

# Системный подход к созданию программных комплексов для решения задач глобальной оптимизации \*

М.А. Посыпкин, И.Х. Сигал

*Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Москва,  
Россия*

Доклад посвящен разработке и реализации программного комплекса для решения задач оптимизации на одно- и многопроцессорных вычислительных системах с целью создания универсальной расширяемой программной инфраструктуры, обладающей следующими свойствами:

1. гибкая поддержка широкого спектра вариантов метода ветвей и границ и гибридных подходов;
2. высокая производительность на задачах оптимизации большой размерности;
3. модульность и расширяемость, позволяющая минимизировать усилия разработчика при добавлении новой функциональности;
4. переносимость на уровне исходного кода между различными последовательными и параллельными платформами.

Для достижения поставленных целей предлагается подход, основанный на *разделении вычислительной, коммуникационной и управляющей функциональности* в программе, предназначенной для решения задачи оптимизации методом ветвей и границ. Такой подход позволяет независимым образом реализовывать и отлаживать соответствующие компоненты, а также, облегчать процесс расширения программного комплекса за счет повторного использования ранее разработанных компонент.

Можно выделить следующие основные элементы метода ветвей и границ: выбор множества для ветвления, выбор способа ветвления, выбор правила отсева (исключения из рассмотрения) подзадачи, выбор алгоритма формирования приближенных решений. Выбор параметров, характеризующих эти основные элементы, оказывает существенное влияние на производительность метода ветвей и

---

\*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 13-07-00291

границ. Под *стратегией решения задачи оптимизации* будем понимать способ управления перечисленными параметрами. В работе [1] было предложено понятие *стратегии решения задачи* как способа управления перечисленными параметрами в процессе решения задачи с учетом выделенных вычислительных ресурсов.

Процесс решения оптимизационной задачи комбинированным методом ветвей и границ можно представить как взаимодействие модуля, реализующего стратегию решения, и вычислительного модуля, выполняющего шаги метода. Для наглядного и строгого описания логики управления процессом решения используется расширенный формализм конечных автоматов с двумя лентами. Автомат выполняет переходы между состояниями, реагируя на события, приходящие от вычислительного модуля и генерирует управляющие воздействия (команды), которые воспринимаются и выполняются вычислительным модулем. На Рис. 1 приведен пример автомата, описывающего стратегию управления методом ветвей и границ, динамически изменяющего способ выбора множества для ветвления.

В случае реализации для многопроцессорных ЭВМ к действиям, выполняемым в последовательном случае, добавляются обмены данными между процессами параллельного приложения. К событиям, подающимся на вход автомата, добавляются события, связанные с получением процессом рекорда, подзадач или некоторой управляющей информации. Множество выдаваемых автоматом команд расширяется командами послышки перечисленных данных. Таким образом описывается процесс управления не только решением задачи, но и балансировкой загрузки многопроцессорной системы. Каждый процесс параллельной программы управляется отдельным конечным автоматом. При составлении формального описания, как правило, описывается несколько различных типов автоматов, например сервер и клиент.

Предложенный подход реализован в рамках программного комплекса BNB-Solver[2], который представляет собой расширяемую библиотеку классов Си++. Основная идея организации программного комплекса состоит в выделении универсальных компонентов, которые могут быть использованы в различных модификациях методов типа ветвей и границ. Практически любая программа, реализующая метод ветвей и границ, имеет типовую схему, состоящую из четырех взаимодействующих модулей (Рис. 2). *Интегрирующий модуль* обеспечивает взаимодействие *управляющего модуля*, реализующего стратегию решения задачи с *вычислительным модулем*,

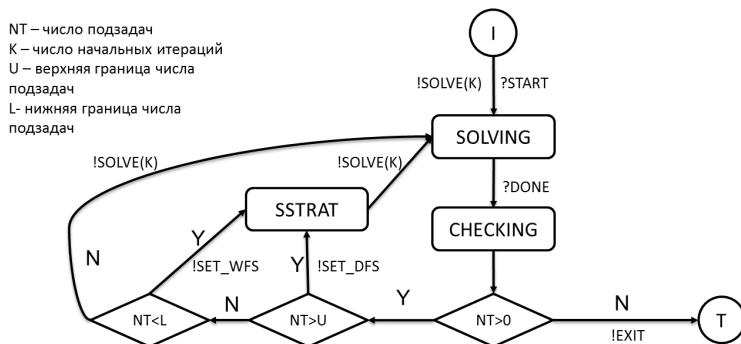


Рис. 1: Пример автомата, описывающего стратегию управления процессом оптимизации

выполняющим шаги метода ветвей и границ, и *коммуникационного модуля*, ответственного за обмен данными с другим процессом. В последовательном варианте коммуникационный модуль не требуется, так как нет взаимодействия процессов.

Каждый из модулей имеет фиксированный документированный интерфейс. В библиотеке имеются различные реализации этих модулей. Приложение, решающее задачу методом ветвей и границ, получается с помощью объединения требуемых реализаций. Такой подход позволяет сократить усилия, необходимые для реализации новой задачи или нового модуля управления, за счет повторного использование ранее реализованных компонентов.

### Список литературы

1. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: Учеб. пособ. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
2. Y. Evtushenko, M. Posypkin, I. Sigal, A framework for parallel large-scale global optimization // Computer Science - Research and Development 23(3), pp. 211-215, 2009.

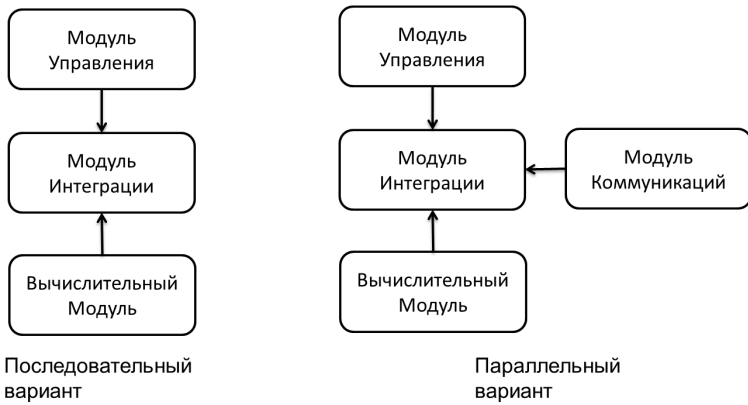


Рис. 2: Компонентная схема типовой реализации метода ветвей и границ