

УДК 621.9

РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

М. Н. МИРОНОВА

Научный руководитель В. М. ПАШКЕВИЧ, д-р техн. наук, доц.
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Обеспечение точности механической обработки с использованием лезвийного инструмента представляет собой одну из основных задач технологии машиностроения. Решение этой задачи логически связано с проблемой поиска оптимального решения (выбора оптимальных режимов обработки, оптимальной структуры технологических операций и переходов, оптимальной конструкции технологической оснастки).

К сожалению, существующие методы обеспечения точности и оптимизации технологических процессов не в полной мере учитывают текущее состояние технологического оборудования, а также функциональные взаимосвязи между параметрами обработки. Альтернативу таким подходам могли бы составить подходы, базирующиеся на технологиях искусственного интеллекта - технологиях функциональных семантических сетей, которые с учетом функциональных взаимосвязей между параметрами обработки могут обеспечить повышение ее точности на 20–50 %.

Функциональная семантическая сеть, представляет собой в общем случае двудольный граф, состоящий из двух типов вершин. Первый тип представляет параметры рассчитываемых задач, в том числе исходные данные. Второй тип вершин описывает отношения, определяющие функциональные зависимости между параметрами сети [1].

Функциональная семантическая сеть для управления точностью обработки концевым инструментом представлена на рис. 1.

Следует отметить, что функциональная семантическая сеть является неориентированным графом, так как только при постановке задачи станет известно какие параметры отношений сети окажутся входными, а какие – выходными [2].

При традиционном решении задач на функциональной семантической сети определяются минимально замкнутые подсистемы отношений, у которых выявляются входные и выходные параметры, что приводит к преобразованию отношений в соответствующие функции. В результате этого происходит формирование цепочек функций и преобразование неориентированного двудольного графа отношений в ориентированные графы решения задач.

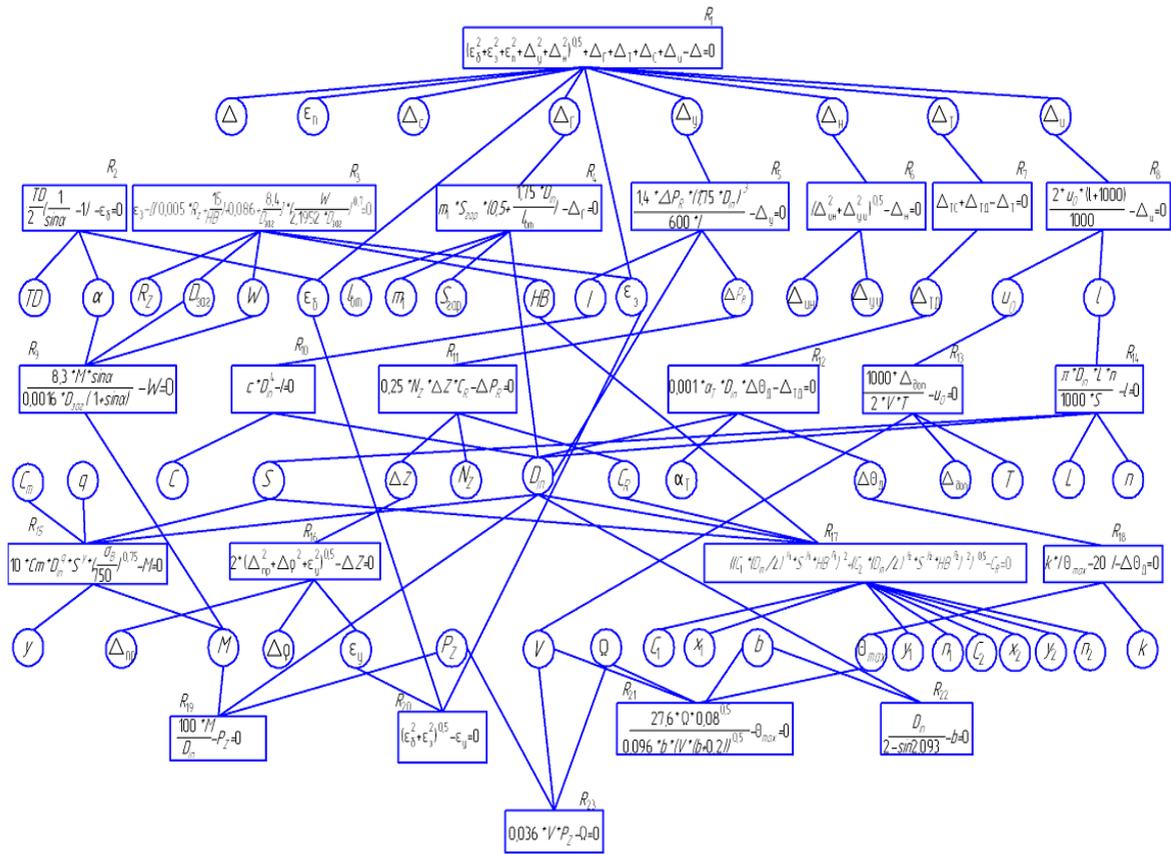


Рис. 1. Функциональная семантическая сеть для управления точностью обработки концевым инструментом

