

Для сокращения временных затрат на решение задачи предложена аналого – цифровая реализация математической модели в виде специализированного устройства.

Для сравнения с аналогами получена оценка сокращения временных затрат при аппаратурной реализации математической модели по сравнению с временем ее реализации на ПЭВМ.

**Список литературы:** 1. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме охраны окружающей среды. М.: Наука, 1982. 320 с. 2. Краснова И.О. Экологическое право и управление в США. М.: Байкальская Академия, 1992. 240 с. 3. Стоян Ю.Г., Путятин В.П. Оптимизация технических систем с источниками физических полей. К.: Наук. думка, 1988. 192 с. 4. Стоян Ю.Г., Путятин В.П. Размещение источников физических полей. К.: Наук. думка, 1981. 184 с. 5. Патент. Пристрій для розв'язування комбінаторних задач теорії поля / В.П. Путятін, К.А. Чуріков (Україна). № 33466 А. Опубл. 15.02.01. Бюл. № 1. 6. Авт. св. СССР. №1059584. Устройство для моделирования физических полей / Ю.М. Мацевитый, Ю.Г. Стоян, В.П. Путятин. Опубл. 07.12.83. Бюл. № 45. 7. Авт. св. СССР. №1246120. Устройство для решения обратных задач теории поля / Ю. М. Мацевитый, Ю. Г. Стоян, В.П. Путятин, Б.С. Элькин. Опубл. 23.07.86. Бюл. № 27. 8. Стоян Ю.Г., Соколовский В.З. Решение некоторых многоэкстремальных задач методом сужающихся окрестностей. К.: Наук. думка, 1980. 208 с. 9. Авт. св. СССР. № 748416. Устройство для перебора перестановок, сочетаний и размещений / Г.И. Левин. Опубл.25.01.79. Бюл. №3.

*Поступила в редколлегию 21.12.2004*

**Гайдусь Андрей Юрьевич**, соискатель кафедры кибернетики ХНТУСХ им. П. Василенко. Научные интересы: математическое моделирование в проблемах экологии. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Артема, 44, тел. 716-41-70.

**Путятин Валерий Петрович**, зав. кафедрой кибернетики ХНТУСХ им. П. Василенко. Научные интересы: математическое моделирование в проблемах экологии. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Артема, 44, тел. 716-41-70.

---

УДК 681.324.01

*А.Я. СКЛЯРОВ , И.А. МАКРУШАН*

---

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИНТЕЗА ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ПРИМЕНЕНИЕМ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ДЕКОМПОЗИЦИИ**

---

Предлагается математическая модель синтеза иерархических структур систем управления сетевыми информационными технологиями (ИТ) с последовательным применением основных методов декомпозиции. Рассматривается оптимизационная задача, иллюстрирующая новый подход к проектированию иерархических структур систем управления сетевыми информационными технологиями. Предлагается параметрическая схема взаимосвязи оптимизационных задач.

### **1. Введение**

Отличительной особенностью методов синтеза иерархических структур систем управления сложными распределенными корпоративными ИТ является необходимость декомпозиции глобальной оптимизационной задачи управления в ряд иерархически связанных подзадач. Традиционный подход к созданию таких систем [1-3] предусматривает сначала формулировку локальных оптимизационных подзадач, которые обеспечивают достижение локальных целей структурных подразделений объекта управления, а затем синтез дополнительных подзадач, которые обеспечивают координацию локальных решений, направленную на достижение глобальной цели всей системы. В отличие от традиционного предлагается новый подход к проектированию иерархических структур систем управления, который заключается в преобразовании

глобальной цели функционирования объекта управления в иерархически связанные оптимизационные подзадачи, достижение локальных целей которыми обеспечит достижение глобальной цели всей системы.

