

*К. А. Алтунин**

РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СРЕЗА ПРИ НЕСВОБОДНОМ РЕЗАНИИ

В настоящее время сокращение сроков проектирования и подбор оптимальных параметров процесса резания – это важнейшие требования, предъявляемые к разработке технологического процесса. Наличие

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. И. Пестрецова; д-ра техн. наук, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «ТГТУ» М. В. Соколова.

системы автоматизированного проектирования (САПР), предлагающей пользователю выбрать из списка возможных параметров процесса резания оптимальные при заданных условиях, позволило бы существенно повысить эффективность технологического процесса. Предполагается, что с целью повышения точности вычислений и производительности системы имеется возможность применения искусственного интеллекта, искусственных нейронных сетей (ИНС) и методов нечеткой логики в математическом моделировании процессов механической обработки материалов.

Моделирование производственных процессов, в частности процессов резания (рис. 1), во многих случаях является базой для построения САПР. Аналитические модели рассматриваемых процессов можно построить, как правило, только при значительном упрощении. Поэтому при исследовании процесса резания довольно часто прибегают к нейросетевому моделированию. В данном случае нейронная сеть призвана служить в качестве модели процесса резания. Полученная нейросетевая модель в дальнейшем используется, например, для выбора оптимальных параметров (в частности режимов резания), выбора инструмента для обработки материала в зависимости от некоторых начальных условий, сбора и обработки информации, поступающей с датчиков системы, других целей. Однако мало проведено исследований в области моделирования процесса резания с учетом его динамической составляющей.

В работах [1 – 4] предложен алгоритм оптимизации лезвийной обработки материалов с использованием CAD/CAE/CAM-систем.

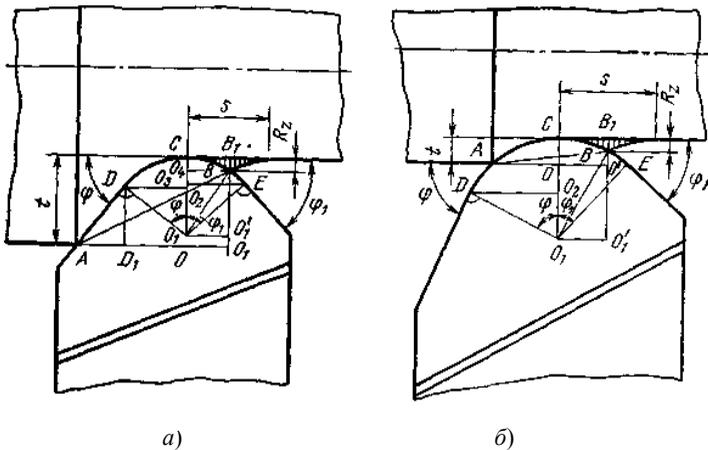


Рис. 1. Схемы резания

На основе разработанного алгоритма создана САПР для оптимизации процесса резания с учетом его динамической составляющей. Работа предлагаемой САПР требует сложных вычислений и обработки большого количества информации. Применение нейросетевых моделей в блоках системы может существенно повысить производительность данной системы и точность ее вычислений. В частности, можно рассмотреть возможности использования нейронных сетей в моделировании процессов механической обработки материалов и для определения их управляющих параметров.

В качестве примера рассмотрим задачу определения параметров процесса точения с помощью нейросетевого моделирования. Предпринята попытка определения толщины среза a_1 при несвободном резании. Исходные данные для выполнения были получены по математической модели, описанной в работе [2]. Согласно данной модели толщина среза a_1 рассчитывается по следующим зависимостям:

- при $t \geq r(1 - \cos \varphi)$; $s \leq 2r \sin \varphi_1$ (рис. 1, а)

$$a_1 = (s/c') \sin \arctg(c'/([1 - a'(1 - \cos \varphi)] \operatorname{ctg} \varphi + a'(\sin \varphi + b'))),$$

где $a' = r/t$; $b' = s/2r$; $c' = 1 - a'(1 - \sqrt{1 - b'^2})$;

- при $t < r(1 - \cos \varphi)$; $s \leq 2r \sin \varphi_1$ (рис. 1, б)

$$a_1 = (s/c') \sin \arctg(c'/(\sqrt{2a' - 1} + a'b')),$$

где r – радиус при вершине резца в плане, м; φ_1 – вспомогательный угол в плане резца; φ – главный угол в плане резца; s и t – подача и глубина резания, м.

Для обучения сети необходимо сформировать массив входных векторов x_i (x_1 – подача при резании; x_2 – отношение радиуса при вершине резца к глубине резания, x_3 – главный угол в плане резца) для различных значений параметра y (толщина среза). Каждое значение параметра y является вектором-эталонном для обучения ИНС.

Первоначально выполнен выбор архитектуры. Задача выбора архитектуры сети для большинства сетей является неформализованной. Поэтому предложенная ниже архитектура сети является одним вариантом из множества возможных конфигураций. Принята архитектура сети с тремя нейронами (по числу компонентов входного вектора) на входном слое, с одним скрытым слоем с 20 нейронами и 1 нейроном в выходном слое.