При этом для каждой поставленной задачи определяется своя минимально замкнутая подсистема отношений и формируется своя цепочка функций, что обеспечивает возможность использования этого алгоритма в компьютерных программах, выполняющих расчет точности механической обработки.

Установлено, что такой подход может быть использован, как правило, при однофакторной оптимизации. В силу сложности пространства поиска и в связи с возникновением, так называемых стыков, вилок и циклов, линейный алгоритм не может быть применен к решению задач многофакторной оптимизации [3].

Рассмотрим решение задачи многофакторной оптимизации на основе использования алгоритма случайного поиска с возвратом.

В общем случае задача обеспечения точности на основе использования функциональной семантической сети сводится к задаче многокритериальной оптимизации:

$$\begin{cases} T - \Delta_{\Sigma}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) \rightarrow \max; \\ \pi_i \in \{R_i\}, \end{cases}$$

где T – допуск на обработку, мм; Δ_{Σ} – суммарная погрешность обработки, мм; π_i – параметры технологического процесса и технологической оснастки; $\{R_i\}$ – область ограничений оптимизируемых параметров.

При использовании случайного поиска с возвратом, решение этой задачи может быть сведено к решению случайной последовательности задач однофакторной оптимизации. Алгоритм случайного поиска с возвратом для случая поиска максимума целевой функции проиллюстрирован на рис. 2.

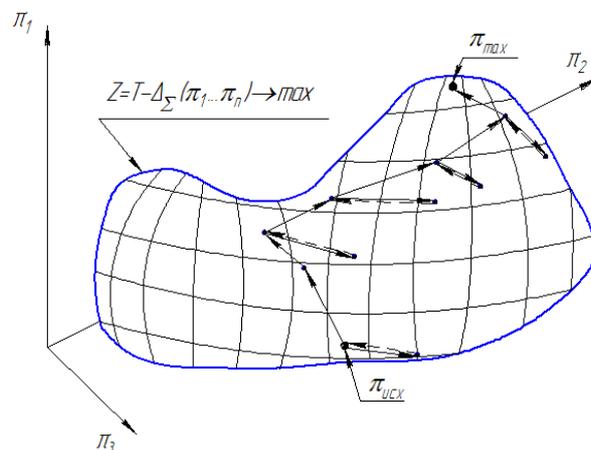


Рис. 2. Алгоритм оптимизации (случайный поиск с возвратом)

В данном алгоритме поиск значений n переменных $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n$, доставляющих экстремум функции $\Delta_{\Sigma}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$ при условиях $\pi_{i \max} \leq \pi_i \leq \pi_{i \min}$ начинается из исходной точки $X_{uch}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$, в которой определяется значение целевой функции $\Delta_{\Sigma}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) = \Delta_{\Sigma_{uch}}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$.

При этом из n переменных $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n$ выбирается какая-то одна, например π_1 , значения же остальных остаются фиксированными.

Далее осуществляется переход от исходной к новой допустимой точке $X_1(\pi_{1(k+1)}, \pi_2, \dots, \pi_n)$, и для нее оценивается значение целевой функции $\Delta_{\Sigma}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) = \Delta_{\Sigma_1}(\pi_{1(k+1)}, \pi_2, \dots, \pi_n)$, которое сравнивается со значением $\Delta_{\Sigma}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) = \Delta_{\Sigma_{uch}}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$, найденным предварительно в $X_{uch}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$.

Переход к новой точке осуществляется в соответствии с зависимостью

$$X_1(\pi_{1(k+1)}, \pi_2, \dots, \pi_n) = X_1(\pi_{1k} \pm a_k r, \pi_2, \dots, \pi_n),$$

где a_k – величина k -го шага, определяемая случайным образом; r_k – единичный вектор, в направлении которого производится этот шаг.

Если оказывается, что значение целевой функции улучшилось, т.е.

$\Delta_{\Sigma 1}(\pi_{1(k+1)}, \pi_2, \dots, \pi_n) > \Delta_{\Sigma_{ucx}}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$, то переход из $X_{ucx}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$ в $X_1(\pi_{1(k+1)}, \pi_2, \dots, \pi_n)$ фиксируется, после чего $X_1(\pi_{1(k+1)}, \pi_2, \dots, \pi_n)$ становится новой стартовой точкой для поиска.

