

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА



УДК621.7.073-52

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

НЕВЛЮДОВ И.Ш., ВТОРОВ Е. П., СОТНИК С.В.

Предлагается алгоритм принятия решения при проектировании технологической оснастки. Составляется формальное описание алгоритма процедуры принятия решения, а именно расширенная регулярная схема алгоритма (PPCA).

1. Введение

В процессе подготовки производства нового изделия затраты на конструкторские работы в четыре раза меньше затрат на инженерные работы, связанные с технологической подготовкой производства, а проектирование технологической оснастки составляет 60 - 70% последних. Игнорирование проблем, связанных с автоматизацией проектирования технологической оснастки, может привести предприятие к миллионным убыткам [1]. Поэтому решение задачи автоматизации подготовки производства на сегодняшний день является актуальным. Повышения эффективности технологической подготовки производства можно достичь путем автоматизации проектирования технологической оснастки (ТО).

Технологическая оснастка представляет собой широкий класс технических объектов, отличающихся один от другого геометрической формой, структурой, функциональным назначением, условиями эксплуатации и другими характеристиками.

Экономическими предпосылками автоматизации проектирования ТО являются [1]:

- существенное снижение себестоимости изделий и сокращение цикла подготовки их производства;
- интенсивное снижение объемов проектных работ вследствие автоматизации проектирования;
- значительное уменьшение трудозатрат на проектирование;
- повышение уровня оснащенности производства;
- повышение уровня серийности производства.

Таким образом, в промышленности существует проблема своевременного и качественного обеспечения технологических процессов ТО. Нерешенность этой

проблемы вызывает ряд других негативных последствий в производстве: удлинение цикла его подготовки, снижение уровня оснащенности, ухудшение показателей эффективности и качества, моральное старение изделий до начала их производства. Поэтому проведение исследований в области систем автоматического проектирования (САПР) ТО позволит достичь улучшения качества проектирования и т.п., что является актуальным и перспективным на сегодняшний день, о чем и идет речь в данной статье.

Задача синтеза алгоритма обработки технических решений для ТО состоит в построении “цепочки”, т.е. в нахождении последовательности методов анализа технических решений для соответствующего класса задач.

Наиболее общая классификация методов принятия решения: прямые и косвенные, детерминированные и недетерминированные методы.

Классическим является метод синтеза процесса решения, который бывает [2]:

- детерминированный – предполагает однократную обработку проблем принятия решения;
- недетерминированный – учитывает обратные связи, порождающие итерационные циклы. Структура процесса принятия решения представлена на рис. 1.

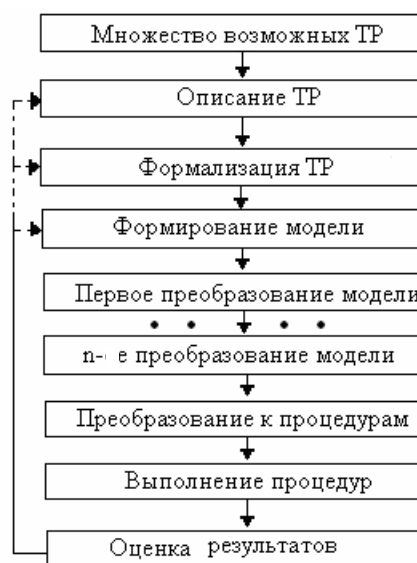


Рис. 1. Структура процесса решения

Целью работы является существенное сокращение времени и затрат при проектировании технологической оснастки.

Поставленную цель можно достичь, решив следующие задачи:

- исследование методов принятия технического решения (ТР) для автоматизации проектирования технологической оснастки;
- анализ процесса принятия решения;
- разработка алгоритма формирования принятия технического решения.

