

УДК 658.512

О. В. Малина, доктор технических наук
Э. Г. Зарифуллина, аспирант
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ – НОВЫЙ ПОДХОД И НОВЫЕ ЗАДАЧИ

В статье рассмотрен подход к автоматизации конструирования машиностроительных изделий, основанный на имитации мыслительной деятельности человека. Показана возможность реализации данного подхода посредством использования оптимизированных переборных алгоритмов, дан перечень решенных задач, а также задач, требующих решения.

Ключевые слова: классификатор класса объектов машиностроения, функциональные запрещенные фигуры, эмпирические запрещенные фигуры, оптимизация переборных алгоритмов.

Изделия машиностроения отличаются разнообразием по сложности и по назначению, по размерам и формам, по используемым материалам, а также по средствам автоматизации их проектирования.

Многообразие средств автоматизации конструкторской деятельности, обеспечивающих выполнение чертежей, расчетов, текстовой документации, моделирующих процессы изготовления и сборки изделий, тем не менее не освобождает современного конструктора от разработки конструкции, представляющей, в первую очередь, структуру будущего изделия. Разработка конструкции – высокоинтеллектуальный, творческий процесс, качество которого зависит от профессионального опыта и компетентности конструктора.

Существует два классических подхода к процессу конструирования:

- разработка новой конструкции «с нуля»;
- разработка новой конструкции путем модификации уже известного технического решения – «от прототипа».

Несмотря на принципиальное отличие в реализации существующих подходов, общим остается слабый уровень формализации процесса структурного синтеза, не позволяющий говорить о высокой степени его автоматизации.

Объясняется данная ситуация рядом факторов, понимание которых позволит сформулировать задачи, чье решение позволит сделать шаг в направлении автоматизации указанных процессов:

1. Отсутствие сквозной формализации процесса структурного синтеза, то есть математических, логических и даже эмпирических зависимостей, покрывающих весь процесс разработки конструкции.

2. Проверочный характер существующих инженерных расчетов.

3. Многообразие постановок задач, а значит, высокая инвариантность набора исходных требований, зафиксированных в рамках технического задания.

Именно указанные факторы делают практически невозможным создание классической системы автоматизации структурного синтеза, реализующей процесс конструирования в классической последовательности действий, когда в основу алгоритма функционирования системы положены зависимости предметной области.

Принципиально иной подход к созданию структуры с заданными характеристиками основан на двух посылах:

- философия творчества говорит о том, что в процессе создания нового участвует как сознание человека, функционирующее по причинно-следственным алгоритмам, формирующимся в процессе жизни и фиксирующим взаимосвязи элементов области знаний, так и подсознание, функционирующее по переборным алгоритмам с возможностью оценки получаемых в результате комбинаторного перебора комбинаций на жизнеспособность. Исходя из предлагаемой теории творчески одаренный человек – это личность, подсознание которой в моменты, когда складывается искомая комбинация, способно достигаться до сознания, а сознание способно воспринять и «логически» проанализировать полученное решение;
- конструкция – это набор элементов (деталей, сборок, узлов), каждый из которых характеризуется конечным значимым набором параметров.

Таким образом, если получить множество параметров, представляющих интерес для заданного класса объектов, определить возможные значения каждого параметра, то теоретически множество конструкций может быть получено посредством перебора значений на множестве параметров [1, 2].

Для реализации указанного подхода необходимо сгенерировать множество параметров (признаков), множество значений параметров (признаков) и условия возможности объединения множества параметров в рамках одной структуры.

Информационной базой, содержащей множество признаков и их значений, является специальным образом сформированный классификатор [3–6]. Условия возможности объединения значений параметров в рамках отдельных технических решений реализованы в виде множества запрещенных фигур [7–10]. Два указанных компонента взаимосвязаны, поскольку множество запрещенных фигур формируется на множестве признаков классификатора и их значений.

Не менее важной задачей является расширение классификатора, фиксации в нем новых знаний без нарушения целостности системы, поскольку появление новых модулей характеризующих их признаков и значений этих признаков может повлечь за собой

расширение множества иных признаков и их значений, а также запрещенных фигур.

Запрещенные фигуры, являющиеся причиной нереализуемости конструкции, могут быть получены в результате выполнения существующего расчета (набор значений входных и выходных параметров, полученных в результате расчета, – разрешенное сочетание, значит, все остальные наборы значений этих параметров – запрещенные фигуры) или в результате экспертного опроса. Первые получили название функциональных, вторые – эмпирических.