В том случае, если решение ухудшилось, т.е. $\Delta_{\Sigma 1}(\pi_{1(k+1)}, \pi_2, \dots, \pi_n) < \Delta_{\Sigma_{ucx}}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$, осуществляется возврат в исходную точку.

В дальнейшем в качестве пробных точек выбираются точки, в которых изменяются другие переменные - π_2, \dots, π_n . Применительно к ним процедура поиска повторяется. Так продолжается до тех пор, пока не будет найдена точка глобального экстремума $X(\pi_1^*, \pi_2^*, \dots, \pi_n^*)$, или когда будет выполнено условие останова поиска (например, в течение нескольких попыток решение изменяется несущественно).

Таким образом, сущность метода заключается в переходе из начальной точки в новую допустимую точку, в которой значение целевой функции лучше, чем в исходной. Этот процесс продолжается до тех пор, пока сохраняется возможность улучшения целевой функции. Каждый шаг решения основан здесь на двух операциях – выборе подходящего направления, двигаясь в котором можно достичь лучших $\Delta_{\Sigma}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$, а также оценке случайной величины перемещения.

В этом случае алгоритм может быть задан соотношениями

$$X(\pi_1, \dots, \pi_{ik}, \dots, \pi_n) = \begin{cases} X(\pi_1, \dots, \pi_{i(k-1)}, \dots, \pi_n), & \text{если } \Delta_{\Sigma}(\pi_1, \dots, \pi_{i(k-1)}, \dots, \pi_n) < \Delta_{\Sigma}(\pi_1, \dots, \pi_{ik}, \dots, \pi_n), \\ X(\pi_1, \dots, \pi_{ik}, \dots, \pi_n), & \text{если } \Delta_{\Sigma}(\pi_1, \dots, \pi_{ik}, \dots, \pi_n) \leq \Delta_{\Sigma}(\pi_1, \dots, \pi_{i(k-1)}, \dots, \pi_n). \end{cases}$$

Для практической реализации описанного подхода была создана интеллектуальная система, осуществляющая управление точностью механической обработки [4]. Эта система обладает существенным преимуществом по сравнению с традиционными программами, так как для неё четкий алгоритм решения не требуется и не строится, а формируется самостоятельно.

Рассмотрим решение задачи, определяющей оптимальную скорость резания, при которой выполнялось бы условие обеспечения точности обработки отверстия. Исходными данными для этой задачи являются: суммарная погрешность обработки $\Delta = 150$ мкм; погрешность настройки станка на выдерживаемый размер $\Delta_n = 80$ мкм; погрешность обработки, обусловленная температурными деформациями $\Delta_T = 10$ мкм; погрешность станка $\Delta_c = 14$ мкм; погрешность приспособления $\varepsilon_n = 10$ 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 $D_{заг} = 50$ мм; диаметр инструмента $D_{ин} = 20$ мм; подача инструмента $S = 0,14$ мм/об; минимальный гарантиро-

ванный зазор посадки “втулка – инструмент” $S_{zap}=20$ мкм; высота кондукторной втулки $l_{em}=25$ мм; длина обработки $L=10$ мм; длина контакта заготовки и приспособления $L_k=100$ мм; количество деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка $N=100$; сила закрепления заготовки $W=12030$ Н; стойкость инструмента $T=45$ мин.

В процессе решения задачи происходит формирование цепочки функций и преобразование неориентированного двудольного графа отношений, представляющего собой функциональную семантическую сеть, в ориентированный граф решения задач (рис. 3), в котором вершины-кружки являются параметрами обработки, а вершины-прямоугольники содержат функции, в которые отношения между параметрами были преобразованы.