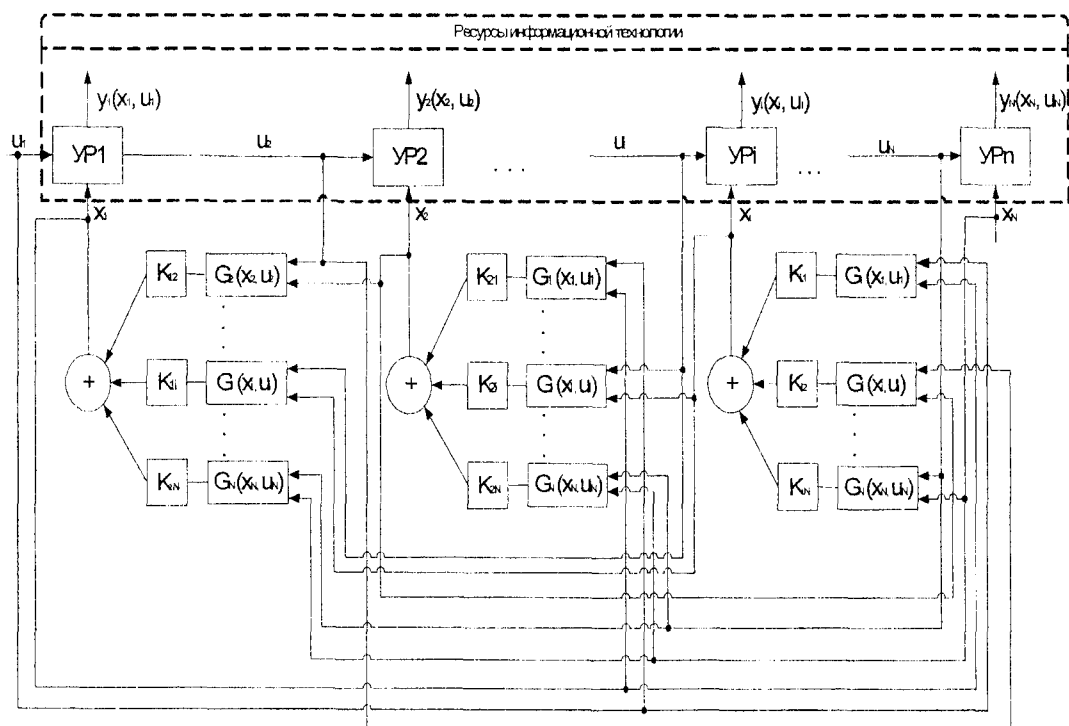
Во многих случаях, когда глобальная оптимизационная задача содержит связующие переменные и ограничения, возникает необходимость применения методов замены переменных [3] и множителей Лагранжа [2], позволяющих заменить соединяющие ограничения переменными взаимосвязи. Далее, используя параметрическую декомпозицию [1], можно ослабить действие соединительных переменных и, наконец, получить структуру, которая допускает разделение на иерархически связанные подзадачи [4].

Цель статьи заключается в рассмотрении оптимизационной задачи, иллюстрирующей новый подход проектирования иерархических структур систем управления сетевыми ИТ.

Пусть объектом управления является распределенная информационная технология, в состав которой входит  $N$  специализированных серверов и обрабатывающих центров (например, маршрутизаторов). В соответствии со специализацией, технологией обработки запросов и выполнения соответствующих задач по преобразованию информации между серверами и обрабатывающими центрами существуют взаимосвязи через потоки запросов и общие сетевые ресурсы (пропускная способность каналов связи, производительность серверов, производительность коммутационного оборудования, людские ресурсы, финансовые (стоимость передачи и обработки данных при наличии платных услуг по обработке и др.)). Общей целью функционирования системы управления распределенным комплексом ИТ является минимизация затрат (например, времени) на обработку всех потоков запросов при заданных расходах ресурсов и при заданном качестве обслуживания. Формально это можно выразить следующим образом.

## 2. Математическая модель синтеза иерархических структур систем управления

Параметрическая схема взаимосвязи оптимизационных задач представлена на рисунке.



Задача 1:

$$\min_{u_1, \dots, u_N} \sum_{i=1}^N f_i(x_i, u_i); \quad (1)$$

$$x_i = \sum_{j=1}^N k_{ij} G_j(x_j, u_j), \forall j \neq i; \quad (2)$$

УР – управляемый сетевой ресурс;  $u_i$  – выходные переменные;  $U_i$  – управляющее воздействие;  $G_i(x_i, y_i)$  – функции взаимосвязи;  $x_i$  – входные переменные;  $K_{ij}$  – коэффициенты взаимосвязи.

