_n(t))^T$ соответственно матрица и вектор правых частей системы, обладающие элементами, представимыми рядами Тейлора, а $X(t) = (x_1(t),\dots,x_n(t))^T$ – вектор искомых переменных) в области ДТ-изображений представляется следующей гиперсистемой, обладающей составным вектором дискрет $X(\cdot)=(X(0)^T \,|\, X(1)^T \,|\, X(2)^T \,|\cdots|\, X(K)^T)^T$ с размерностью $n(K+1)\times 1$ и блочно-нижнетреугольной гиперматрицей порядка $n(K+1)$:

$$\begin{bmatrix} A(0) & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ A(1) & A(0) & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A(K) & A(K-1) & A(K-2) & \cdots & A(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ X(1) \\ \vdots \\ X(K) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a(0) \\ a(1) \\ \vdots \\ a(K) \end{bmatrix}, \tag{2.11}$$

где $A(K) \,\overline{\overline{\cdot}}\, A(t)$, $X(K) \,\overline{\overline{\cdot}}\, X(t)$, $a(K) \,\overline{\overline{\cdot}}\, a(t)$.

В компактной записи последняя имеет вид

$$A(\cdot)\cdot X(\cdot) = a(\cdot), \tag{2.12}$$

где $A(\cdot)$ – квадратная матрица порядка $n\cdot(K+1)$, а $a(\cdot)=(a(0)^T \,|\, a(1)^T \,|\cdots|\, a(K)^T)^T$ – составной вектор дискрет правых частей системы (2.10) с размерностью $n\cdot(K+1)\times 1$.

Таким образом, решение задачи (2.10) сводится к поиску вектора $X(\cdot)$ и определению функционального вектора $X(t)$ в соответствии с преобразованием (1.2), при котором рассматриваются два следующих случая:

1. Матрица $A(0)$ невырождена, при котором, очевидно, невырождена также гиперматрица $A(\cdot)$. Для этого случая имеем:

$$\begin{bmatrix} X(0) \\ X(1) \\ \vdots \\ X(K) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathcal{A}_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \mathcal{A}_1 & \mathcal{A}_0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathcal{A}_K & \mathcal{A}_{K-1} & \mathcal{A}_{K-2} & \cdots & \mathcal{A}_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a(0) \\ a(1) \\ \vdots \\ a(K) \end{bmatrix}, \tag{2.13}$$

где

$$\begin{cases} \mathcal{A}_0 = A^{-1}(0) = A^{-1}(0)\cdot E = A^{-1}(0)\cdot\overline{\mathcal{A}}_0, \\ \mathcal{A}_1 = -A^{-1}(0)\cdot[A(1)\cdot A^{-1}(0)] = A^{-1}(0)\cdot\overline{\mathcal{A}}_1, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \mathcal{A}_K = -A^{-1}(0)\cdot\sum\limits_{P=1}^{K} A(P)\cdot\mathcal{A}_{K-P} = A^{-1}(0)\cdot\overline{\mathcal{A}}_K, \ \forall K \ge 2. \end{cases} \tag{2.14}$$

В компактной записи составной вектор дискрет $X(\cdot)$ представляется в виде:

$$X(\cdot) = A^{-1}(\cdot)\cdot a(\cdot) = \mathcal{A}(\cdot)\cdot a(\cdot), \tag{2.15}$$

где $A^{-1}(\cdot) = \mathcal{A}(\cdot)$ – обратная матрица гиперматрицы $A(\cdot)$ порядка $n\cdot(K+1)$, а преобразование (1.2) приобретает вид:

$$X(t) = \sum_{K=0}^{\infty}\left(\frac{t}{H}\right)^K\cdot A^{-1}(0)\cdot\left[a(K) - \sum_{P=1}^{K} A(P)\cdot X(K-P)\right]. \tag{2.16}$$

2. Матрица $A(0)$ вырождена, при котором вырождена также гиперматрица $A(\cdot)$. В этом случае составной вектор дискрет $X(\cdot)$ определяется в соответствии с выражением

$$X(\cdot) = \mathcal{A}(\circ)_+\cdot a(\cdot) + {}_+\mathcal{A}(\cdot)\cdot{}_+W\cdot Y(\circ), \tag{2.17}$$

где ${}_+\mathcal{A}(\circ)$ и $\mathcal{A}(\circ)_+$ – гиперматрицы порядка $n\cdot(K+1)$ со структурой гиперматрицы $\mathcal{A}(\cdot)$, компоненты-блоки которой вычисляются следующим образом:

$$\begin{cases} \mathcal{A}_{0+} = A^+(0) = A^+(0)\cdot E = A^+(0)\cdot\overline{\mathcal{A}}_{0+}, \\ \mathcal{A}_{1+} = -A^+(0)\cdot[A(1)\cdot A^+(0)] = A^+(0)\cdot\overline{\mathcal{A}}_{1+}, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \mathcal{A}_{K+} = -A^+(0)\cdot\sum\limits_{P=1}^{K} A(P)\cdot\mathcal{A}_{K-P,+} = A^+(0)\cdot\overline{\mathcal{A}}_{K+}, \ \forall K \ge 2; \end{cases} \tag{2.18}$$

$$\begin{cases} {}_+\mathcal{A}_0 = E, \\ {}_+\mathcal{A}_1 = -A^+(0)\cdot[A(1)] = A^+(0)\cdot{}_+\overline{\mathcal{A}}_1, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ {}_+\mathcal{A}_K = -A^+(0)\cdot\sum\limits_{P=1}^{K} A(P)\cdot{}_+\mathcal{A}_{K-P} = A^+(0)\cdot{}_+\overline{\mathcal{A}}_K, \ \forall K \ge 2. \end{cases} \tag{2.19}$$