2. Основные принципы принятия решения. Формирование алгоритма принятия ТР при проектировании ТО

Синтез принятия решения иногда осуществляется человеком вручную с использованием графической подсистемы. Однако в последнее время разработаны САПР, автоматизирующие фазу синтеза. Такие САПР в своем составе имеют средства, обеспечивающие обработку данных посредством запрограммированных в них механизмов принятия решений. При исследовании структуры САПР необходимо учитывать особенности, которые связаны с тем, что процессы решения задач проектирования относятся к широкому классу процессов решения проблем. Решение только очень простых и хорошо формализованных проблем можно осуществить в "однократную обработку". Задачи проектирования, как правило, относятся к недетерминированным проблемам. В проектировании происходит унификация проектных решений и их стандартизация. Особое значение имеет унификация проектных решений при проектировании ТО, она позволяет разрывать проектные циклы по обратным связям. Вследствие этого значительно повышается эффективность процесса проектирования, и создаются предпосылки для его успешной автоматизации [2]. В общем виде процесс принятия решения представлен на рис. 2.

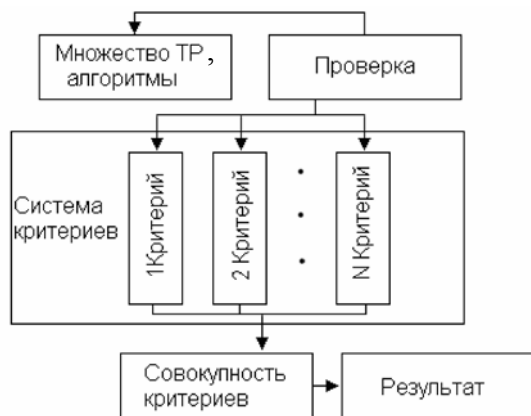


Рис. 2. Процесс принятия решения

Этап принятия решения можно описать следующим образом (см. рис.2). Пусть имеется несколько технических решений. Разработчик сравнивает их и затем выбирает из них два, наиболее подходящих на его взгляд, варианта. Далее он должен назначить приоритеты для показателей качества системы. Это означает, что показателям качества приписываются числовые значения, которые позволяют их упорядочить и определить важность, т. е. какой показатель является более и какой менее важным. Такое упорядочение показателей облегчает процедуру сравнения и выбора того или иного варианта.

Если числовой показатель обозначить U_i , то:

$$\sum_{i=1}^n U_i = 1; \quad (1)$$

где n – равно количеству показателей качества.

Следующим шагом является назначение условий. Разработчик определяет, каким условиям должен соответствовать тот или иной показатель качества, т.е. необходимо установить предел допустимых значений. Например, чтобы из нескольких показателей точности обработки выбрать один, обозначим его T_i , он не должен превышать ранее заданного значения T_0 : $T_i < T_0$.

Шаг назначения условий также упрощает процесс выбора необходимого варианта, а после того, как определена важность каждого показателя качества и условия их отбора, происходит сам процесс выбора того или иного технического решения, который условно можно разделить на два этапа. Первый этап - разработчик "пропускает" все множество рассматриваемых альтернатив параллельно через каждый частный критерий. Таким образом, он получает множество подмножеств частных ответов. Второй этап - разработчик "пропускает" множество подмножеств частных ответов через совокупный критерий предпочтения и получает решение. Решение принято и разработчику остается оценить его соответствие первоначальной постановке задачи.

Если по какой-либо причине выбор не состоялся, то вводится новое техническое решение и процесс повторяется. Операции процедуры принятия решения приведены в таблице.

Обозначение	Название операции
Y_1	Сравнение
Y_2	Назначение приоритетов
Y_3	Назначение условий
Y_4	Выбор ТР
Y_5	Оценка соответствия первоначальной постановке задачи
Y_6	Введение ТР

Следовательно, можно предположить, что в процесс принятия решения входят следующие интеллектуальные процедуры: сравнение, назначение приоритетов, назначение условий, выбор ТР, оценка соответствия первоначальной постановке задачи, введение нового ТР. Исходя из этого, можно составить таблицу операций, входящих в процесс принятия решения и алгоритм процедуры. Расширенную регулярную схему алгоритма (РРСА) для процедуры принятия решения можно представить в следующем виде:

$$R = (Y_1 \dots Y_n, \alpha_\delta \dots \alpha_m), \quad (2)$$

где Y_i , $i=1, n$ – операторы РРСА; α_δ , $\delta=1, m$ – условия РРСА.

