

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

*Докт. техн. наук, доц. ПАШКЕВИЧ В. М., МИРОНОВА М. Н.*

*Белорусско-Российский университет*

Назначение оптимальных режимов резания позволяет вести обработку с наибольшей экономичностью при заданных требованиях к точности обрабатываемых поверхностей деталей машин. В этой связи их выбор предлагается осуществлять с применением функциональных семантических сетей, позволяющих выполнять многофакторную оптимизацию.

Формой представления функциональной семантической сети является двудольный граф с двумя типами вершин. Первый тип представляет параметры рассчитываемых задач, в том числе исходные данные. Второй тип вершин описывает отношения, определяющие функциональные зависимости между параметрами сети.

В функциональной семантической сети под отношением  $R$ , определенным на  $k$  своих параметрах  $P_1, \dots, P_k$ , понимается некоторое подмножество декартова произведения доменов  $D_j$  (множеств возможных значений параметра  $P_j$ ) [1]

$$R(P_1, \dots, P_k) \subseteq D_1 \times \dots \times D_k,$$

где  $P_j \in D_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ).

Отношение  $R$  указывает на существование определенных зависимостей между значениями параметров сети в пространстве, определенном декартовым произведением их доменов.

Любой кортеж, удовлетворяющий отношению  $R$ , является его элементом, что эквивалентно условию

$$(P_1, \dots, P_j, \dots, P_k) \in R.$$

Отношение сети является функциональным, если для всего множества кортежей кортежи  $(P_1, \dots, P_{j-1}, P_{j+1}, \dots, P_k)$  будут различными. В этом случае кортежу  $(P_1, \dots, P_{j-1}, P_{j+1}, \dots, P_k)$  соответствует не более одного значения  $P_j$  такого, что  $(P_1, \dots, P_j, \dots, P_k) \in R$ .

Значение одного из атрибутов, например  $P_j = y$ , однозначно определяется величинами

кортежа  $(P_1, \dots, P_{j-1}, P_{j+1}, \dots, P_k)$  и определяет функцию

$$y = F^{(P_j)}(P_1, \dots, P_{j-1}, P_{j+1}, \dots, P_k),$$

называемую разрешением функционального отношения для атрибута  $P_j = y$ .

Таким образом, поиск атрибута  $P_j$  заключается в поиске кортежа  $(P_1, \dots, P_{j-1}, P_{j+1}, \dots, P_k)$ .

В этом случае при решении конкретной задачи на семантической сети устанавливается соответствие между обоими типами вершин сети. В результате этого определяется минимально замкнутая подсистема отношений для решения поставленной задачи.

У зависимостей, входящих в минимально замкнутую систему, выявляются входные и выходные параметры. В результате этого происходит преобразование отношений в соответствующие функции

$$R(P_1, \dots, P_k) \rightarrow F^{(P_j)}(P_1, \dots, P_{j-1}, P_{j+1}, \dots, P_k),$$

что приводит к формированию цепочки функций для решения поставленной задачи.

При расчете точности обработки концевым инструментом можно сформировать функциональную семантическую сеть, представленную на рис. 1. Отношения сети  $R_i$ , определяющие функциональные зависимости между параметрами обработки  $P_1, \dots, P_j$ , имеют вид  $f(P_1, \dots, P_j) = 0$ .

На семантической сети, используемой для такого расчета, можно решать широкий круг задач по нахождению оптимальных параметров обработки. При этом для каждого случая отношения сети будут иметь необходимые разрешения и будут сформированы свои цепочки функций для решения поставленных задач.

Рассмотрим пример решения задачи, определяющей скорость резания, при которой выполнялось бы условие обеспечения точности обработки отверстия.