Наличие классификатора и множества запрещенных фигур является необходимым условием возможности синтеза структур посредством использования переборного алгоритма, однако не является достаточным.

Реализация банального перебора на множестве признаков сталкивается с проблемой информационного взрыва. Преодоление указанной проблемы возможно посредством оптимизации [11–15], направленной на недопущение разрастания множества промежуточных вариантов за счет непорождения запрещенных вариантов или их своевременного удаления, в основе которой лежат несколько основных доказанных ранее положений:

1. Существенное снижение мощности множества промежуточных вариантов достигается за счет чередования этапов синтеза и анализа.

2. Скорость разрастания множества промежуточных некорректных вариантов на этапе синтеза зависит от порядка перемножения признаков.

3. Порядок перемножения признаков напрямую связан с характером и количеством запрещенных фигур.

Выполнение синтеза без учета ограничений технического задания теоретически даст однозначное упорядочение признаков в процессе перебора и множество принципиально реализуемых структур. Однако наложение ограничений технического задания изменит порядок перемножения признаков, поскольку конкретизация значений отдельных признаков в рамках технического задания порождает дополнительное множество запрещенных фигур.

Очевидно, что конкретизация значения признаков в результате использования оптимизационного структурного синтеза на основе перебора (получившего название синтеза «снизу вверх») будет отличаться от классического проектирования «с нуля».

Классическое конструирование «от прототипа» также имеет свой аналог в предлагаемом подходе и получило название синтеза «сверху вниз».

Принципиальным отличием данного вида синтеза является необходимость решения задачи выделения из множества запрещенных фигур подмножества, участвующего в синтезе. Очевидно, что множество запрещенных фигур данного подмножества будет зависеть от параметров, значения которых претерпели изменения в рамках модификации конструкции.

Фактически при выполнении синтеза «сверху вниз» поэтапно решаются следующие задачи:

1. Формирование ограничений ТЗ.
2. Выбор прототипа.
3. Преобразование ограничений технического задания в множество запрещенных фигур.
4. Проверка прототипа на корректность путем анализа наличия в структуре прототипа запрещенных фигур из ранее полученного множества. Если прототип корректен (запрещенных фигур нет) – процесс синтеза завершен.
5. Выяснение причины некорректности и модификация прототипа в целях устранения причин некорректности.

6. Определение множества запрещенных фигур, которые могут появиться в структуре прототипа в результате модификации, и переход на шаг 4. Очевидно, что процесс синтеза «снизу вверх» тоже требует оптимизации, поскольку шаг № 5 вариативен и предполагает возможность нескольких направлений модификации. Критерием оптимизации данного процесса синтеза могут быть: минимизация модификации, а также улучшение технико-экономических показателей конструкции.

Итак, подведем итог и обозначим, какие задачи в рамках реализации указанного подхода уже решены, а какие требуют решения (таблица).

Перечень задач и этапов реализации системы автоматизации конструирования изделий машиностроения

Задача	Состояние	Этапы решения задачи
Решение задачи построения классификатора области знаний	Задача решена	1. Формирование графовых моделей вариантов конструкций 2. Формирование обобщенной модели класса объектов
Решение задачи автоматизации процесса построения классификатора	Задача решена	1. Разработан графовый метод построения классификатора 2. Разработан табличный метод построения классификатора 3. Разработан графово-табличный метод построения классификатора 4. Разработан матричный метод построения классификатора
Решение задачи расширения классификатора	Задача решена, возможна оптимизация решения	1. Разработан критерий корректности расширения 2. Предложены источники и механизмы расширения
Решение задачи автоматизации расширения классификатора	Задача решена частично, требует решения	1. Разработан метод наследования необязательности в рамках структуры 2. Введено понятие относительности обязательности в рамках структуры 3. Разрабатывается метод автоматизированного лингвистического поиска новых знаний
Решение задачи формирования множества запрещенных фигур	Задача решена, требуется апробация	1. Дана классификация запрещенных фигур 2. Разработан метод формирования семейства функций
Решение задачи автоматизации формирования множества запрещенных фигур	Задача решена частично	1. Разработан метод обращения функций 2. Предложен алгоритм экспертного опроса

Окончание таблицы

Задача	Состояние	Этапы решения задачи
Разработка оптимизированного алгоритма синтеза «снизу вверх»	Задача решена, возможна модернизация	1. Выявлены факторы автоматизации 2. Выполнена классификация множества запрещенных фигур 3. Разработан поэтапный алгоритм синтеза
Разработка оптимизированного алгоритма синтеза «сверху вниз»	Задача требует решения	1. Разработан алгоритм поиска решения 2. Требуется разработка алгоритма оптимизации процесса поиска решения

Библиографические ссылки

1. Малина О. В. Теория и практика автоматизации структурного синтеза объектов и процессов с использованием методов характеристического анализа : дис. ... д-ра техн. наук. – Ижевск, 2002. – 392 с.