В соотношении (2.17) матрица ${}_+W = \mathrm{diag}(\underbrace{{}_+W,\dots,{}_+W}_{K+1\ \text{шт.}})$, причем ${}_+W = E - A^+(0)\cdot A(0)$, $Y(\circ)=(Y(0) \,|\, Y(1) \,|\cdots|\, Y(K))$ – $n\cdot(K+1)$ – мерный составной вектор корректирующих дискрет с компонентами $Y(P)$ =

$= (y_1(P),\dots,y_n(P))^T$, $P=\overline{0,K}$, который определяется из системы

$$W_+\cdot{}_+\overline{A}(\circ)\cdot{}_+W\cdot Y(\circ) = -W_+\cdot\overline{A}(\circ)_+\cdot a(\circ), \qquad (2.20)$$

где $W_+ = \mathrm{diag}\,(\underbrace{W_+,\dots,W_+}_{k+1\ \text{шт.}})$, причем $W_+= E-A(0)\cdot A^+(0)$. Матрицы ${}_+\overline{A}(\circ)$ и $\overline{A}(\circ)_+$ – гиперматрицы порядка $n\cdot(K+1)$ с компонентами ${}_+\overline{A}(j), j=\overline{0,K}$ и $\overline{A}(j)_+$, $j=\overline{0,K}$, также обладающими вышеуказанной структурой. В этом случае решение задачи в соответствии с преобразованием (1.2) имеет вид:

$$X(t) = \sum_{k=0}^{\infty}\left(\frac{t}{H}\right)^k\cdot\left[A^+(0)\cdot\left[a(K)-\sum_{P=1}^{K}A(P)\cdot X(K-P)\right]+{}_+W\cdot Y(K)\right]. \qquad (2.21)$$

III. Матрично-векторная параллельная модель

Гиперматрицу (2.11) представим в виде

$$A(\overline{0,K})\cdot X(\circ) = a(\overline{0,K}), \qquad (2.22)$$

где $A(\overline{0,K})$ – квадратная матрица порядка $n\cdot(K+1)$, $X(\overline{0,K})=(X(0)^T\,|\,X(1)^T\,|\cdots|\,X(K)^T)^T$ – $n\cdot(K+1)$ – мерный составной вектор неизвестных дискрет, а $a(\overline{0,K})=(a(0)^T\,|\,a(1)^T\,|\cdots|\,a(K))^T$ – составной вектор дискрет правых частей той же размерности. Для решения этой системы имеем выражения:

$$\begin{cases} X(\circ) = A^{-1}(\overline{0,K})\cdot a(\overline{0,K}), \ \text{если}\ \mathrm{rang}A(0) = n, & (2.23а)\\ X(\circ) = A^+(\overline{0,K})\cdot a(\overline{0,K})+W(\overline{0,K})\cdot Y(\overline{0,K}), \ \text{если}\ \mathrm{rang}A(0)<n, & (2.23б)\end{cases}$$

где $Y(\overline{0,K})=(Y(0)^T\,|\,Y(1)^T\,|\cdots|\,Y(K)^T)^T$ – $n\cdot(K+1)$ – мерный произвольный вектор дискрет, $W(\overline{0,K}) = E - A^+(\overline{0,K})\cdot A(\overline{0,K})$ – матрица рассогласований порядка $n\cdot(K+1)$, $A^+(\overline{0,K})$ – g-обратная матрица матрицы $A(\overline{0,K})$ порядка $n\cdot(K+1)$.

IV. ДТ-ньютоновская и ДТ-жордановая модели

Неавтономные системы нелинейных уравнений вида

$$f(x(t),t) = 0 \qquad (2.24)$$

(здесь $f(x(t),t) = (f_1(x(t),t),\dots,f_n(x(t),t))^T$ и $X(t) = (x_1(t),\dots,x_n(t))^T$ – n – мерные векторы, соответственно, нелинейных и/или трансцендентных функций с переменными коэффициентами и искомых переменных) обладают некоторыми конечными или бесконечными множествами решений при совместности этих систем и не обладают ни одним решением, в противном случае.

При применении метода Ньютона для решения ДТ-эквивалента

$$F(X(\circ),\circ) = 0 \qquad (2.25)$$

системы (2.24) (где $f(X(K),K) \doteq f(x(t),t)$, $F(X(\circ),\circ)=(f^T(X(0),0)\,|\,f^T(X(1),1)\,|\cdots|\,f^T(X(K),K))^T$ – $m=n\cdot(K+1)$ – мерный составной вектор с n – мерными векторами автономных операторов, а $X(\cdot) = (X(0)^T\,|\,X(1)^T\,|\cdots|\,X(K)^T)^T$ – m – мерный составной вектор неизвестных n-мерных векторов дискрет искомых зависимостей $x(t)$) получена сле-

дующая модель:

$$\begin{cases} X(\cdot)_{p+1} = X(\cdot)_p - D^{-1}(\cdot)\cdot F(\cdot)_p,\\ X(\cdot) = \lim\limits_{p\to\infty} X(\cdot)_p,\end{cases} \qquad (2.26)$$

где якобиан $D(\cdot)$ – легко обратимая блочно-нижнетреугольная гиперматрица со следующей структурой:

$$D(\cdot) = \left[\begin{array}{c|c|c|c|c} D(0) & 0 & 0 & \cdots & 0\\ \hline D(1) & D(0) & 0 & \cdots & 0\\ \hline \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \hline D(K) & D(K-1) & D(K-2) & \cdots & D(0)\end{array}\right],$$

причем $D(0)$ – n – мерный якобиан системы (2.24), $D(1)$ – её гессиан, $D(2)$ – матрица её частных производных 3-его порядка и т.д. После нахождения составного вектора дискрет $X(\cdot)$ зависимости $x(t)$ легко определяются в соответствии с (1.2).