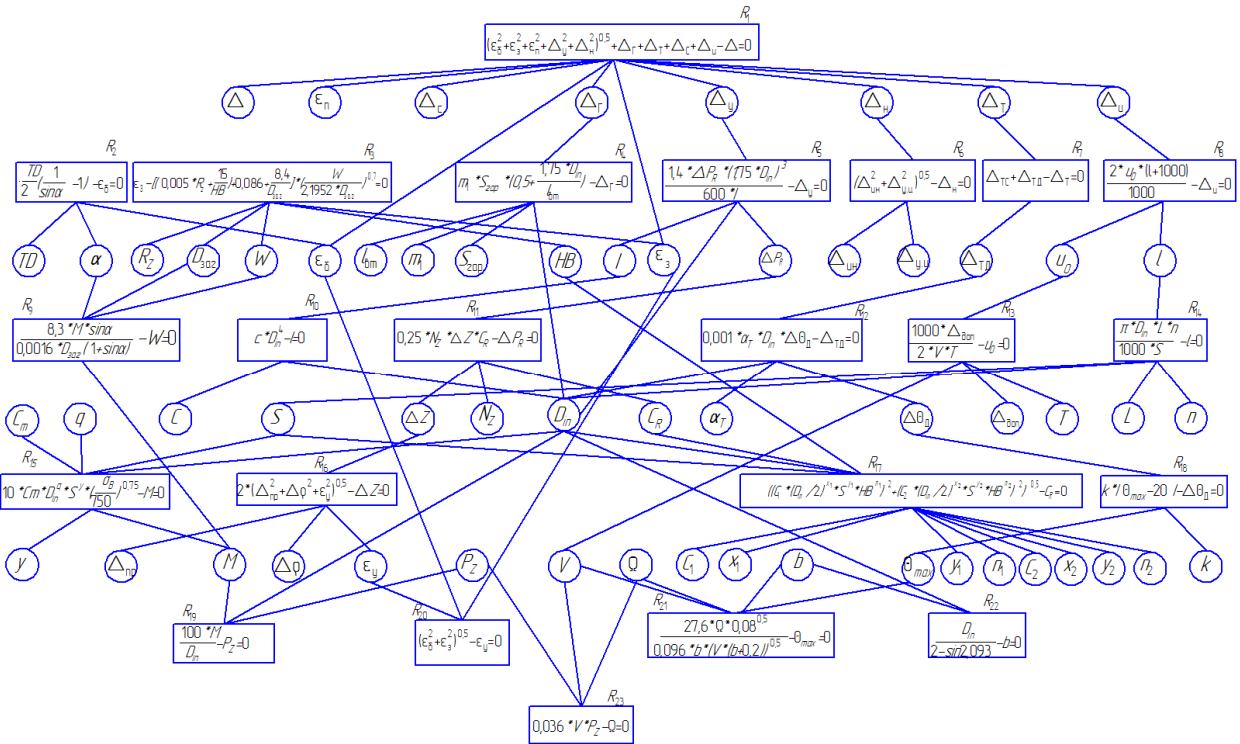


Рис. 1. Функциональная семантическая сеть для управления точностью обработки концевым инструментом

Исходными данными для этой задачи являются: суммарная погрешность обработки  $\Delta = 190$  мкм; погрешность настройки станка на выдерживаемый размер  $\Delta_n = 80$  мкм; погрешность обработки, обусловленная температурными деформациями,  $\Delta_T = 10$  мкм; погрешность станка  $\Delta_c = 40$  мкм; погрешность приспособления  $\epsilon_n = 10$  мкм; угол призмы  $\alpha = 45^\circ$ ; допуск базовой поверхности заготовки  $T_D = 100$  мкм; параметр шероховатости поверхности заготовки  $Rz = 40$ ; твердость материала заготовки по Бринеллю  $190 HB$ ; диаметр заготовки  $D_{зар} = 50$  мм; диаметр инструмента  $D_{ин} = 20$  мм; подача инструмента  $S = 0,14$  мм/об; предел прочности обрабатываемого материала  $\sigma_B = 750$  МПа; минимальный гарантированный зазор посадки «втулка – инструмент»  $S_{гар} = 20$  мкм; коэффициент, учитывающий погрешность, вносимую сменной втулкой в геометрическое смещение оси инструмента относительно оси постоянной втулки  $m_1 = 1,1$ ; число зубьев режущего инструмента  $N = 2$ ; коэффициент, учитывающий тип инструмента,  $c = 0,011$ ; высота кондукторной втулки  $l_{вт} = 25$  мм; длина обработки  $L = 10$  мм; количество деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка,  $N = 100$  шт.; максимально допустимый износ инструмента  $\Delta_{доп} = 1,1$  мм; стойкость инструмента  $T = 45$  мин.