На алгебре операторов и условий алгоритмов определены следующие основные операции: $Y_i \cdot Y_j$ – композиция (умножение операторов, заключающееся в последовательном выполнении программ; $\alpha(Y_i \vee Y_j)$ – дизъюнкция операторов, что эквивалентно конструкции $\text{if } \alpha \text{ then } Y_i \text{ else } Y_j$; $\alpha\{Y_i\}$ – итерация, что эквивалентно конструкции $\text{while } \alpha \text{ do } Y_i$.

Составим формальное описание алгоритма процедуры принятия решения. Составим РРСА:

$$R = \alpha_1 Y_1 \cdot \alpha_0 Y_2 \cdot Y_3 \cdot Y_4 \cdot \alpha_2 Y_6 \cdot \alpha_2 \{Y_5\} \cdot \alpha_3 Y_1 \cdot \alpha_3 \{Y_2\}, \quad (3)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – логические условия для составления формального описания алгоритма: α_0 – условие готовности (1 – готово, 0 – нет); α_1 – условие поступления информации (1 – есть, 0 – нет); α_2 – условие выбора (1 – выбор сделан, 0 – нет); α_3 – условие введения ТР (1 – вводится, 0 – нет).

На этапе синтеза считается, что качество функционирования алгоритма для ТО задается критерием $K(x)$, который нужно минимизировать: $K(x_i) \rightarrow \min$ при $x_i \in X$. Под $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ понимается множество допустимых значений изменяемых параметров (факторов). Множество допустимых вариаций параметров x_i определяется совокупностью ограничений в виде равенств и неравенств: $D_1(X) = 0; D_2(X) \leq 0$.

Для решения задачи оптимального синтеза критерия качества предлагается использовать метод покоординатного поиска с обучением. А для повышения скорости сходимости метода покоординатного обучения вводятся вероятностные оценки влияния факторов на показатель качества системы.

Введем понятие дискретной системы (ДС) для того, чтобы иметь возможность согласовывать различные методы обработки ТО (математические модели), с которыми имеет дело разработчик в процессе решения задач проектирования, а также для обеспечения единого формализма при решении этих задач. ДС – объект, в который входят такие составные части: входные каналы X_1, \dots, X_d , выходные каналы Y_1, \dots, Y_c , компоненты K_1, \dots, K_p , между которыми имеет место взаимодействие Q (рис. 3).

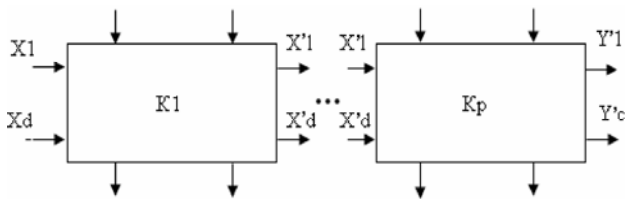


Рис. 3. Взаимодействие компонент между собой

Взаимодействие Q представлено совокупностью $s+p$ функций:

$$\varphi_i : X_1 \times \dots \times X_d \times K_1 \times \dots \times K_p \rightarrow Y_i; 1 \leq i \leq p,$$

$$\psi_j : X_1 \times \dots \times X_d \times K_1 \times \dots \times K_p \rightarrow Y_j; 1 \leq j \leq c. \quad (4)$$

Под задачей синтеза в соответствии с проведенным анализом будем понимать построение системы, реализующей с заданными ограничениями нахождение отображений:

$$A : X_1 \times \dots \times X_d \rightarrow X'_1 \times \dots \times X'_d;$$

$$B : K_1 \times \dots \times K_p \rightarrow K'_1 \times \dots \times K'_p;$$

$$C : K'_1 \times \dots \times K'_p \rightarrow K_1 \times \dots \times K_p;$$

$$D : Y'_1 \times \dots \times Y'_c \rightarrow Y_1 \times \dots \times Y_c; \quad (5)$$

