

УДК 621.9

УПРАВЛЕНИЕ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В. М. ПАШКЕВИЧ, М. Н. МИРОНОВА

*Государственное учреждение высшего профессионального
образования «Белорусско-Российский университет»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

Одним из новых путей развития систем автоматического управления точностью является направление, связанное с применением интеллектуальных технологий, которое открывает возможность осуществления современного подхода к решению проблемы управления точностью на металлорежущих станках, предполагающего отказ от статического управления технологическим процессом на основе обобщенных экспериментальных зависимостей и основывается на принципе динамической самообучаемости и приспособляемости системы управления технологическим оборудованием к реальным условиям производства.

В последние годы сформировалось несколько самостоятельных подходов к решению данной проблемы, основанных на использовании методов искусственного интеллекта, а именно: применение технологий экспертных систем и технологий нейросетевых структур [1]. Для построения систем автоматического управления наибольшее применение получили многослойная нейронная сеть прямого распространения и нейронная сеть встречного распространения.

В статье [2] приведены результаты исследования по применению нейросетей и нелинейной динамики на примере управления и адаптивной корректировки управляющих параметров технологических систем механической обработки в реальном времени. А в работе [3] предлагается использовать нейронные сети для контроля и снижения износа инструмента в процессе резания.

В статье [4] представлена система оптимального управления процессами механической обработки, органично сочетающая в себе основанные на свойстве самоорганизации нейронных сетей модели процесса обработки, генетические алгоритмы оптимизации режимов, экспертные системы накопления знаний.

В работе [5] описано интеллектуальное управление станком по состоянию элементов технологической системы, позволяющее реализовать требования к точности детали.

Для управления точностью механической обработки были созданы также интеллектуальные системы, реализованные применительно к токарной обработке для условий продольного наружного точения [6] и обработки концевым инструментом [7]. Системы имеют иерархическое построение и обладают свойством обучаемости.

Перечисленные методы управления точностью механической обработки, однако, 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).

Семантическая сеть в этом случае выступает формой представления знаний в виде совокупности понятий и отношений между ними в некоторой предметной об-

ласти. В зависимости от типов отношений (связей) различают классифицирующие семантические сети, функциональные семантические сети и сценарии [8].

В классифицирующих сетях используются отношения структуризации, в сценариях – каузальные (причинно-следственные) отношения, а также отношения типа «средство–результат», в функциональных сетях – функциональные отношения (такие сети называют также вычислительными моделями).

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.

Семантическую сеть удобно изображать в виде графа, в котором вершины отображают понятия, а ребра или дуги – отношения между ними. В этом случае семантическую сеть можно представить тройкой объектов (V, E, θ) , где V – множество вершин графа, E – множество ребер, θ – функция инцидентности, которая каждому элементу множества E ставит в соответствие пару элементов из множества V .

У функциональной семантической сети множество вершин V является объединением непересекающихся подмножеств P и R , т. е. $V = P \cup R$, где P – множество параметров рассчитываемых задач, в том числе исходные данные; R – множество отношений, определяющих расчетные зависимости решаемых с помощью семантической сети задач.

$$R_i = \{f(P_1, \dots, P_j) = 0\}, \quad (1)$$

где P_j – элемент множества параметров сети P ; R_i – i -е отношение сети, определяющее функциональные зависимости между параметрами P_1, \dots, P_j и имеющее вид $f(P_1, \dots, P_j) = 0$.

Для двудольного графа функция инцидентности имеет вид:

$$\theta(e) = \{(P_i, R_j) | P_i \in P, R_j \in R\}, \quad (2)$$

что означает, что любое ребро сети соединяет некоторую вершину из множества P с некоторой вершиной из множества R .

Функциональная семантическая сеть является неориентированным графом, так как только при постановке задачи станет известно, какие параметры отношений сети окажутся входными, а какие – выходными [9].