В данном примере требуется использовать минимально замкнутую подсистему отношений, состоящую из отношений  $R_1-R_5$ ,  $R_8-R_{11}$ ,  $R_{13}$ ,  $R_{15}-R_{17}$  и  $R_{20}$ , у которых выявляются входные и выходные параметры, что приводит к формированию соответствующих функций.

Так, отношение  $R_1$  будет иметь разрешение относительно параметра  $\Delta_n$ ;  $R_2$  – относительно параметра  $\epsilon_6$ ;  $R_3$  – относительно параметра  $\epsilon_3$ ;  $R_4$  – относительно параметра  $\Delta_T$ ;  $R_5$  – относительно параметра  $\Delta_y$ ;  $R_8$  – относительно параметра  $u_0$ ;  $R_9$  – относительно параметра  $W$ ;  $R_{10}$  – относительно параметра  $I$ ;  $R_{11}$  – относительно параметра  $\Delta P_R$ ;  $R_{15}$  – относительно параметра  $M$ ;  $R_{16}$  – относительно параметра  $\Delta Z$ ;  $R_{17}$  – относительно параметра  $C_R$ ;  $R_{20}$  – относительно параметра  $\epsilon_v$ ;  $R_{13}$  – относительно параметра  $V$ , поиск значения которого и является целью задачи.

В результате отношение  $R_{13}$  преобразовывается в функцию  $F_{13}^{(V)}$

$$R_{13}(\Delta_{доп}, u_0, V, T) = \left\{ \frac{1000\Delta_{доп}}{2VT} - u_0 = 0 \right\} \rightarrow$$

$$\rightarrow F_{13}^{(V)} = \left\{ u_0 \geq 0; 1,41 \leq V \leq 1256 \mid \times \right.$$

$$\left. \times V = \frac{1000\Delta_{доп}}{2u_0T} \right\}.$$

Далее происходит формирование цепочки функций (рис. 2) и преобразование неориентированного двудольного графа отношений, представляющего собой функциональную семантическую сеть, в ориентированный граф решения задач (рис. 3).

Для практической реализации подхода, базирующегося на технологиях функциональных семантических сетей, на кафедре «Технология

машиностроения» Белорусско-Российского университета была создана интеллектуальная система, осуществляющая расчет точности обработки концевым инструментом.

В результате решения данной задачи системой найдена оптимальная скорость резания, при которой обеспечивается заданная точность обработки концевым инструментом, равная 22,6 м/мин (рис. 4).