таких, что следующая диаграмма будет иметь вид:

$$\begin{array}{ccccccc} X_1 \times \dots \times X_d \cdot \hat{E}_1 \times \dots \times K_p & \xrightarrow{Q} & K_1 \times \dots \times K_p \times Y_1 \times \dots \times Y_c; \\ \downarrow A & & \downarrow B & & \uparrow C & & \uparrow D \\ X'_1 \times \dots \times X'_d \times \hat{E}'_1 \times \dots \times K'_p & \xrightarrow{Q'} & K'_1 \times \dots \times K'_p \times Y'_1 \times \dots \times Y'_c \end{array} \quad (6)$$

Следовательно, в соответствии с (6) задачу синтеза структуры можно интегрировать как поиск совокупности компонент $\{K'_p\}$, способов соединения $\{X'_d\}$ и $\{Y'_c\}$, а также взаимодействия Q' по известному алгоритму, что обеспечивает выполнение требуемых показателей качества.

Из (5) и (6) следует, что важной задачей является выбор способа задания исходного описания дискретной системы (алгоритма), обеспечивающей единый формализм исходного описания и описания результата синтеза (структуры), который позволяет проводить тождественные преобразования на каждом этапе в целях минимизации числа компонент.

Система алгоритмической алгебры (САА) состоит из пары алгебр H_0 и H_y , называемых алгеброй операторов и алгеброй условий соответственно. Регулярная схема алгоритма (РСА) – одна из разновидностей САА, представляет собой систему:

$$H_0 = (Z_1, \dots, Z_p, e, \emptyset, a_1, \dots, a_g, 1, 0); \quad (7)$$

где $Z_i, i \in [1:p]$ – операторы РСА, причем $Z_i \in H_0$; e – тождественный и \emptyset – пустой (неопределенный) операторы, т.е. единичный и нулевой элементы алгебры H_0 ; a_1, \dots, a_g – условия РСА, $a_j \in H_0$; $1, 0$ – единичный и нулевой элементы алгебры H_0 .

Для САА предложена операция недетерминированной дизъюнкции операторов $(m)(\oplus \vee Q) = (m)P \vee (m)Q$, где P, Q – операторы, а m – недетерминированное условие, результат применения которой недетерминирован. Для РСА можно предложить недетерминированную \hat{a} – дизъюнкцию и \hat{a} – итерацию, значение которых определяется как:

$$\hat{a}(Z_i \vee Z_j) = \hat{a}(\emptyset \vee \emptyset) = \emptyset, Z_i, Z_j \in H_0, \quad (8)$$

если a -неопределимо и, соответственно, $\{Z_i\} =_a \{\emptyset\}$.

Параллельные процессы можно описать операцией \vee -конъюнкции $(Z_i \vee Z_j)^w$, означающей одновременное выполнение операторов Z_i и Z_j , где w -синхронизатор, который показывает, что выполнение следующего блока РСА может быть начато только по завершению выполнения самого длительного оператора из пары (Z_i, Z_j) . На алгебре H_y определена сигнатура булевых операций на наборе $0, 1$.

В [4] доказано, что недетерминированная РСА достаточна для описания структурных программ без использования дополнительных средств.

В конкретной РСА существуют связи между $Z_j \in H_0$ и условием $a \in H_y$, т.е. можно указать на наличие (отсутствие) условия активации оператора. Источник условий активации того или иного оператора не рассматривается, и его структура и структура активирующих связей считаются определенными.

Решение задачи синтеза конкретной структуры ДС обеспечивается: указанием вида связи между операторами РСА, раскрытием структуры управляющего устройства и указанием связи его с операторами.

3. Вариант алгоритма принятия технического решения при проектировании технологической оснастки

В результате анализа методов предложен алгоритм принятия технического решения при проектировании технологической оснастки. Этот алгоритм представляет собой некоторую комбинацию стандартных методов. Генерация конкретного варианта выполняется на заданном наборе библиотечных методов путем проб и ошибок. Полученное решение необходимо проверить на работоспособность и соответствие требованиям технического задания (рис. 4).