Системы вида (2.24), в общем случае, допускают следующее эквивалентное (неоднозначное) формальное представление:

$$A(x(t),t)\cdot X(t) = b(x(t),t), \qquad (2.27)$$

где $A(x(t),t) \in \Omega$ – некоторая функциональная матрица порядка n, а Ω – бесконечное множество таких возможных матриц. Систему (2.27) формально можно рассматривать как линейную и, следовательно, применить к ней любой из известных методов линейной алгебры.

В частности, для решения ДТ-эквивалента

$$\left[\begin{array}{c|c|c|c} A(X(0),0) & 0 & \cdots & 0\\ \hline A(X(1),1) & A(X(0),0)) & \cdots & 0\\ \hline \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \hline A(X(K),K) & A(X(K-1),K-1) & \cdots & A(X(0),0)\end{array}\right]\left[\begin{array}{c} X(0)\\ \hline X(1)\\ \hline \vdots\\ \hline X(K)\end{array}\right]\left[\begin{array}{c} b(X(0),0)\\ \hline b(X(1),1)\\ \hline \vdots\\ \hline b(X(K),K)\end{array}\right] \qquad (2.28)$$

системы (2.27) при применении схемы жордановой диагонализации и метода последовательной верхней релаксации получена модель:

$$\begin{cases} X(\cdot)_{p+1} = (1-\omega)\cdot X(\cdot)_p+\omega(d_{11}^{-1}(\cdot),\dots,d_{mm}^{-1}(\cdot))^T, \ \omega \in (0,2),\\ X(\cdot) = \lim\limits_{p\to\infty} X(\cdot)_p,\end{cases} \qquad (2.29)$$

где

$$d_{ii}(\cdot) = \frac{a_{ii}^{m-i}(\cdot)}{b_i^{m-i}(\cdot) - \sum\limits_{p=1}^{i-1} a_{ip}^{m-i}(\cdot)\cdot d_{pp}^{-1}(\cdot)}, \quad i = \overline{1,m},$$

причем

$$a_{ij}^{p}(\cdot) = a_{ij}^{p-1}(\cdot) - \frac{a_{i,m-p+1}^{p-1}(\cdot)\cdot a_{m-p+1,j}^{p-1}(\cdot)}{a_{m-p+1,m-p+1}^{p-1}(\cdot)}, \quad i,j = \overline{1,m-p},$$

$$b_i^P(\circ) = b_i^{P-1}(\circ) - \frac{a^{P-1}_{i,m-p+1}(\circ)\cdot b^{P-1}_{m-p+1}(\circ)}{a^{P-1}_{m-p+1,m-p+1}(\circ)}, \quad i = \overline{1,m-p}.$$

Затем, в соответствии с преобразованием (1.2) определяются решения системы (2.25).

На основе жордановой модели предложена также параллельная глобально-сходящаяся модель одновременного определения всех корней алгебраических многочленов (приложение 1).

<u>Для решения задач математического программирования</u> вида

$$\begin{cases} L(X) \longrightarrow \min\limits_{X}, \\ X:\ C(X) \le 0 \end{cases} \tag{2.30}$$

(здесь $L(X)$ - скалярный критерий качества, $X=(X_1,\dots,X_n)^T$ - вектор искомых переменных, $C(X) = (C_1(X),\dots,C_m(X))^T$ - m - мерный ($m \lessgtr n$) вектор ограничивающих условий, причем $L(X)$ и $C(X)$ имеют частные производные первого порядка по всем компонентам вектора X) предложены ДТ-локальные и ДТ-квазилинейные модели, в которых все ограничения типа односторонних слабых неравенств приведены к эквивалентному редуцированному вектору ограничений типа равенств:

$$S(C(X)) = [E+SIGNC(X)]\circ C(X) = 0. \tag{2.31}$$

При этом:

<u>ДТ-локальная модель</u> имеет следующий вид:

$$X_\nu(K+1) = -\frac{H}{K+1}\cdot k_2\cdot[\nabla L(X_\nu(K)) + 2k_1\cdot\partial Q^T(X_\nu(K)) * \\ * SGQ(X_\nu(K)) * Q(X_\nu(K))],\ X_\nu(0)=X_o,\ K=\overline{0,\infty}, \tag{2.32}$$

где

$$SGQ(X_\nu(K)) = \mathrm{diag}\begin{bmatrix} \begin{cases} 0, & \text{если } Q_j(X_\nu(0))>0 \\ 1, & \text{если } Q_j(X_\nu(0))=0 \\ 4, & \text{если } Q_j(X_\nu(0))<0 \end{cases}, & \text{если } K=0 \\ 0, & \text{если } K\ne 0 \end{bmatrix},\ \forall j=\overline{1,m}$$