2. Малина О. В. Информационные модели в задачах структурного синтеза // Информационная математика № 1 : научно-технический журнал. – М. : Издательство физико-математической литературы, 2001. – С. 184–193.

3. Гольдфарб В. И., Малина О. В. Метод создания классификатора класса материальных объектов на примере схем передач с перекрещивающимися осями // Проблемы характеристического анализа и логического управления : академический сборник научных трудов. – М. : МГУ, 1999. – С. 80–89.

4. Малина О. В., Уржумов Н. А. Принципы организации и этапы функционирования модуля построения классификатора спиральных редукторов // Теория и практика зубчатых передач : труды международной конференции. – Ижевск, 2004. – С. 316–322.

5. Подходы к организации экспертного опроса подсистемы формирования классификатора системы структурного синтеза конечных объектов, построенных на дискретных структурах / О. В. Малина, О. Ф. Валеев, С. А. Морозов, А. В. Холмогоров // Вестник ИжГТУ. – 2012. – № 1 (53). – С. 126–129.

6. Малина О. В., Зарифуллина Э. Г., Валеев О. Ф. Подход к построению классификатора объектов машиностроения как основы информационного обеспечения САПР // Научная дискуссия: вопросы технических наук. № 11 (13) : сборник статей по материалам XVI международной заочной научно-практической конференции. – М. : Международный центр науки и образования, 2013. – С. 111–120

7. Малина О. В. Сравнительная характеристика множеств запрещенных фигур объектов различной природы // Информационная математика в информатологии : сборник трудов симпозиума (Москва, Ижевск, 1997). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1997. – С. 36–39.

8. Малина О. В. Исследование множества типов на собственном множестве запрещенных фигур при автоматизации процесса структурного синтеза изделий машино-

строения // Проблемы проектирования изделий машиностроения : труды научных сотрудников и аспирантов Института механики ИжГТУ. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1998. – С. 9–15.

9. Малина О. В. Анализ результатов типизации множества скалярных межмодульных запрещенных фигур структурного синтеза объектов // Информационные технологии № 8 : ежемесячный научно-технический и научно-производственный журнал. – М. : Новые технологии ; Информационные технологии ; Машиностроение, 2002. – С. 33–37.

10. Малина О. В., Уржумов Н. А. Математическая модель процесса структурного синтеза объектов на дискретных структурах, исключая порождение запрещенных вариантов // Информационная математика № 1 (5) : научно-технический журнал. – М. : Издательство физико-математической литературы, 2005. – С. 114–120

11. Малина О. В., Валеев О. Ф. Подходы к минимизации ресурсов ЭВМ, необходимых для реализации процесса структурного синтеза объектов, построенных на дискретных структурах // Интеллектуальные системы в производстве. – 2013. – № 1 (18). – С. 29–34.

12. Два направления оптимизации вычислительного процесса синтеза объекта // Международный конгресс информатизации : труды конгресса (1995, Ижевск). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1995. – С. 128–129.

13. Малина О. В. Концепция конструирования «сверху вниз». Теоремы оптимизации // Автоматизированное проектирование в технологической подготовке производства : межвузовский сборник. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1996. – С. 46–52.

14. Малина О. В., Уржумов Н. А. Подход к оптимизации процесса структурного синтеза в системах автоматизированного конструирования // Высокие технологии – 2004 : сборник трудов научно-технического форума с международным участием. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2004. – С. 95–102.

15. Малина О. В., Уржумов Н. А. Оптимизация процесса структурного синтеза объектов средней степени сложности // Вестник ИжГТУ. – № 1 (33), 2007. – С. 144–150.

Malina O. V., DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU
Zarifullina E. G., Head of E-Learning Department, Kalashnikov ISTU

Automation of engineering product design – a new approach and new challenges

The article describes the approach to automation of engineering products design process. It is based on simulation of human mental activity. The authors demonstrated the possibility of realizing the approach by using optimized search algorithms. The list of solved problems and problematic issues to be solved is given.

Keywords: classifier of class of engineering objects, forbidden functional figures, forbidden empirical figures, search algorithms optimization.

Получено: 09.11.15