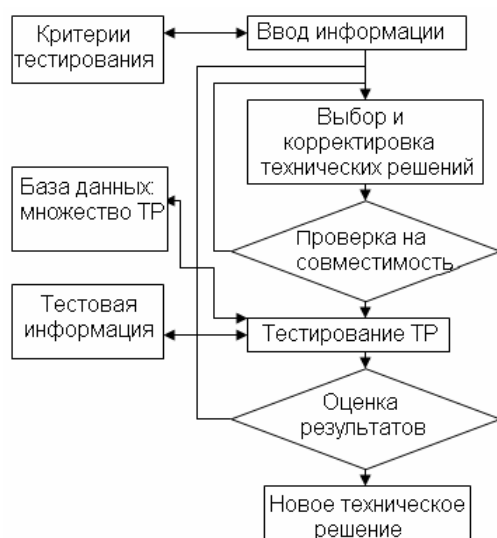


Рис.4. Алгоритм формирования ТР при проектировании ТО

Задача моделирования алгоритма при проектировании технологической оснастки заключается в том, что необходимо из набора методов синтезировать последовательности (алгоритмы), проанализировать их и выбрать наиболее «хороший». Класс задач принятия решений для ТО описывается множеством однотипных ситуаций, в условиях которых предстоит произвести выбор. Условия конкретной задачи - множество решений, которые, в принципе, могут быть приняты в конкретной ситуации. Ситуацию, описанную в терминах определяемых ею возможных решений, называют предъявлением.

Выбором называют подмножество возможных в данной ситуации решений, каждое из которых является «хорошим» решением соответствующей задачи класса. Функция выбора - это многозначное отображение, определяющее зависимость выбора от предъявления.

Обозначим через D множество в принципе возможных решений для всех задач класса, через $X \subseteq D$ - множество в принципе возможных решений для конкретной задачи X класса (для конкретной ситуации X), а через $C(X) \subseteq X$ - множество «хороших» решений задачи X . Отображение $Y = C(X) \subseteq X$ представляет собой функцию выбора. Таким образом, функция выбора определяет его концепцию, т.е. функция выбора - это «рациональный», «справедливый», «компромиссный» выбор в ситуации X , которая принадлежит заданному классу ситуаций. А множество D пусть представляет собой (конечное или бесконечное) множество альтернатив, в котором δ - семейство некоторых его подмножеств. Пара (D, δ) называется обстановкой, а элемент X семейства δ - предъявлением. Выбор в обстановке (D, δ) сопоставляет предъявлению $X \in \delta$ его подмножества $Y = C(X) \subseteq X$ - множество альтернатив $x \in X$, отобранных (лицом, принимающим решение, или посредством некоторого механизма выбора) в предъявлении X . Отображение $Y = C(X) \subseteq X$ называется функцией выбора. Если $\delta \subset 2^D$ - частичная функция выбора, если $\delta = 2^D$, функция выбора - полная. Функция выбора может быть задана в виде: таблицы, набора свойств (аксиом), механизма выбора или в виде таблицы значений на ограниченном числе опорных предъявлений и свойств, или как механизм выбора для интерполяции таблицы. Функции выбора могут представлять различные механизмы принятия решений, являющиеся одним из этапов процесса моделирования. На этом этапе разработчик дает окончательный ответ, какой должен быть алгоритм обработки ТР для проектирования ТО. Данный этап полностью основан на мыслительной деятельности человека, что означает необходимость выбора лучшего варианта алгоритма системы из нескольких существующих, который максимально будет удовлетворять тем или иным условиям.