- перестраиваемая индикаторная матрица ограничивающих условий, а <u>ДТ-квазилинейная модель</u> такова:

$$\begin{cases} \Delta X_{k_\nu}(P+1) = -\frac{H}{P+1}\cdot k_1\cdot k_2\cdot\partial Q^T(X_k)\cdot\partial Q(X_k)\cdot\Delta X_{k_\nu}(P) - \\ \qquad -k_2\cdot[\nabla L(X_k) + k_1\cdot\partial Q^T(X_k)\cdot Q(X_k)]\cdot Ъ(P), \\ \qquad X(0)=X_o=?;\ \Delta X_k(0)=\Delta X_o=?, \\ X_{k+1} = X_k + \Delta X_k(t) = X_k + \sum\limits_{P=0}^{\infty}\left(\frac{t}{H}\right)^P\cdot\Delta X_{k_\nu}(P), \\ L(X_{k+1}) = L(X_k) + \nabla L(X_k)\cdot\Delta X_k(t). \end{cases} \tag{2.33}$$

В этих моделях k_1 и k_2 - выбираемые коэффициенты с довольно большими величинами, $\partial Q(X)$ - обобщенный якобиан составного вектора ограничений $Q(X)=0$, компоненты которого определяются в соответствии с множествами

$$\partial Q_{j_{X_i}} \in [0, 2\nabla Q_{j_{X_i}}],\quad \forall j=\overline{1,m},\quad \forall i=\overline{1,n}.$$

а) <u>Для задач целочисленного программирования</u>

$$Q(X) = (S_1(X),\dots,S_M(X) \mid R(X)) = 0,$$

где $R(X)$ - один из следующих ограничений (в зависимости от требований целочисленности переменных задач):

$$R_{2P}(X)=R_P(X)\cdot R_P^*(X)=\sum_{r=1}^{P}\sigma(2P,2r)\cdot X^{2r}=0,\ \text{если } x_i\in 0,\pm1,\dots,\pm(p_i-1);\forall i=\overline{1,n},$$

$$R_P(X) = \sum_{r=1}^{P} S(P,r)\cdot X^r = 0,\ r\in N,\ \text{если } x_i \in 0,-1,\dots,-(p_i-1);\ \forall i=\overline{1,n}, \tag{2.34}$$

$$R_P^*(X) = \sum_{r=1}^{P} S(P,r)\cdot X^r = 0,\ r\in N,\ \text{если } x_i \in 0,1,\dots,(p_i-1);\forall i=\overline{1,n},$$

в которых $\sigma(\circ)$ и $S(\circ)$ - числа Стирлинга 1-ого рода.

б) <u>Для булевых задач</u> предложены неагрегированные и агрегированные модели. При неагрегированной модели составной вектор ограничений

$$Q(X) = (S_1(X),\dots,S_m(X) \mid R_2(x_1),\dots,R_2(x_n))^T = 0,$$

где

$$R_2(x_i) = x_i\cdot(x_i-1)=0,\ i=\overline{1,n}, \tag{2.35}$$

а при агрегированной модели:

$$Q(X) = (S_1(X),\dots,S_m(X) \mid b_1(X) \mid b_2(X))^T = 0,$$

где

$$\begin{cases} b_1(X) = (\cos 2\pi X)^T\cdot e - n = 0, \\ b_2(X) = X^T\cdot(X-e) = 0, \end{cases} \tag{2.36}$$

причем $\cos 2\pi X = (\cos 2\pi x_1,\dots,\cos 2\pi x_n)^T$ - n - мерный вектор, а $e = (1,\dots,1)$ - n - мерный единичный вектор.

в) В неагрегированной модели <u>псевдобулевых задач</u>

$$Q(X,\bar X) = (S^T(X,\bar X) \mid B_1^T(X,\bar X) \mid B_2^T(X,\bar X))^T = 0,$$

где

$$\begin{cases} B_1(X,\bar X) = (b_{11}(X,\bar X),\dots,b_{1n}(X,\bar X))^T = 0, \\ B_2(X,\bar X) = (b_{21}(X,\bar X),\dots,b_{2n}(X,\bar X))^T = 0. \end{cases} \tag{2.37}$$

В агрегированной модели:

$$Q(X,\bar X) = (S^T(X,\bar X) \mid b_1(X,\bar X) \mid b_2(X,\bar X) \mid b_3(X,\bar X))^T = 0,$$

где

$$\begin{cases} b_1(X,\bar X) = (\cos\pi X)^T\cdot\cos\pi\bar X + n = 0, \\ b_2(X,\bar X) = X^T\cdot\bar X + \bar X^T\cdot X - n = 0, \\ b_3(X,X) = (X^T + \bar X^T)\cdot e - n = 0, \end{cases} \tag{2.38}$$

причем $\cos 2\pi x = (\cos 2\pi x_1,\ldots,\cos 2\pi x_n)^T$ и $\cos 2\pi \bar{x} = (\cos 2\pi \bar{x}_1,\ldots,\cos 2\pi \bar{x}_n)^T$ – n – мерные функциональные векторы, а $e = (1,\ldots,1)^T$ – n – мерный единичный вектор.