В этой связи при решении конкретной задачи на семантической сети определяется минимально замкнутая подсистема отношений для решения поставленной задачи. У отношений, входящих в минимально замкнутую систему, выявляются входы и выходы. В результате происходит преобразование отношений в соответствующие функции:

$$R(P_1, \dots, P_k) \rightarrow F^{(P_j)}(P_1, \dots, P_{j-1}, P_{j+1}, \dots, P_k). \quad (3)$$

В данном случае функция

$$y = F^{(P_j)}(P_1, \dots, P_{j-1}, P_{j+1}, \dots, P_k) \quad (4)$$

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

Рассмотрим пример использования функциональной семантической сети для управления точностью обработки концевым инструментом при установке заготовки в станочном приспособлении, расчетная схема которого представлена на рис. 1.

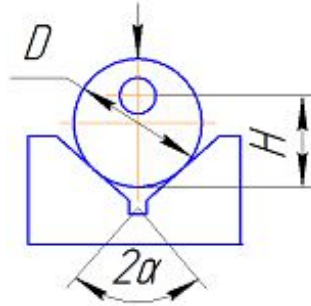


Рис. 1. Схема базирования заготовки

При построении такой функциональной семантической сети для управления точностью обработкой концевым инструментом нами были использованы математические зависимости между параметрами обработки и параметрами станочного приспособления (рис. 2).

Каждое из отношений данной сети имеет несколько разрешений. Так, например, отношение R_7 в общем случае имеет четыре разрешения относительно ε_n , S , m и L .

Рассмотрим решение задачи, определяющей высоту кондукторной втулки $L_{вт}$, при которой выполнялось бы условие обеспечения точности обработки отверстия. Исходными данными поставленной 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 $\varepsilon_n = 10$ мкм; угол призмы $\alpha = 45^\circ$; допуск базовой поверхности заготовки $T_D = 100$ мкм; параметр шероховатости поверхности заготовки $R_z = 40$; твердость материала заготовки по Бринеллю 190 НВ; 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, $c = 0,011$; скорость резания $V = 31,4$ м/мин; длина обработки $L = 10$ мм; количество деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка, $N = 100$; максимально допустимый износ инструмента $\Delta_{доп} = 1,1$ мм; стойкость инструмента $T = 45$ мин.

В данном случае минимально замкнутая подсистема отношений состоит из отношений R_1 – R_5 , R_8 – R_{11} , R_{13} – R_{17} и R_{20} , у которых выявляются входные и выходные параметры, определяются их разрешения, что приводит к преобразованию отношений в соответствующие функции F_1 – F_5 , F_8 – F_{11} , F_{13} – F_{17} и F_{20} .

Так, отношение R_1 в данном случае имеет разрешение относительно параметра Δ_T ; R_2 – относительно ε_6 ; R_3 – относительно ε_3 ; R_5 – относительно Δ_y ; R_8 – относительно Δ_n ; R_9 – относительно W ; R_{10} – относительно I ; R_{11} – относительно ΔP_R ; R_{13} – относительно u_0 ; R_{14} – относительно l ; R_{15} – относительно M ; R_{16} – относительно ΔZ ; R_{17} – относительно C_R ; R_{20} – относительно ε_y ; R_4 – относительно $l_{вт}$, нахождение которого и является целью данной задачи.

После преобразования отношений, входящих в минимально замкнутую систему, формируется цепочка функций, необходимая для решения поставленной задачи (рис. 3).

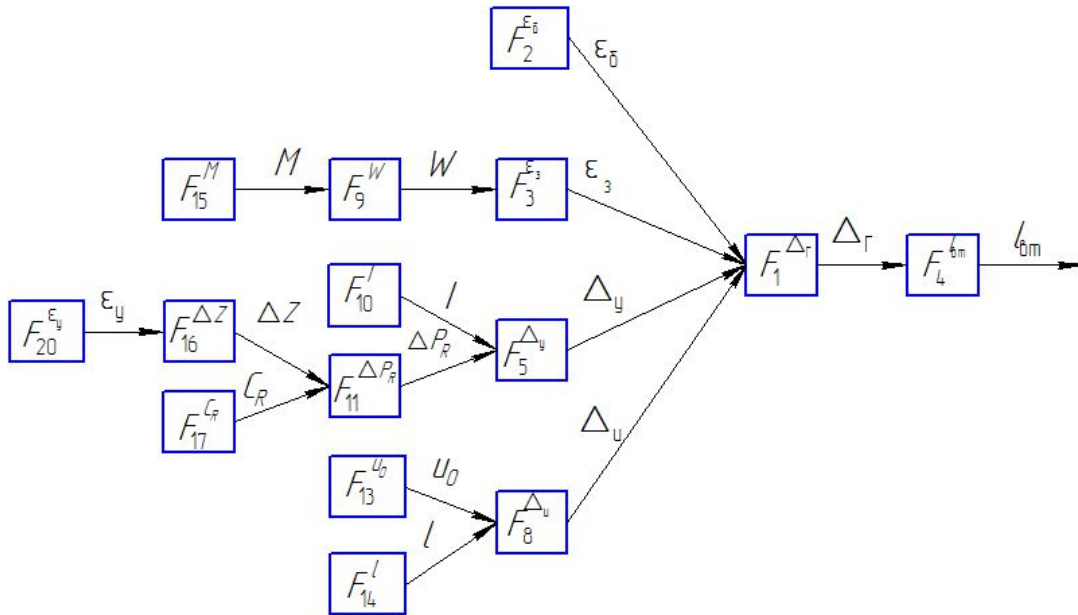


Рис. 3. Цепочка функций для решения поставленной задачи

В результате этого происходит преобразование неориентированного двудольно-го графа отношений в ориентированный граф решения задачи (рис. 4), в котором вершины-кружки являются параметрами обработки, а вершины-прямоугольники содержат функции, в которые отношения между параметрами были преобразованы.

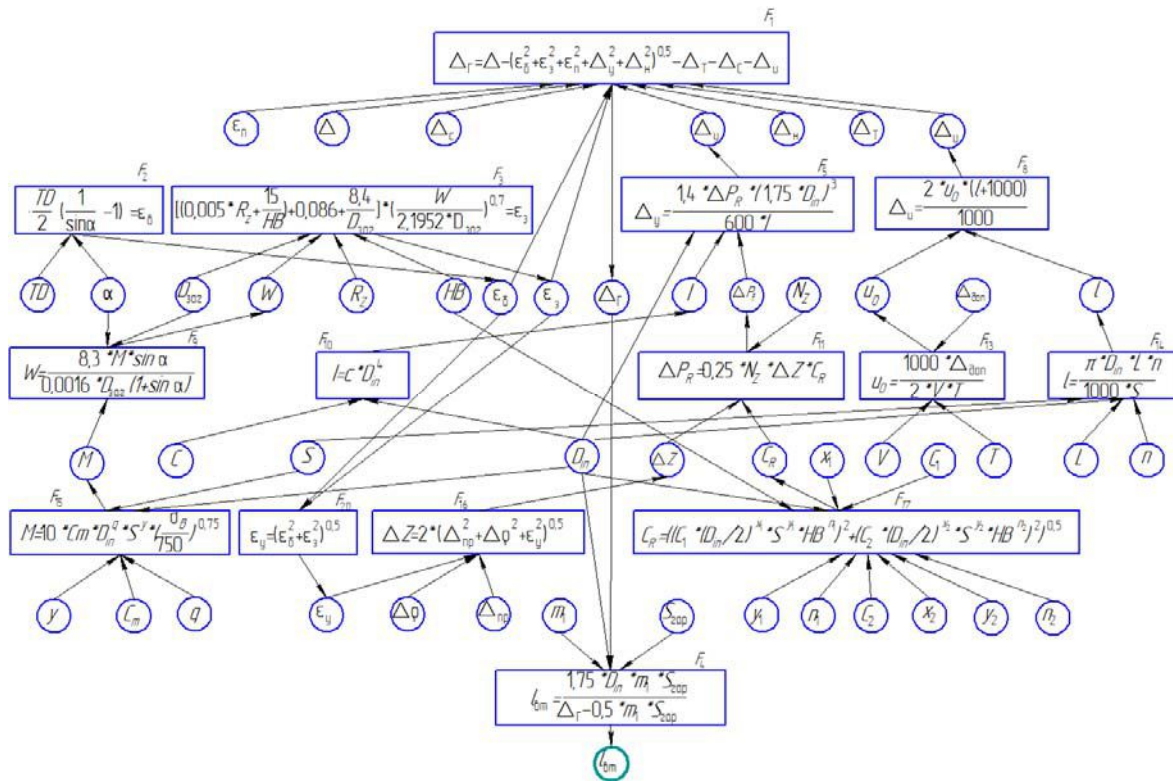


Рис. 4. Ориентированный граф решения задачи

Таким образом, на семантической сети, используемой для расчета точности обработки концевым инструментом, можно решать широкий круг задач по нахождению и оптимизации ее параметров. При этом для каждого случая отношения R_1-R_{23} будут иметь необходимые разрешения и будут сформированы свои цепочки функций для решения поставленных задач.

Для реализации описанного подхода была создана интеллектуальная система, осуществляющая управление точностью механической обработки.

Отличительной особенностью такой системы является то, что четкий алгоритм ее функционирования не требуется, а формируется самостоятельно.

Знания системы представлены на трех уровнях – предметном, математическом и программном, в этой связи база знаний имеет трехуровневую структуру и состоит, соответственно, из компонентов знаний на техническом, математическом и программном уровнях.

Компоненты знаний на техническом уровне включают характеристики технологического оснащения операции, от которых зависит точность обработки заготовок. На математическом уровне этим структурам соответствуют отношения, а на программном – модули.

Трехуровневая модель предметной области обусловила, в свою очередь, архитектуру системы, которая включает подсистему формирования технической модели, подсистему формирования математической модели и подсистему формирования алгоритмов решения задач.

С помощью подсистемы формирования технической модели в систему вводятся условия обработки и описание технической модели. В диалоговом режиме указывается вид обработки, тип заготовки и способ ее базирования (рис. 5).

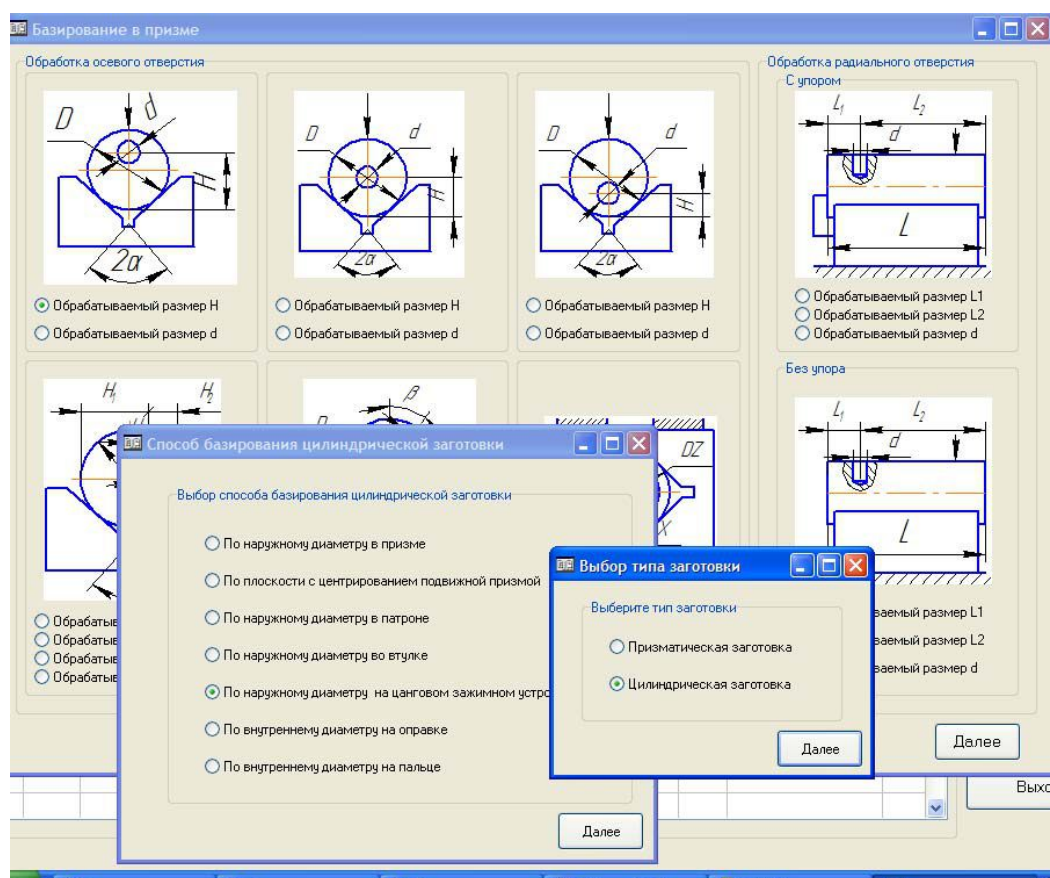


Рис. 5. Диалоговые окна выбора исходных данных

Далее подсистема формирования математической модели устанавливает соответствие между компонентами технической модели и моделирующими их математическими отношениями и строит математическую модель объекта, представляющую собой функциональную семантическую сеть. На основе этой сети подсистема формирования алгоритмов решения задач, в свою очередь, осуществляет планирование вычислений расчетных задач и формирует программу.

Результат функционирования системы применительно к описанному выше примеру приводится на рис. 6.

В результате решения задачи системой определена минимальная высота кондукторной втулки L , при которой будет обеспечена необходимая точность обработки заготовки. Аналогичным образом могут быть оптимизированы и другие параметры обработки.

The screenshot shows the SEMANTIC software interface. On the left, there is a table for 'Параметры семантической сети' (Semantic network parameters) with columns for 'Параметр' (Parameter), 'Значение' (Value), 'Минимум' (Minimum), and 'Макс.' (Maximum). The 'E_y' parameter is highlighted with a value of 20.93973. On the right, there is a table for 'Отношения семантической сети' (Semantic network relations) with columns for 'Отношения' (Relations), 'Общее' (General), 'Извест' (Known), 'Неизвестные параметры' (Unknown parameters), and 'Допуск' (Tolerance). A dialog box titled 'SEMANTIC' is open in the center, displaying the message 'Значение параметра LVT равно 50' (The value of parameter LVT is 50) and an 'OK' button.

Рис. 6. Результат расчета системой

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

Литература

1. Галушкин, А. И. Теория нейронных сетей / А. И. Галушкин. – М. : ИПРЖР, 2000. – 348 с.
2. Кабалдин, Ю. Г. Адаптивное управление технологическими системами механообработки на основе искусственного интеллекта / Ю. Г. Кабалдин, С. В. Серый, С. В. Биленко // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 6. – С. 46–48.
3. Щербаков, М. Е. Уменьшение износа инструмента в процессе резания за счет использования аппарата нейронных сетей : магист. дис. / М. Е. Щербаков. – М. : МГТУ «СТАНКИН», 2004. – 95 с.

4. Управление технологическим оборудованием на основе искусственного интеллекта / Ю. Г. Кабалдин [и др.] // Вестн. машиностроения. – 2001. – № 11. – С. 52–56.
5. Тугенгольд, А. К. Интеллектуальное управление станком по состоянию элементов технологической системы / А. К. Тугенгольд, В. А. Герасимов, Е. А. Лукьянов // СТИН. – 1997. – № 3. – С. 7–13.
6. Пашкевич, В. М. Самообучающиеся системы искусственного интеллекта в машиностроении / В. М. Пашкевич, Ж. А. Мрочек. – Могилев : МГТУ, 2003. – 423 с.
7. Пашкевич, В. М. Повышение точности обработки отверстий на основе использования интеллектуальных систем управления / В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 20–21 апр. 2006 г. : в 2 ч. / Белорус.-Рос. ун-т ; редкол.: И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2006. – Ч. 1. – С. 87.
8. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб. : Питер, 2000. – 384 с.
9. Поспелов, Г. С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г. С. Поспелов. – М. : Наука, 1988. – 280 с.

Получено 08.11.2010 г.