

УДК 004.942:004.021

ОПТИМИЗАЦИЯ СВЯЗНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ В САПР

Д. т. н. А. Л. Становский, В. В. Бондаренко, В. В. Добровольская, Осама Абу Шена,
И. А. Саух

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
stanovsky@mail.ru

Показано, что оптимизация сложных систем в САПР должна учитывать в качестве ограничений объективно существующую связь в пределах некоторой области оптимизирующих аргументов между отдельными элементами этих систем. Рассмотрены проблемы «обратной» оптимизации, когда целевыми функциями являются параметры области связности, что во многих случаях позволяет получить более эффективные решения в процессе автоматизированного проектирования.

Ключевые слова: связанные элементы, параметры области связности, обратная оптимизация.

Для эффективного решения многих задач оптимизации сложных систем в САПР важное значение имеет результат выбора соответствующей целевой функции. При таком выборе внимание необходимо обращать не только на функциональные параметры проектируемой системы, но и на некоторые исходные, данные извне ограничения, которые столь важны для характеристик будущей системы, что их лучше было бы получать именно в результате оптимизации. Очевидными примерами таких ограничений могут служить некоторые стандартные размеры машин и механизмов, предельные скорости вращения и прямолинейного движения отдельных деталей и узлов в механике, «паспортные» напряжения и токи в электрооборудовании и много других.

Но существуют и менее очевидные параметры систем, которые сами являются «вторичными» при решении некоторых задач оптимизации и которые возникают лишь в результате глубокого анализа процессов, протекающих в объекте проектирования во время его жизненного цикла. К таким параметрам можно отнести показатели связности элементов сложных систем саму возможность реально или виртуально влиять на эту связность и находить за счет такого воздействия дополнительные возможности создания современной продукции с «заоптимальными» свойствами.

Оптимизация или программирование — это поиск вектора аргументов x , доставляющих экстремум некоторой целевой функции $f(x)$. Многокритериальная оптимизация или программирование — это процесс одновременной оптимизации двух или более конфликтующих целевых функций в заданной области определения [1]. При автоматизированном проектировании систем часто возникает проблема, вызванная тем, что отдельные параметры той или иной системы принадлежат одновременно двум или более ее элементов. Например, проектируя редуктор, невозможно оптимизировать скорость вращения зубчатого колеса без учета «интересов» другой шестерни, находящейся с первой на одном валу; нельзя проектировать график отключения одной части электронного устройства, не согласовывая результат проектирования с другой частью, если у них общий выключатель [2] и т. п. Подобные связи между параметрами элементов является жестким ограничением и, например, при последовательном проектировании элементов являются проектируемыми параметрами только для первого из них, — для последующих они автоматически переводятся в множество начальных данных.

Такой подход может как упрощать проектирование (как минимум, одним расчетным параметром меньше), так и существенно затруднять его, заставляя неоднократно возвращаться к уже спроектированным элементам или проектировать систему в целом одновременно. Для решения задачи оптимизации в этом случае используется комплексный генетический алгоритм, дополненный блоком учета новых ограничений. В последнее время появились работы, в которых упомянутые выше связи между элементами систем не являются жесткими. Наличие таких связей позволяет решать задачи оптимизации систем более эффективно, например, глубже, чем по Парето [3]. И в этом случае используются комплексные генетические алгоритмы, дополненные блоками адаптации расчетных моделей под «гибкую» связь между целевыми функциями оптимизации [4].

Во всех этих случаях дополнительные связи между параметрами элементов проектируемых систем используются исключительно в качестве жестких или гибких ограничений на изменения варьируемых в процессе оптимизации параметров. В данной работе предлагается задача, в процессе решения которой оптимизации подвергается сама связь между элементами, ее степень или глубина.

Если аргументы для каждой из целевых функций независимы (в том смысле, что они могут принимать независимые значения из области своего существования), то имеем две независимые задачи оптимизации и два ее решения.

Если аргументы сильносвязаны или полностью зависимы, то имеем одну задачу, например Парето-оптимизации [5], и ее единственное решение. Также это дает нижнюю оценку возможных оптимумов при сильносвязанных аргументах. Для решения задач многомерной оптимизации по многомерным сильносвязанным аргументам используют эволюционные методы, в частности комплексный генетический алгоритм, предназначенный для постоянного мониторинга во время эволюции решения с целью недопущения нарушения условий связности. В ней применяются разветвленные комплексные символьные модели генотипа объекта проектирования, содержащие по-разному связанные параметры его элементов.

Дополнительная парадоксальная возможность выполнить виртуальную многокритериальную расширенную Парето-оптимизацию возникает, когда аргументы слабосвязаны. Расширенный оптимум Парето располагается ниже верхней и выше нижней оценок для приведенных выше двух крайних случаев оптимизации. Для решения задач многомерной оптимизации по многомерным слабосвязанным аргументам используют адаптивные эволюционные методы, в частности адаптивный комплексный генетический алгоритм [4]. В нем комплексные символьные модели генотипа объекта, содержащего по-разному связанные параметры элементов, а также методы «заселения» множества аргументов первичными особями, операторы работы с такими моделями и критерии управления проектными процедурами основаны на адаптивной комплексной эволюционной оптимизации.

Теоретически доказаны и практически, с помощью компьютерного эксперимента и производственных испытаний, подтверждены возможности повышения скорости проектирования и качества продукции электротехнического производства за счет использования САПР, обеспечивающих эффективную оптимизацию параметров по-разному связанных подсистем объекта проектирования. В Одесском МП НТЦ «Техсервис» проведено испытание САПР-К «EVOSOFT». В качестве объекта автоматизированного проектирования использовали трансформатор модели ТМ 25/10/0,4. В результате испытания установлено, что это позволило уменьшить массу трансформатора на 15% при неизменном сроке его службы и снизить срок проектирования в среднем на 28,6%.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Кини Р. Л. Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения.— Москва: Радио и связь, 1981.
2. Становский А. Л., Швец П. С., Торопенко А. В. Эволюционная оптимизация электротехнического оборудования со слабосвязанными элементами // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Информационные технологии.— 2013.— № 4/3 (64).— С. 36 — 40.
3. Становский А. Л., Швец П. С., Щедров И. Н. Оптимизация слабосвязанных систем в автоматизированном проектировании и управлении // Сучасні технології в машинобудуванні: збірник наукових праць.— Харків, НТУ «ХП», 2011.— Вип. 6.— С. 129 — 134.
4. Прокопович И. В., Швец П. С., Становская И. И., Духанина М. А. Адаптивный генетический алгоритм для «мягких» эволюционных вычислений // Праці Одеського політехнічного університету.— 2012.— Вип. 2(39).— С. 218—224.
5. Становский А. Л., Швец П. С., Торопенко А. В. САПР электротехнического оборудования со слабосвязанными элементами // Сучасні технології в машинобудуванні: збірник наукових праць.— Харків, НТУ «ХП».— 2013.— Вип. 8.— С. 133—143.

A. L. Stanovsky, V. V. Bondarenko, V. V. Dobrovolskaya, Osama Abu Shen, I. A. Saukh

The elements connect optimization in CAD

It is shown that optimization of difficult systems in CAD has to consider as restrictions the objectively existing communication within some area of optimizing arguments between separate elements of these systems. The authors consider problems of the "return" optimization when criterion functions are connectivity area parameters which in many cases allows obtaining more effective decisions in the course of the automated design.

Keywords: *elements connect, connectivity area parameters, return optimization.*