Третья глава диссертации посвящена разработке пакета прикладных программ (объем – 350,6 Кбайт) с машинной реализацией ДТ-преобразований, а также предложенных ДТ-моделей и ряда известных методов. Структура пакета представлена на рис. 1. Пакет рассчитан для персональных вычислительных машин, универсален, язык реализации – PASCAL. Пакет работает в пакетном, графическом, диалоговом и диагностическом режимах, ввод-вывод и численные расчеты – типа PASCAL. Основные математитические объекты пакета – произвольные выражения, функции, матрицы, векторы, ряды, коэффициенты целого или вещественного типа, что позволяет эксплуатировать пакет без каких-либо предварительных знаний. Исходные данные всех типов вводятся без каких-либо первоначальных изменений.

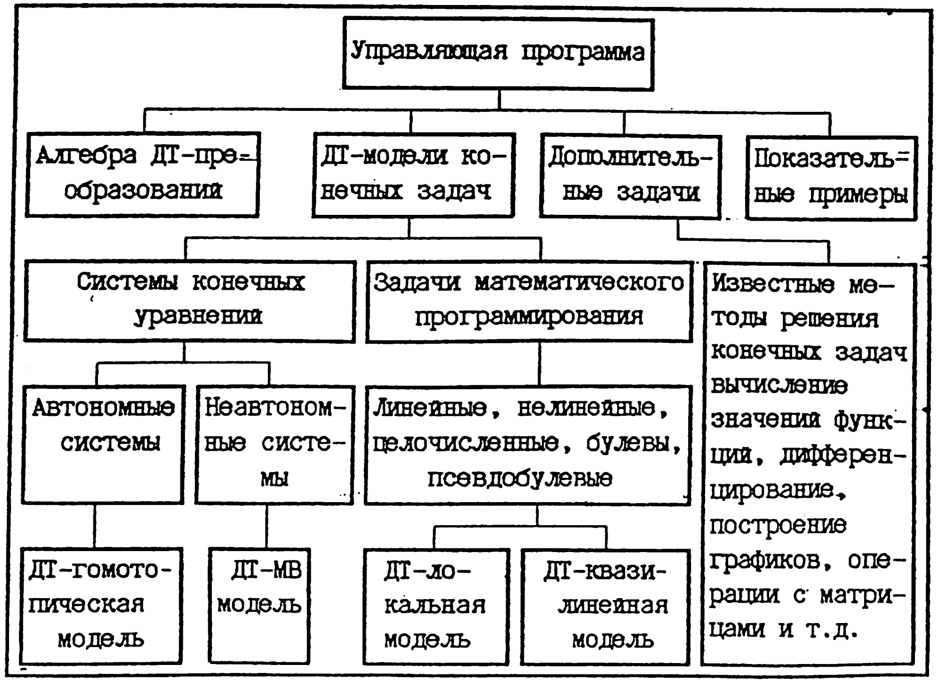

Рис. 1

Модульная структура пакета (созданы 9 модулей со своими процедурами) дает возможность расширить его новыми программами и

процедурами. Работа пакета организована посредством меню в диалоговом режиме, т.е. имеется возможность эксплуатации его любым пользователем. Работа пакета в графическом режиме значительно упрощает анализ полученных результатов.

Пакет, кроме реализации ДТ-алгебры и предложенных ДТ-моделей, включает в себя также процедуры машинной реализации ряда известных методов решения конечных задач, что позволяет в одинаковых условиях и в одной и той же среде осуществить сравнительный анализ предложенных и известных моделей.

Четвертая глава работы посвящена решению ряда задач различных классов (задач оптимального управления кораблем, торпедой, самолетом, модельных примеров) всеми вышеуказанными ~~моделями, а~~ также получению следующих сравнительных характеристик:

I. Определение количества операций и среднего числа итераций в зависимости от порядка систем и количества используемых дискрет

1. Для автономных систем нелинейных уравнений разного порядка полученные зависимости показывают, что при росте числа уравнений систем, в общем случае, наиболее целесообразно использование предложенной ДТ-гомотопической модели.

2. В ДТ-МВ моделях:

а) При фиксированном значении параметра K, т.е. степени многочленов Тейлора, аппроксимирующих компоненты $x_i(t)$, $i=\overline{1,n}$, вектора искомых переменных $X(t)$ гиперсистема (2.11) определенна, ибо количество содержащихся в ней уравнений (M) равно количеству искомых дискрет (N), т.е. $M = N = (K+1)\cdot n$, из-за чего найденное при этом решение $X(t)$ является явным "точным" решением. Однако, при применении известного метода приравнивания коэффициентов (МПК) порожденная для определения коэффициентов искомых многочленов-компонентов вектора $X(t)$ система характеризуется следующими свойствами:

– обычно переопределенна и в, частности, если степень многочленов Тейлора, аппроксимирующих элементы $a_{ij}(t)$, $i,j=\overline{1,n}$ матрицы $A(t)$, также равна K, то имеем оценку $M \le 2\cdot(K+1)\cdot n > N = (K+1)\cdot n$;

– обычно несовместна, и, как следствие, обладает некоторым "неточным" псевдорешением или нормальным решением (при совместности порожденной системы, что на практике встречается редко, эти решения совпадают с точным решением исходной задачи).

б) Имеется большое преимущество по сравнению с численным подходом, требующим несравнимо большего объема вычислительных операций и включающим этап решения, порожденного исходной задачей при фиксированных значениях независимой переменной t на рассматриваемом интервале времени множества линейных систем алгебраических уравнений с использованием численных методов линейной алгебры, и этап определения компонентов вектора $x(t)$ с использованием какого-либо аппроксимирующего соотношения на основе результатов, полученных на 1-ом этапе.