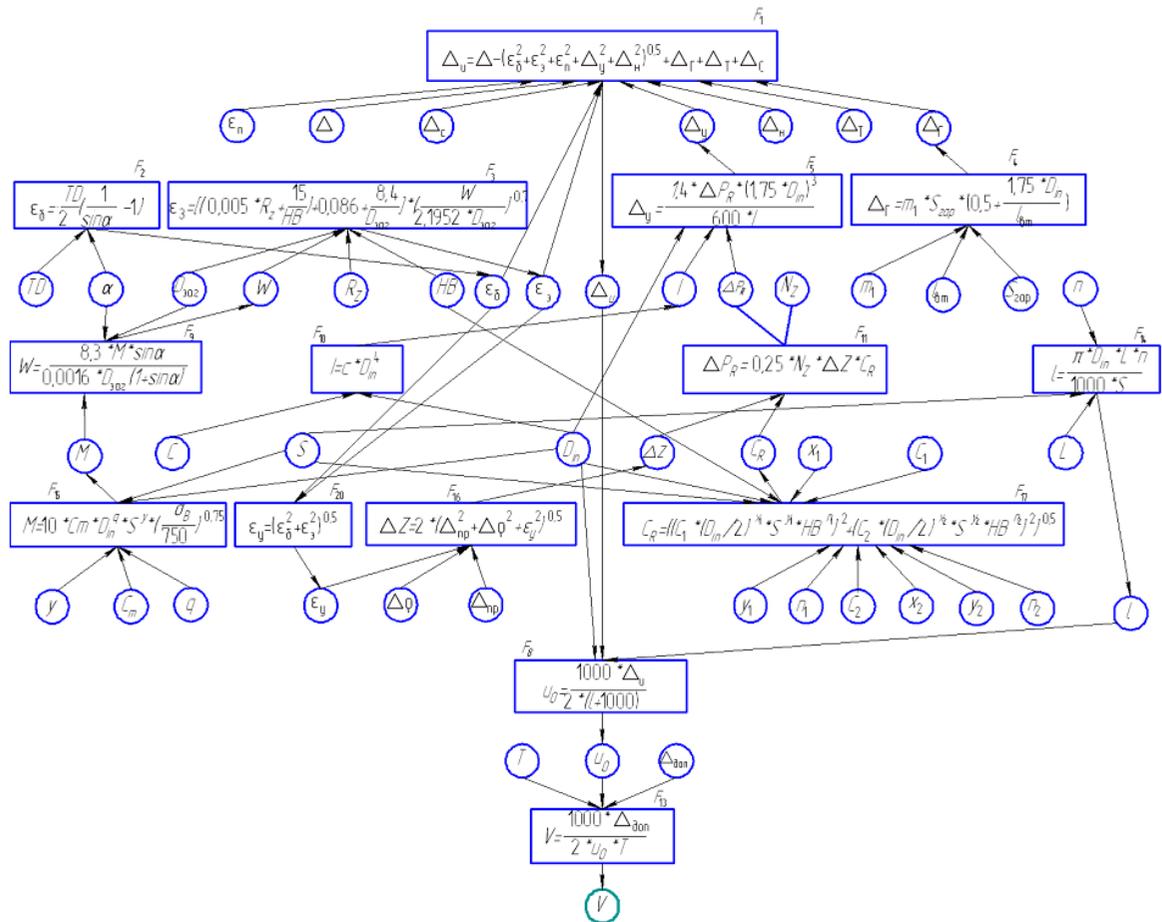


Рис. 3. Ориентированный граф решения задачи

Так, при приведенных исходных данных на основе методики традиционного решения задачи с использованием справочных данных была предложена скорость резания, при которой обеспечивается заданная точность обработки концевым инструментом, равная 10,62 м/мин. При этом погрешность обработки составила $\Delta_{\Sigma}=150$ мкм.

В то же время, с использованием описанного метода случайного по-

иска с возвратом была найдена оптимальная скорость резания, равная 125,6 м/мин, при которой обеспечивается наименьшая возможная погрешность обработки концевым инструментом ($\Delta_{\Sigma}=128,762$ мкм). Таким образом, по сравнению с существующим методом, погрешность была снижена на 21,238 мкм, и, соответственно, точность обработки была повышена на 14 %.

Данный результат связан с тем, что использование многокритериальной оптимизации на базе функциональных семантических сетей и алгоритма случайного поиска позволяет учесть фактическое состояние технологического оборудования и за счет этого позволяет повысить точность механической обработки.

Применение описанного подхода, включающего использование функциональных семантических сетей и алгоритма случайного поиска с возвратом, дает возможность успешно решать задачи, связанные с выбором оптимальных параметров механической обработки концевым инструментом, а также расчетом оптимальных параметров применяемой технологической оснастки.

При этом достигаемый результат не связан с использованием какой-либо специальной технологической оснастки, а обеспечивается исключительно организационными мерами. В то же время, могут использоваться менее форсированные (или наоборот, более форсированные) режимы обработки, учитываться фактическое состояние технологического оборудования, а также использоваться скрытые функциональные взаимосвязи между параметрами обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гаврилова, Т. А.** Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб. : Питер, 2000. – 384 с.
2. **Поспелов, Г. С.** Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г. С. Поспелов. – М. : Наука, 1988. – 280 с.
3. **Пашкевич, В. М.** Повышение точности проектирования станочных приспособлений на основе устранения зацикливания семантических сетей / В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова // Сб. науч. тр. междунар. Балтийской ассоциации машиностроителей. – Калининград, 2009. – С. 104–110.
4. **Пашкевич, В. М.** Оптимизация режимов резания на основе использования семантических сетей / В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2011. – №3. – С. 9–12.