Параметрическая схема взаимосвязи оптимизационных задач

$$y_i = Y_i(x_i, u_i); \quad (3)$$

$$R_i(x_i, u_i) \geq 0; i = 1 \dots N; \quad (4)$$

где объект управления в своем составе имеет  $N$  взаимосвязанных серверов и обрабатывающих центров;  $x_i$  – входы  $i$ -го сервера или обрабатывающего центра, связанные с выходами других структурных единиц;  $y_i$  – выход  $i$ -го сервера или обрабатывающего центра;  $U_i$  – управляющий вход  $i$ -го сервера или обрабатывающего центра;  $R_i, Y_i$  – определяют связывающие ограничения на входные и управляющие воздействия  $i$ -го сервера или обрабатывающего центра;  $G_j$  – определяет структуру взаимосвязей  $i$ -го сервера или обрабатывающего центра с  $j$ -м;  $k_{ij}$  – коэффициенты взаимосвязи (возможно, оценки «силы» взаимосвязи)  $i$ -го и  $j$ -го сервера или обрабатывающего центра;  $f_i$  – критерий эффективности функционирования  $i$ -го сервера или обрабатывающего центра.

Отметим, что в заданном соотношениями (1)-(4) виде оптимизационная задача не может быть декомпозирована на  $N$  независимых подзадач вследствие наличия технологических взаимосвязей (2) между серверами и обрабатывающими центрами, а также связующих ограничений на способы функционирования, выраженные соотношениями (3),(4).

Прежде всего, для ослабления структурных связей (2) воспользуемся методом замены переменных. Тогда задача 1 может быть преобразована к виду:

Задача 2:

$$\min_{u_1, \dots, u_N} \sum_{i=1}^N f_i(x_i, u_i); \quad (5)$$

$$x_i = \sum_{j=1}^N k_{ij} z_j; \quad (6)$$

$$z_i = G_i(x_i, u_i); \quad (7)$$

$$y_i = Y_i(x_i, u_i); \quad (8)$$

$$R_i(x_i, u_i) \geq 0; i = 1 \dots N. \quad (9)$$

Связывающие ограничения (6) можно убрать, используя метод множителей Лагранжа, включив их в критериальную функцию.

Задача 3:

$$\max_{\lambda_1, \dots, \lambda_N} \min_{u_1, \dots, u_N} \sum_{i=1}^N [f_i(x_i, u_i) + \lambda_i^T (\sum_{j=1}^N k_{ij} z_j - x_i)]; \quad (10)$$

$$z_i = G_i(x_i, u_i); \quad (11)$$

$$y_i = Y_i(x_i, u_i); \quad (12)$$

$$R_i(x_i, u_i) \geq 0; i = 1 \dots N. \quad (13)$$

Следует отметить, что хотя предпринятые изменения задачи и сняли связующие ограничения (6), тем не менее задачу 3 нельзя разделить на ряд независимых подзадач из-за связующих переменных (множителей Лагранжа)  $\lambda^T = \lambda_1 \dots \lambda_N$ . Для решения этой проблемы воспользуемся методом параметрической декомпозиции, выбрав в качестве параметров множители Лагранжа. При этом задача 3 преобразуется в две взаимосвязанные подзадачи вида:

подзадача П4:

$$\max_{\lambda_1, \dots, \lambda_N} \sum_{i=1}^N L_i(x_i^*, u_i^*, z_i^*, \lambda); \quad (14)$$

подзадача П5:

$$\min_{u_1, \dots, u_N} \sum_{i=1}^N L_i(x_i, u_i, z_i, \lambda^*); \quad (15)$$

при условии

$$z_i = G_i(x_i, u_i); \quad (16)$$

$$y_i = Y_i(x_i, u_i); \quad (17)$$

$$R_i(x_i, u_i) \geq 0; i = 1 \dots N, \quad (18)$$

где  $L_i(x_i, u_i, z_i; \lambda) = f_i(x_i, u_i) + \sum_{j=1}^N \lambda_j^T k_{ji} z_i - \lambda_i^T x_i$ ;  $x_i^*, u_i^*, z_i^*$  - решение подзадачи П5, а

$\lambda^*$  - решение подзадачи П4.

Полученные в результате параметрической декомпозиции оптимизационные подзадачи (14), (15) должны решаться совместно. Подзадача П4 является оптимизационной задачей без ограничений, а подзадача П5 может быть представлена в виде  $N$  не связанных локальных оптимизационных подзадач с разделенными критериальными функциями и ограничениями.