Преимущества ДТ-МВ моделей неоспоримы и в свете того, что они обычно требуют $n^4+(2K-3)n^3+(2K^2+4K+3)n^2-2n$ операций умножения и $n^4+(K-3)n^3+(4K^2+6K+11)n^2-2(2K+3)n$ операций суммирования, значительно меньших аналогичных оценок МПК - $(K+1)^4n^4+(5K^3+11K^2+8K+2)n^3+(4K^2+7K+3)n^2+2(K+1)n$ операций умножения и $(K+1)^4n^4+2(3K^3+5K^2+2K)n^3+K(K+1)n^2-3(K+1)n$ операций суммирования.

II. <u>Оценка степени распараллеливания и эффективности</u>

Важными показателями параллелизации являются степень (число параллельно выполняющихся операций), ускорение (S_p) и эффективность (E_p) распараллеливания алгоритма.

Для разработанных ДТ-моделей получены оценки показателей распараллеливания и определено оптимальное число необходимых процессоров (P).

1. В <u>ДТ-гомотопических</u> моделях оценки распараллеливания и эффективности в основном совпадают с соответствующими оценками метода Ньютона и квазиньютоновских методов, которые представлены в табл.1 (α, μ - соответственно времена выполнения операций суммирования и умножения). В этом случае целесообразно организовать вычисления в асинхронном режиме.

2. <u>Для ДТ-МВ</u> моделей обоснована организация вычислений блочным, прямым и диагональным способами, при которых полученные оценки показателей распараллеливания также представлены в таб. 1, соответственно в строках а), б) и в).

3. При использовании <u>ДТ-локальных и ДТ-квазилинейных</u> моделей целесообразно выбрать векторную систему из n процессоров, полученные при которой оценки распараллеливания представлены в последних двух строках табл. 1.

Таким образом, из предложенных ДТ-моделей для распараллеливания алгоритмов широкие возможности предоставляют ДТ-МВ модели, причем при отмеченных 3-х алгоритмах количество используемых процессоров несравненно меньше количества необходимых процессоров при использовании МПК ($n^2\cdot(K+1)^2$). ДТ-гомотопические, ДТ-локальные и ДТ-квазилинейные модели, в основном, повторяют возможности распараллеливания соответственно квазиньютоновских, субградиент-

ных непрерывных и квазилинейных известных моделей.

Таблица 1

Модель		P	S_p	E_p
ДТ-гомотоп.		n	$(2n\alpha+(n+1)\mu)/(\alpha+\mu)$	$(2n\alpha+(n+1)\mu)/n(\alpha+\mu)$
ДТ-МВ	а)	$K+1$	$\dfrac{n(\alpha+\mu)}{(\alpha\log_2 n+\mu)}$	$\dfrac{n(\alpha+\mu)}{(\alpha\log_2 n+\mu)\cdot(K+1)}$
	б)	n^2	$(K+1)\cdot n^3/(\alpha+\mu)$	$(K+1)\cdot n/(\alpha+\mu)$
	в)	$n\cdot(K+2)-1$	$0.5\mu\log_2 n(3+\log_2 n)$	$\dfrac{0.5\mu\log_2 n(3+\log_2 n)}{n\cdot(K+2)-1}$
ДТ-локальная		n	$(2n\alpha+(n+1)\mu)/(\alpha+\mu)$	$(2n\alpha+(n+1)\mu)/n(\alpha+\mu)$
ДТ-квазилинейная		n	$(2n\alpha+4(n+1)\mu)/(\alpha+\mu)$	$(2n\alpha+4(n+1)\mu)/n(\alpha+\mu)$

ДТ-гомотопические модели дают возможность с помощью многопроцессорных вычислительных систем организовать параллельные численные процедуры по типу, порядку и корням производящих функций, а также по выбираемым начальным приближениям.

На основе использования предложенных ДТ-гомотопических моделей стало возможным получение намного более приемлемых решений, в частности, в задаче оптимального управления торпедой, а также решений неавтономных задач в результате значительно малого объема вычислений на основе использования ДТ-МВ моделей. При этом все вычислительные операции для решения рассматриваемых задач с начала до конца реализуются машинными способами. Выявлено также следующее важное свойство ДТ-МВ моделей: при увеличении значений параметра K соответствующие гиперматрицы просто расширяются, а составные векторы дискрет вычисляются аналогично, без каких либо дополнительных затруднений.

Эффективное решение задач математического программирования различных классов также стало возможным благодаря использованию предложенных ДТ-локальных и ДТ-квазилинейных моделей, оперирующих специальными дополнительными ограничивающими условиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научные результаты диссертации:

I. В области специального математического обеспечения автоматизированных систем:

- <u>разработаны ДТ-модели решения конечных задач.</u>

1. Для решения автономных систем конечных уравнений предложены ДТ-гомотопические модели с применением различных производящих функций:

а) которые обладают высокой степенью манипуляции и высокой вычислительной производительностью, благодаря возможности организации простейших параллельных численных процедур в $n+3$ - мерном пространстве, включающем параметры P, k, t_i;

б) в которых для использования предложенных, модифицированных и известных специальных производящих функций получены общие формулы расчета их ДТ-изображений;

в) для которых получены условия сходимости вычислительных процессов и оценки скорости сходимости.