4. Выводы

В основу анализа методов положен поиск оптимальных алгоритмов принятия решения при проектировании технологической оснастки. В ходе проведенных исследований предложен алгоритм формирования технического решения при проектировании технологической оснастки. Рассматриваемый метод принятия решения дает возможность значительно сократить время проектирования за счет разработанных процедур формирования и анализа критериев конструкции технологической оснастки. Эти критерии учитывают стоимостные и трудозатратные показатели элементов конструкции. Предложенные характеристики значимости и формализации их оценок обеспечивают создание и реализацию эффективных процедур при автоматизированном проектировании ТО. Внедрение автоматизации проектирования позволит: уменьшить затраты средств и времени на проектирование и изготовление ТО, что существенно снизит себестоимость изделий и сократит цикл подготовки их производства; повысить уровень оснащенности производства; повысить уровень серийности производства.

Научная ценность статьи состоит в выборе рационального алгоритма принятия оптимальных решений, которые можно использовать при проектировании технологической оснастки в серийном многономенклатурном производстве.

Практическая ценность статьи заключается в том, что полученный алгоритм может использоваться при

проектировании технологической оснастки, а это дает возможность сократить время и стоимость проектирования на 10-25%.

Литература: 1. Ракович А.Г. Основы автоматизации проектирования технологических приспособлений/ Под ред. Е.А. Стародетко. Мн.: Наука и техника, 1985. 285 с. 2. Жолткевич Г.М. Автоматизация проектирования технологической оснастки: теория и практика. К.: Техника, 1998. 263с. 3. Дворякин А.М., Половинкин А.И. Методы синтеза технических решений. М.: Наука, 1977. 104с. 4. Чумаченко И.В. Расширенная алгебра регулярных схем алгоритмов с коммутативными условиями // Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. праць. Вип.20. Харків, 1985.173с.

Поступила в редколлегию 05.04.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ильченко Б.С.

Невлюдов Игорь Шакирович, д-р техн. наук, проф. ХНУ-РЭ. Научные интересы: технология приборостроения, гибкие производственные системы, робототехника. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина 14, тел. (057)702-14-86.

Второв Евгений Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры ТАПР ХНУРЭ. Научные интересы: системы диагностирования, ремонта и эксплуатации РЭА. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (057)702-14-86.

Сотник Светлана Викторовна, аспирантка кафедры ТАПР ХНУРЭ. Научные интересы: системы автоматизированного проектирования. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (057)702-14-86.

УДК621.3.049:681.3

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

ЛИТВИНОВА Е.И., ГАРКУШИН С.В.

Описывается топологическая модель многослойной печатной платы, позволяющая выполнять топологическую и геометрическую трассировку одновременно. Модель позволяет уменьшить длину трасс, количество переходных отверстий и улучшить качество топологического рисунка.

1. Введение

Проектирование топологии является одним из наиболее сложных, трудоемких и ответственных этапов разработки конструкции печатного модуля. От качества топологического рисунка во многом зависит надежность устройства, его устойчивость к помехам и внешним воздействиям.

Известны различные подходы к трассировке межсоединений, основанные на использовании волновых, канальных и топологических алгоритмов. Однако ни один из них не обеспечивает стопроцентной прокладки трасс при выполнении всех заданных ограничений. Это объясняется тем, что применяемые модели и алгоритмы не являются «гибкими» и ориентированы

на оптимизацию топологии по одному или, в лучшем случае, нескольким критериям качества. Увеличение сложности проекта и числа ограничений приводит к тому, что часть соединений не удается реализовать в виде трасс.

Решение данной проблемы состоит в совершенствовании топологических методов трассировки, которые теоретически позволяют оптимизировать топологию по заданным критериям качества за приемлемое время, но практически являются труднореализуемыми. Трудность реализации заключается в том, что чем больше гибкость модели, тем меньше она фиксирует метрических ограничений и тем труднее учесть все конструкторско-технологические требования [1].

Поэтому разработка математических моделей коммутационного пространства, позволяющих описывать не только топологическую ситуацию на рабочем поле, но и его метрические параметры, является *актуальной* задачей.

Целью данного исследования является существенное улучшение качества топологии и уменьшение времени ее проектирования путем использования топологической модели коммутационного поля, позволяющей уменьшить длину трасс и количество переходных отверстий.