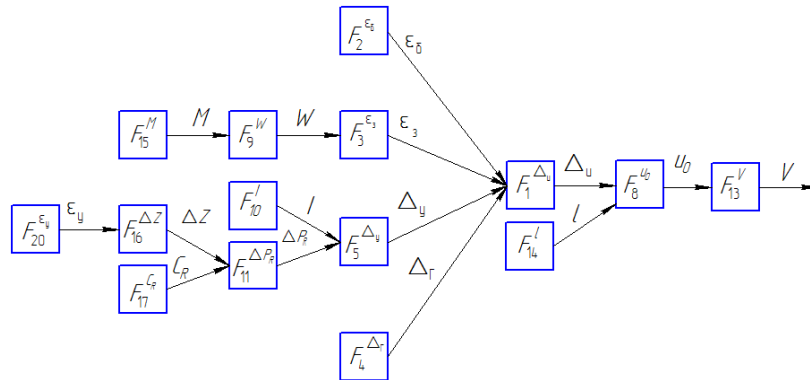


Рис. 2. Цепочка функций для решения поставленной задачи

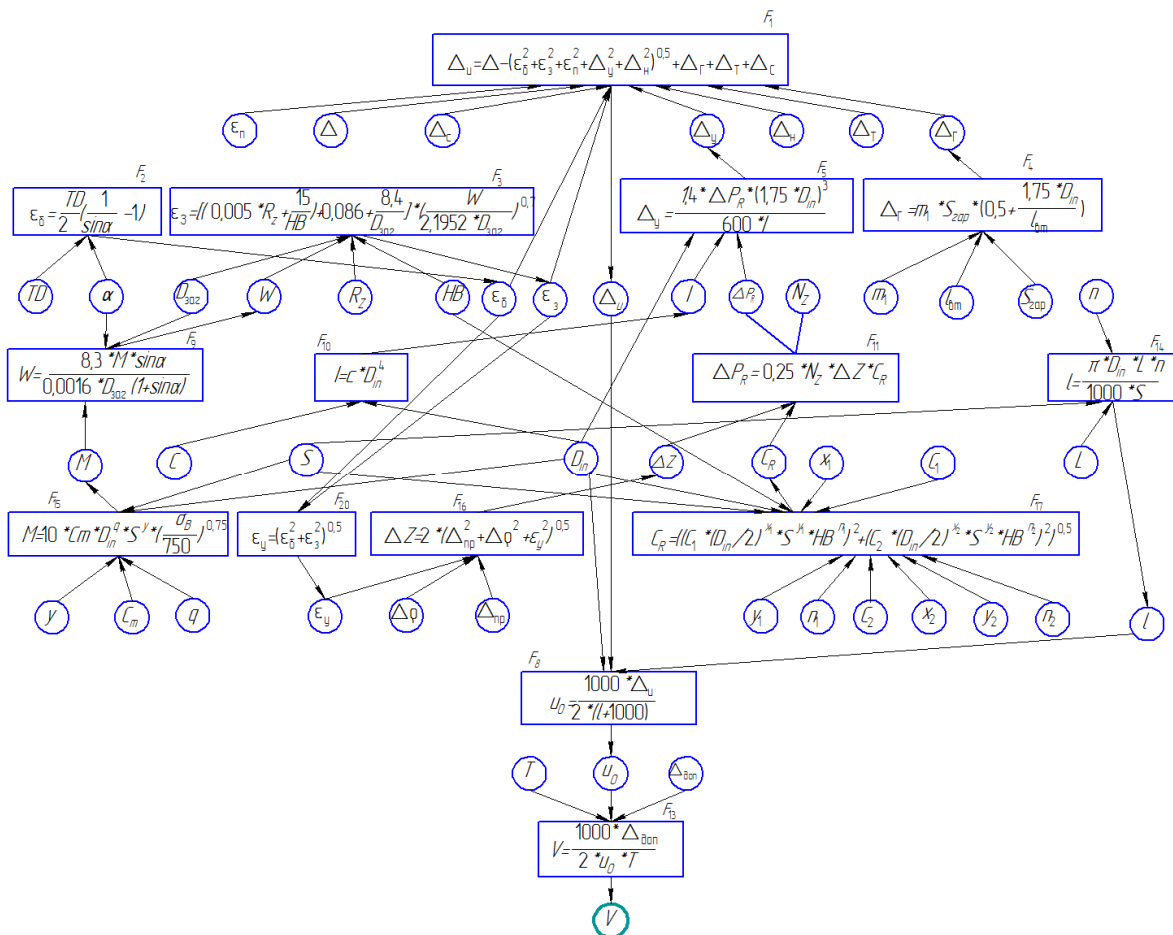


Рис. 3. Ориентированный граф решения задачи

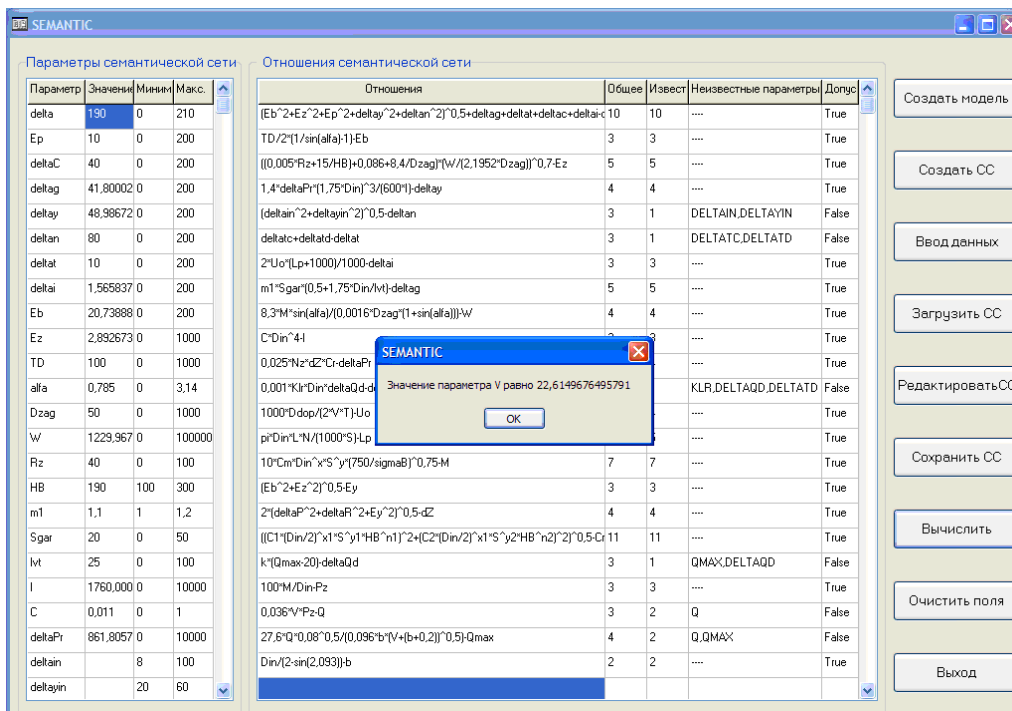


Рис. 4. Расчет системой оптимальной скорости резания

Эта система обладает существенным преимуществом по сравнению с традиционными программами, так как для нее четкий алгоритм решения не требуется и не строится, а формируется самостоятельно. В состав интеллектуальной системы, осуществляющей расчет точности обработки концевым инструментом, входят следующие части: пользовательский интерфейс, подсистема приобретения знаний, база знаний, механизм логического вывода.

Интерфейс системы реализует диалог пользователя с системой как на стадии ввода информации, так и при получении готового решения поставленной задачи.

Подсистема приобретения знаний включает в себя модули: создания базы знаний, загрузки ранее созданной базы знаний, редактирования и сохранения базы знаний.

Расчет неизвестных параметров процесса осуществляется при помощи механизма логического вывода, состоящего из трех основных модулей: модуля, осуществляющего семантический анализ строкового выражения, содержащего функциональную зависимость; модуля, производящего чтение заданного текста и формирование польской записи; модуля, осуществляющего расчет выражения по сформированной польской записи [2].

Модуль, осуществляющий семантический анализ строкового выражения, поочередно считывает символы строки и определяет его принадлежность к числовой константе, переменной, символу операции или к имени функции.

По результатам семантического анализа строкового выражения, содержащего функциональную зависимость, создается обратная польская запись, представляющая собой массив управляющих команд, выполнение которых обеспечивает требуемую последовательность вычислений.

Для нахождения оптимального значения скорости резания интеллектуальной системе необходимо задать исходные данные и наложить ограничения на параметры сети, значения которых не должны быть меньше заданных или превышать их.

## ВЫВОД

Разработанная система решает задачи в области управления точностью обработки поверхностей деталей машин. Она позволяет не только успешно решать задачи, связанные с обеспечением точности, но и математически корректно обеспечить наибольший запас точности обработки на основе решения задачи многофакторной оптимизации на семантической сети.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
2. Архангельский, А. Я. Приемы программирования в Delphi / А. Я. Архангельский. – М.: Бином, 2000. – 385 с.

Поступила 11.11.2010