2. Для решения неавтономных систем линейных уравнений:

а) разработана параллельно-последовательная ДТ-МВ модель, которая обеспечивает высокую эффективность вычислительных процессов и простую машинную реализацию за счет канонизированной блочно-нижнетреугольной структуры гиперматрицы эквивалентного представления и получены аналитические выражения для её обращения;

б) разработана ДТ-МВ параллельная модель с большой степенью распараллеливания, обладающая высокой машинной производительностью.

3. Для решения неавтономных нелинейных систем разработаны ДТ-ньютоновские и ДТ-жордановые модели, обладающие основными преимуществами вышеназванных ДТ-МВ моделей.

4. Для решения различных классов задач (целочисленных, булевых и псевдобулевых) математического программирования разработаны ДТ-локальные и ДТ-квазилинейные модели, эффективность которых повышается по мере увеличения размерности задач с применением специальных дополнительных ограничивающих условий.

II. В области программного обеспечения автоматизированных систем

- <u>создан пакет прикладных программ, основанный на ДТ-преобразованиях</u>:

1. Который предназначен для персональных вычислительных машин, универсален, язык реализации - PASCAL, работает в пакетном,

графическом, диагностическом и диалоговом режимах. Основные математические объекты пакета - это любые выражения, функции, матрицы, вектора и ряды, коэффициенты целого или вещественного типа.

2. Модульное построение которого (созданы 9 модулей со своими процедурами) дает возможность дополнить его новыми программами и процедурами. Работа пакета управляется в диалоговом режиме посредством меню, т.е. дает возможность эксплуатировать его любому пользователю. Работа пакета в графическом режиме значительно упрощает анализ полученных результатов.

3. Который, кроме реализации операций ДТ-алгебры и ДТ-моделей, включает также ряд процедур известных методов машинной реализации решения конечных задач, что дает возможность в одинаковых условиях и в той же среде осуществить сравнительный анализ предложенных и известных моделей.

III. <u>Выявление качественных и количественных характеристик предложенных моделей.</u>

1. Получены зависимости между количеством вычислительных операций и средним числом итераций, с учетом порядка систем и количества используемых дискрет.

2. Оценены степени распараллеливания вычислительных процедур и эффективность моделей.

<u>Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:</u>

1. ՍԻՄՈՆՅԱՆ Ս.Հ., ԱԴԱՄՅԱՆ Գ.Վ., ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ Ա.Գ., ՂՈՒԿԱՍՅԱՆ Պ.Է. Մասնագիտացված ծրագրերի փաթեթի մշակումը՝ հիմնված դիֆերենցիալ-թեյլորյան ձևափոխությունների վրա «վերջավոր խնդիրներ». 94-166 տնտ. պայմ. թեմայի գիտատեխն. հաշվ. 1996, 35 էջ:

2. АВЕТИСЯН А.Г. О некоторых характеристиках ДТ-гомотопических моделей. // Вопросы повышения эффективности систем управления технологическими процессами /сб. статей.- Ереван, ГИУА, САУРА, Ч. 1, 1996, С.53-58.

3. АВЕТИСЯН А.Г., ОВАКИМЯН В.О. Параллельная модель определения комплексных корней алгебраических многочленов. // Вопросы повышения эффективности систем управления технологическими процессами /сб. статей.- Ереван, ГИУА, САУРА, 1994., С.30-35.

4. АВЕТИСЯН А.Г., СИМОНЯН С.О. Пакет прикладных программ для решения конечных задач на основе использования дифференциально-тейлоровских преобразований. // Вопросы повышения эффективности систем управления технологическими процессами /сб. статей.- Ереван, ГИУА САУРА, 1996., Ч. 1, С.65-67.

5. СИМОНЯН С.О., АВЕТИСЯН А.Г. Дифференциально-тейлоровская гомотопическая модель систем конечных уравнений //Электрон. моделирование, 1997. N 1, Том 19, С. 19-25.

6. СИМОНЯН С.О., АВЕТИСЯН А.Г. Конструктивный способ решения линейных неавтономных систем конечных уравнений на основе ДТ-преобразований // Электрон. моделирование, 1997, N 4.

7. СИМОНЯН С.О., АВЕТИСЯН А.Г.,ОВАКИМЯН В.О. Дифференциальные спектры специальных производящих функций. //Вопросы повышения эффективности систем управления технологическими процессами../сб. статей.- Ереван, ГИУА, САУРА, 1994, С.25-29.

8. СИМОНЯН С.О., АВЕТИСЯН А.Г. Процедуры решения нелинейных неавтономных систем уравнений, основанные на ДТ-преобразованиях. /Материалы научно-технической конференции ГИУА. Ереван, ГИУА, 1996.

9. AVETISSYAN A.G., SIMONYAN S. An Application Program Package for Solving Finite Problems Based on Differential-Taylor transformation //International Conference on "Application of Critical Technologies for the Need's of Society". Yerevan, 1995.

10. SIMONYAN S.H., AVETISSYAN A.G. Effectiv Aggregation and "Fast" Models for Solving Psewdoboolean Problems of -Mathematical Programming //The Problems of the Efficiency Improvement of the Control Systems of Technological Processes. ANCAC. Vol. 3, Yerevan, 1992.- pp.33-42.

11. SIMONYAN S.H., AVETISSYAN A.G. Jordanian reduction of finite systems and the effective method of their solution // The problems of the efficiency improvement of the control systems of technological processes.- Yerevan, 1992.- P.14-24.

12. SIMONYAN S.H., AVETISSYAN A.G. The Parallel Globally Convergent Method of Defining Real Roots of Algebraic Polynomial. //The Problems of the Efficiency Improvement of the Control Systems of Technological Processes. ANCAC. Vol. 3, Yerevan, 1992. pp. 25-32.