Локальная подзадача П5(i):

$$\min_{u_i} L_i(x_i, u_i, z_i, \lambda^*) \quad (19)$$

при ограничениях

$$z_i = G_i(x_i, u_i); \quad (20)$$

$$y_i = Y_i(x_i, u_i); \quad (21)$$

$$R_i(x_i, u_i) \geq 0; i = 1 \dots N. \quad (22)$$

Локальные оптимизационные подзадачи П5(i) пониженной размерности могут быть решены с применением методов линейного или нелинейного программирования в зависимости от формы выражений (19)-(22).

### 3. Выводы

*Научная новизна:* представленная в статье математическая модель иллюстрирует новый подход к проектированию иерархических структур систем управления сетевыми информационными технологиями, основанный на принципе "от глобальной цели к иерархии подцелей". На формальном уровне показана необходимость и возможность получения путем системного применения методов декомпозиции иерархически связанных оптимизационных подзадач, достижение локальных целей которыми обеспечит достижение глобальной цели всей системы.

*Практическая значимость:* синтезированные в соответствии с предлагаемым подходом структуры систем управления могут не совпадать с естественной композиционной природой объекта управления, что может служить основанием для реорганизации объекта в целях совершенствования его структу-

ры. Разработанный метод использовался при решении задачи разбиения корпоративной компьютерной сети на регионы управления. При этом уровень служебного трафика между регионами, при решении задач контроля и управления, снизился на 12,5%.

**Список литературы:** 1. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 344 с. 2. Лэддон Л. Оптимизация больших систем. М.: Наука, 1975. 532 с. 3. Wilson I.D. Foundations of hierarchical control // Int. J. Control. 1979. Vol. 29, № 6. P. 899-933. 4. Скляров А.Я., Захаров А.Г., Прядун П.В. Принципы построения многоуровневых алгоритмов решения оптимизационных задач // Материалы Всесоюзной школы молодых ученых "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами." Харьков, 1984. С. 7.

Поступила в редколлегию 06.06.2005

**Скляров Александр Яковлевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры ИУС ХНУРЭ. Научные интересы: синергетика. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-451.

**Макрушан Ирина Анатольевна**, ассистент кафедры ИУС ХНУРЭ. Научные интересы: мониторинг компьютерных сетей, информационные системы. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-451.

УДК 62.50

*Р.П. МИГУЩЕНКО, О.Ю. КРОПАЧЕК*

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МНОГОЗОННЫХ ПРОХОДНЫХ АГРЕГАТОВ**

Рассматриваются вопросы разработки и анализа моделей наблюдателя многозонных проходных агрегатов. Использование наблюдателей в системах управления указанных агрегатов способствует повышению эффективности их работы. В качестве базового для исследований принят пресс-экструдер масличных культур, реализующий процессы отжима растительных масел из маслосодержащих культур. Описываются синтезированные модели наблюдателя многозонного проходного агрегата, проводится исследование их технических характеристик, выбирается оптимальная модель исходя из критериев принятия решения в условиях неопределенности.

### **1. Актуальность**

Новая промышленная политика Украины направлена на введение в эксплуатацию объектов, технические и технологические характеристики которых позволяют добиваться определенных экономических достижений. К таким новым объектам можно отнести ряд агрегатов класса многозонных проходных (МПА) [1].

Базовым МПА для исследований является пресс-экструдер масличных культур, предназначенный для отжима маслосодержащих культур и получения полезного продукта в виде растительных масел [2]. Обобщенная технологическая схема такого агрегата представлена на рис.1.

Рабочая зона агрегата состоит из пяти зон (нагрева и зерновых). Исходное сырье поступает в бункер, за счет шнеков подачи продвигается вдоль МПА и вследствие физических, химических и механических преобразований, в первом приближении, разделяется на две фракции, одна из которых представляет собой полезный продукт (растительное масло)  $\eta$ .

Схема движения фракций продукта в МПА представлена на рис. 2. Получение максимально возможного значения полезного продукта на указанном агрегате является важной технико-экономической задачей. Решение такой задачи возможно при использовании различных научно-технических решений, однако наиболее рациональным, по мнению авторов, следует считать оптимизацию ведения технологических процессов МПА.