В программе «Matlab» по математической модели получены входящие и выходящие значения обучающей выборки. Подача взята в диапазоне 0,07...0,52 мм/об с шагом 0,05 мм/об; радиус при вершине

реза – в диапазоне 0,5...2 мм с шагом 0,5 мм; глубина резания – в диапазоне 0,1...5,1 мм с шагом 0,5 мм; главный угол в плане резца – в диапазоне 45...90° с шагом 15° мм. При подготовке входных значений для обучения сети брались параметры режимов резания и геометрии режущего инструмента, наиболее часто используемые в производстве. Для этих данных рассчитаны значения толщины среза, чтобы использовать их в качестве выходящих значений обучающей выборки, после чего проведена нормализация входных данных к одному диапазону. Это сделано для того, чтобы уравновесить влияние каждого из пара. Далее осуществлено моделирование нейронной сети с помощью пакета расширений Neural Network Toolbox. По принятой ранее архитектуре сформирована сеть. По полученной нормализованной выборке проведено обучение сети. В качестве обучающего алгоритма выбран алгоритм Levenberg-Marquardt.метров на выходной параметр сети.

С целью тестирования сети создана тестовая выборка. Для различных значений подачи и глубины резания рассчитаны значения толщины среза.

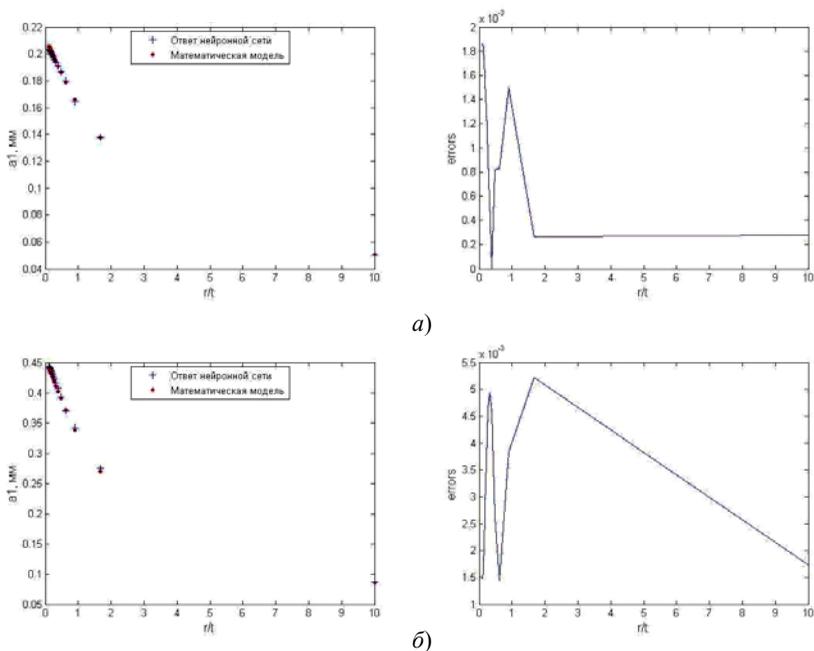


Рис. 2. Зависимость толщины среза от параметров процесса резания:
 $a - \varphi = 45^\circ; r = 1 \text{ мм}; s = 0,3 \text{ мм/об}; b - \varphi = 45^\circ; r = 1 \text{ мм}; s = 0,65 \text{ мм/об}$

Те же данные, что использовались для расчетов, поданы на входы смоделированной сети и получены выходные значения исследуемого параметра. Для наглядного изображения результатов тестирования созданы графики зависимости толщины среза от отношения r/t для различных значений подач (рис. 2). Чтобы отобразить величину отклонения результатов выданных нейронной сетью от значений полученных при математическом моделировании созданы графики, отображающие величину ошибки сети.

Как видно из представленных графиков, величина ошибки сети довольно мала, как для того диапазона, на котором обучалась нейронная сеть (рис. 2, а), так и для значений параметров процесса резания, превышающих данный диапазон (рис. 2, б).

Таким образом, показана перспективность применения нейронных сетей при моделировании процессов механической обработки материалов и для определения их управляющих параметров. Исследование нейронной модели толщины среза позволило оценить влияние выбора архитектуры и длительности обучения сети на погрешность прогнозирования этого параметра.

Список литературы

1. *Оценка* возможности применения CAD/CAE/CAM-систем при проектировании процессов производства композиционных материалов и их обработка резанием / С. И. Пестрецов, А. Н. Колодин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 2(33). – С. 98 – 103.

2. *Концепция* создания системы автоматизированного проектирования процессов производства композиционных материалов (САПР ПКМ) из отходов металлообработки / С. И. Пестрецов, А. Н. Колодин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 1(32). – С. 386 – 390.

3. *Концепция* создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С. И. Пестрецов, К. А. Алтуник, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Москва : Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.

4. *Свидетельство* № 2013610309 об официальной регистрации программы для ЭВМ, 09.01.2013. Анализ динамики процессов резания / Алтуник К. А., Пестрецов С. И., Соколов М. В. № 2012619631 ; заявл. 08.11.2012.

5. *Силин*, С. С. Метод подобия при резании материалов / С. С. Силин. – Москва : Машиностроение, 1979. – 152 с.

Кафедра «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВПО «ИТТУ»