13. SIMONYAN S.H., AVETISSYAN A.G. The Procedures for the Solution of Finite Systems of Nonlinear Equations based on Computational Schemes of Linear Algebra // International Conference on "Application of Critical Technologies for the Need's of Society". Yerevan, 1995.

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Ատենախոսության գիտական արդյունքներն են՝

I. Ավտոմատացման համակարգերի հատուկ մաթեմատիկական ապահովման բնագավառում՝

– <u>վերջավոր խնդիրների լուծման ԴԹ-մոդելների մշակումը:</u>

1. Վերջավոր հավասարումների ավտոնոմ համակարգերի լուծման համար առաջարկված են զանազան արտադրող ֆունկցիաների կիրառմամբ ԴԹ-հոմոտոպիկ մոդելներ՝

ա) որոնք օժտված են մանիպուլյացիայի բարձր աստիճանով և հաշվողական մեծ արդյունավետությամբ՝ ի շնորհիվ P, K, t_i պարամետրերն ընդգրկող n+3 չափայնությամբ տարածությունում պարզագույն զուգահեռ թվային ընթացակարգերի կազմակերպման հնարավորության;

բ) որոնցում օգտագործվող բոլոր առաջարկված և հատուկ արտադրող ֆունկցիաների համար ստացված են ԴԹ-պատկերների հաշվման ընդհանուր բանաձևերը;

գ) որոնց համար ստացված են հաշվողական գործընթացների զուգամիտման բավարար պայմաններն ու զուգամիտման արագության գնահատականը:

2. Ոչ ավտոնոմ գծային հավասարումների համակարգերի լուծման համար՝

ա) մշակված է ԴԹ-ՄՎ զուգահեռ-հաջորդական մոդելը, որն ապահովում է հաշվողական ընթացակարգերի բարձր արդյունավետություն և պարզ մեքենայական իրականացում՝ ի հաշիվ համապատասխան հիպերմատրիցների կանոնավորված բլոկա-ներքին-եռանկյունաձև կառուցվածքի ու դրանց հակադարձման համար ստացված անալիտիկ արտահայտությունների;

բ) մշակված է զուգահեռականացման առավելագույն աստիճանով, ճշտի և բարձր հաշվողական արդյունավետությամբ օժտված ԴԹ-ՄՎ զուգահեռ մոդելը:

3. Ոչ ավտոնոմ ոչ գծային հավասարումների համակարգերի արդյունավետ լուծման համար մշակված են վերը նշված ԴԹ-ՄՎ մոդելների հիմնական առավելություններով օժտված ԴԹ-նյուտոնյան և ԴԹ-ժորդանյան մոդելները:

4. Մաթեմատիկական ծրագրավորման տարբեր դասերի (ամբողջաթիվ, բուլյան, կեղծ-բուլյան) խնդիրների լուծման համար առաջարկված լրացուցիչ սահմանափակումների ներմուծման ճանապարհով մշակված են ԴԹ-տեղային և ԴԹ-քվազիգծային մոդելները:

II. Ավտոմատացման համակարգերի ծրագրային ապահովման բնագավառում՝

– <u>ԴԹ-ձևափոխությունների վրա հիմնված կիրառական ծրագրերի փաթեթի ստեղծումը</u>՝

1. Որը նախատեսված է անհատական հաշվողական մեքենաների համար, հանրանշանակ է, իրականացման լեզուն՝ PASCAL -ն է և աշխատում է փաթեթային, գրաֆիկական, դիագնոստիկական և երկխոսային ռեժիմներում: Փաթեթի հիմնական մաթեմատիկական օբյեկտները կամայական արտահայտություններ,

ֆունկցիաներ, մատրիցներ, վեկտորներ և շարքեր են, գործակիցներն իրական ու ամբողջ տիպի են:

2. Որի մոդուլային կառուցվածքը (տեղծված են 9 մոդուլներ՝ իրենց պրոցեդուրաներով) հնարավորություն է տալիս ընդլայնել այն նոր ծրագրերով և պրոցեդուրաներով: Փաթեթի աշխատանքը կազմակերպվում է մենյուների միջոցով՝ երկխոսային ռեժիմում, այսինքն հնարավորություն է տալիս այն շահագործել ցանկացած օգտատիրոջ կողմից: Փաթեթի աշխատանքը գրաֆիկական ռեժիմում նկատելիորեն հեշտացնում է ստացված արդյունքների մեկնաբանումը:

3. Որը, բացի ԴՖ-հանրահաշվից և ԴՖ-մոդելների իրականացումից, ընդգրկում է նաև վերջավոր խնդիրների լուծման մի շարք հայտնի եղանակների մեքենայական իրականացման պրոցեդուրաները, ինչն էլ հնարավորություն է ընձեռում նույն միջավայրում և հավասարազոր պայմաններում կատարել մշակված և հայտնի մոդելների համեմատական վերլուծություն:

III. Առաջարկված մոդելների քանակական ու որակական բնութագրերի բացահայտումը:

1. Ստացված են հաշվողական գործողությունների քանակի և իտերացիաների միջին թվի միջև կախվածությունները՝ ելնելով համակարգերի կարգից ու օգտագործվող դիսկրետների քանակից:

2. Գնահատված են մոդելների զուգահեռականացման աստիճանները և արդյունավետությունը: