

УДК 681.3

В.Б. Гитис

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск,
vengit@mail.ru, Украина

Методика построения нейросетевых моделей типовых деталей

В статье предлагается решение проблемы быстрого установления норм времени изготовления деталей машин путем построения моделей типовых деталей с помощью нейронных сетей.

Введение

Время, затрачиваемое на изготовление деталей, является определяющим фактором при построении производственного процесса. Техническая норма времени служит основой для оплаты труда, расчета продолжительности производственного цикла, необходимого количества станков, инструмента и рабочих, а также планирования всего производства.

Без расчета технической нормы времени на изготовление деталей невозможно рассчитать себестоимость готовой продукции, поскольку ее величина определяет большую часть статей себестоимости.

Особенно остро эта проблема возникает в процессе работы маркетинговых служб предприятий, когда необходимо в сжатые сроки оценить себестоимость продукции и сроки выполнения заказа, например, при переходе на новую продукцию или при модификации старой во время освоения новых рынков сбыта. Такая проблема актуальна прежде всего для предприятий тяжелого машиностроения, где преобладает единичное и мелкосерийное производство.

Для установления норм времени широкое распространение получил аналитически-расчетный метод, при котором нормы затрат труда рассчитываются на основе карты технологического процесса производства продукции. При этом определение норм времени представляет собой одну из частных задач в процессе проектирования технологического процесса и обычно завершает его разработку [1].

В этом методе нормирования первоначально рассчитывается основное время. Все остальные составляющие штучного времени нормируются в процентах к основному или оперативному времени. Таким образом, задача нормирования сводится к расчету основного времени. Доля основного времени в общей норме штучного времени наиболее значительна. Она составляет до 80 %.

При этом если для аппаратурных технологических процессов (т.е. термических, гальванических) основное время определяется на основании паспортных данных оборудования [2], то для механической обработки необходимо проведение соответствующих расчетов.

В то же время основное место в большинстве отраслей машиностроения занимает обработка металлов снятием стружки на металлорежущих станках различных типов. В мелкосерийном и единичном производстве удельный вес механической обработки составляет до 90 % общей трудоемкости изготовления изделий.

Расчет норм времени на основе карт технологического процесса является наиболее теоретически обоснованным, однако в процессе подготовки к запуску в производство нового изделия временные затраты на технологическую подготовку

производства являются самыми продолжительными. Причем трудоемкость технологической подготовки производства постоянно растет. Все это чрезвычайно замедляет и усложняет процесс нормирования.

Частичное решение проблемы сокращения времени проведения нормировочных работ достигается применением ЭВМ в рамках создания систем автоматического проектирования технологических процессов (САПР ТП).

Однако САПР ТП позволяет лишь автоматизировать расчет норм времени и не дает возможности определения норм времени без проектирования технологического процесса.

При этом работа с САПР ТП требует участия квалифицированного технолога и, как правило, не предполагает ее использования простыми нормировщиками, так как система выполняет только работы по поиску нужной информации, стандартным расчетам и оформлению технологической документации. Технолог в режиме диалога должен решать творческие задачи, связанные с принятием сложных логических решений, которые не может самостоятельно выполнить система.

Цель работы

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в условиях единичного и мелкосерийного производства остро стоит проблема быстрой и качественной оценки трудоемкости (и как следствие – стоимости) изготовления деталей на стадии конструкторско-технологической проработки проекта.

Поэтому необходимо разработать методику определения норм основного времени на механическую обработку деталей в условиях единичного и мелкосерийного производства без предварительного проектирования технологического процесса изготовления детали. Эта задача является основной целью исследования.

Постановка задачи

Мелкосерийное и единичное производство в отличие от крупносерийного и массового производства не имеет устойчивой номенклатуры обрабатываемых деталей, и это исключает возможность изучения и анализа каждой нормируемой операции на рабочем месте. Аналитический метод определения технической нормы времени, требующий много времени и затрат труда квалифицированного работника по техническому нормированию, не оправдывается в условиях единичного производства.

Поэтому здесь часто используется метод нормирования по типовым нормам, составленным аналитическим методом для типовых технологических процессов [3].

Однако в условиях единичного производства часто возникают трудности с подбором типовой детали из-за значительных конструктивных различий даже между деталями одной группы. В этом случае бывает очень сложно оценить разницу в нормах времени для нормируемой детали и детали-аналога. Особенно велика погрешность может оказаться для сложных тяжелых деталей, требующих больших трудозатрат. Кроме того, сам поиск типовой детали в условиях широкой номенклатуры требует значительных затрат времени.

Техническое нормирование на основе типовых деталей базируется на объединении деталей в группы по конструктивным и технологическим признакам в соответствии с принятой системой классификации. Обычно классификация имеет иерархическую структуру, в соответствии с которой детали разделяются на классы, подклассы и группы.

На последнем этапе классификации рассматриваются характеристики детали, описывающие только ей присущие особенности.

В качестве типовых деталей группы могут служить комплексные или самые сложные детали и самые простые детали данной группы, на обработку которых рассчитываются нормы времени по правилам технического нормирования; нормы времени на все другие детали группы определяются на основании норм на детали-представители. Нормы в этом случае определяются путем сопоставления размеров и конфигурации нормируемой детали с расчетной.

Расчет норм производится интерполяцией по размерам поверхностей детали. Точность метода зависит в основном от широты диапазона диаметральных и линейных размеров деталей, скомплектованных в группу [4].

Метод интерполяции норм времени по размерам не учитывает целый ряд характеристик деталей, оказывающих не менее сильное влияние на трудоемкость изготовления, чем размеры деталей.

Поэтому для решения задачи нормирования без проектирования технологического процесса необходимо выявить факторы, влияющие на величину времени обработки, и найти функции, описывающие зависимость норм времени по технологическим операциям от этих факторов. При этом все входные переменные должны определяться на основании чертежа или эскиза детали и не требовать привлечения дополнительной информации.

Формализация задачи нормирования

Факторы, влияющие на величину времени обработки и выбираемые из чертежа, являются описательными характеристиками детали. Их можно сгруппировать в соответствии со следующими категориями:

- масса и габаритные размеры;
- конструктивные особенности;
- характеристики поверхностей.

В категорию «конструктивные особенности» может входить количество отверстий, пазов, резьб, шлицев и т.д. В категорию «характеристики поверхностей» входят требования к точности и качеству поверхностей, а также их твердость.

Перечень технологических операций, необходимых для производства деталей группы, определяется на основании анализа карт технологических процессов, разработанных ранее.

Тогда процедуру нормирования будет описывать следующая система:

$$\begin{cases} T_i = f_i(X_i) \\ T_o = f_o(X_o) \\ T_o = \sum_{i=1}^n T_i \end{cases} \quad (1)$$

где $i = 1 \dots n$ – номер технологической операции;

n – число технологических операций;

T_i – норма времени на выполнение i -й технологической операции;

T_o – общая норма времени на изготовление детали;

f_i – функция, описывающая зависимость нормы времени на выполнение i -й технологической операции от характеристик детали;

f_o – функция, описывающая зависимость общей нормы времени на изготовление детали от ее характеристик;

X_o – вектор характеристик детали;

X_i – векторы характеристик детали, влияющих на величину T_i . Компоненты векторов X_i выбираются из числа компонент вектора X_o .

Система (1) представляет собой специализированную для нормирования времени обработки модель типовой детали группы, интегрирующую в себе производственно-технологический опыт технологов предприятия и учитывающую производственные условия, характеристики оборудования и др.

Для нахождения аналитических выражений функций f_i и f_o можно использовать статистические данные из технологических процессов деталей группы, спроектированных в предыдущих периодах, или уточненные данные фактической трудоемкости изготовления деталей-аналогов.

Значения компонент вектора X_o выбираются из чертежей деталей, а значения норм времени – из карт технологических процессов. Таким образом, задача нормирования сводится к аппроксимации множества точек, заданных в многомерном пространстве признаков для последующей интер- и экстраполяции.

Применение нейронных сетей для моделирования типовых деталей

Для решения этой задачи возможно использование нейронных сетей, которые являются универсальными и наиболее эффективными аппроксиматорами, способными учесть скрытые взаимосвязи между параметрами модели [5]. При этом известно, что любую непрерывную функцию многих переменных можно с заданной точностью реализовать с помощью трехслойного персептрона с достаточным количеством нейронов в скрытом слое [6].

Поэтому структурная схема системы технического нормирования будет иметь следующий вид (рис. 1).

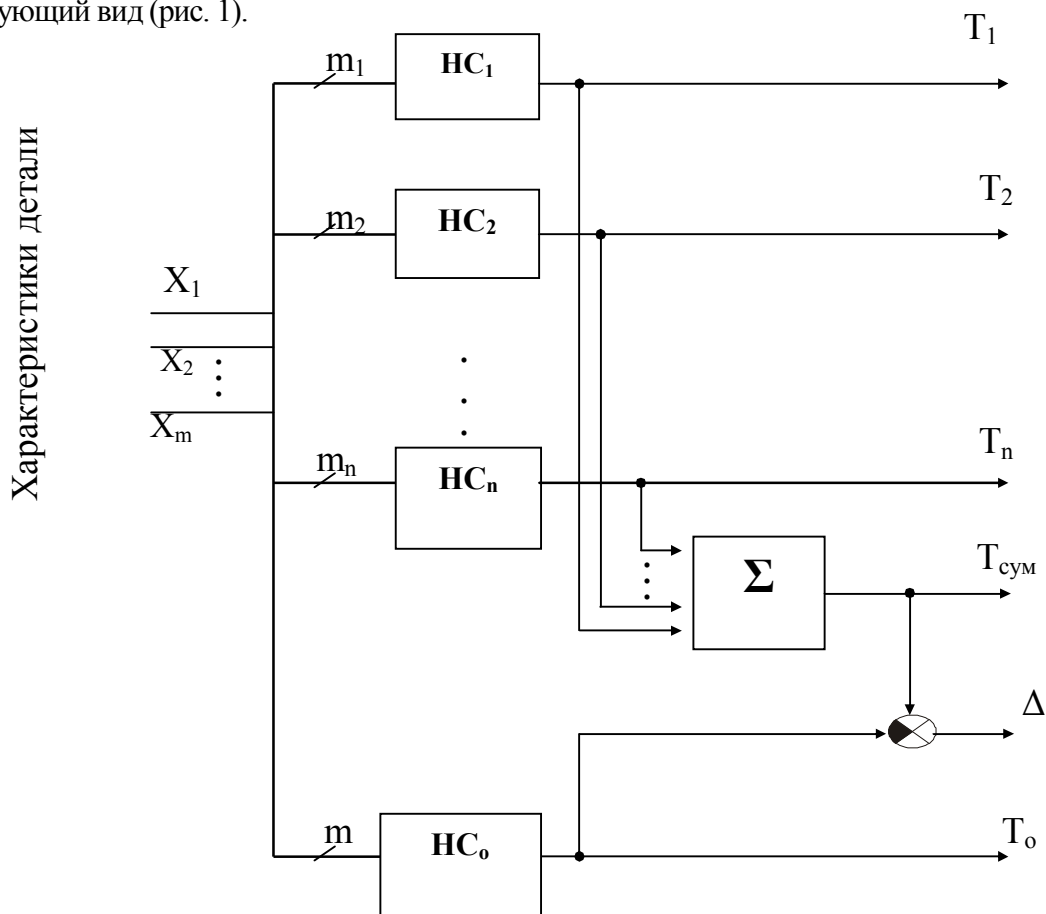


Рисунок 1 – Структурная схема системы технического нормирования

Система состоит из $n+1$ модулей, представляющих собой независимые нейронные сети – $НС_i$ ($i = 1 \dots n$, n – число технологических операций, используемых для обработки детали). Такая компоновка будет иметь преимущество перед сетью с несколькими выходами, так как позволит:

- 1) не включать во входной вектор незначимые для данной технологической операции факторы, что снизит уровень шума;
- 2) упростить функцию, реализуемую сетью, что уменьшит размеры сети, облегчит ее настройку и снизит количество локальных минимумов в поверхности функции ошибки;
- 3) исключить эффект, когда при обучении нейросети каждый выход пытается настроить сеть «под себя», мешая тем самым другим выходам.

На входы нейросетей подаются m_i характеристик деталей из набора X_0 . На выходе сетей формируются сигналы T_i . Количество входов фиксировано, поэтому если какая-либо характеристика детали отсутствует, то на соответствующий вход подается ноль. Аналогично при отсутствии какого-либо вида технологической операции на соответствующем выходе также формируется ноль.

С помощью отдельной нейросети $НС_0$ определяется общее время механической обработки изделия (T_0). Параллельно общее время рассчитывается как сумма прогнозных норм времени механической обработки детали по операциям ($T_{сум}$). Полученные величины подаются на сумматор, выполняющий функцию сравнения. Сумматор выдает величину Δ , которая характеризует расхождение между суммой прогнозов по операциям и прогнозом общего времени. Низкая величина Δ позволяет судить о высокой достоверности прогноза.

После обучения каждого нейронного модуля система готова к эксплуатации.

Таким образом, методика построения нейросетевых моделей типовых деталей состоит из следующих этапов:

- 1) идентификация группы, к которой принадлежит нормируемая деталь;
- 2) подбор чертежей деталей группы и соответствующих им карт технологических процессов, разработанных в предыдущих периодах;
- 3) определение на основании анализа карт технологических процессов перечня технологических операций, применяемых для производства деталей группы;
- 4) определение на основании теоретических сведений и практического опыта перечня характеристик детали, влияющих на величину времени обработки по технологическим операциям;
- 5) определение параметров нейросетевой системы технического нормирования времени;
- 6) обучение нейронных модулей на основании данных чертежей деталей и карт технологических процессов;
- 7) тестирование полученной системы и сдача в эксплуатацию.

Выводы

В ходе проведенных исследований получены следующие результаты:

- 1) построена система технического нормирования механообработки на основе нейронных сетей, не требующая предварительного проектирования технологического процесса;
- 2) система способна выполнять нормирование по операциям и таким образом задавать структуру производственного процесса;

3) система проста в эксплуатации и не требует специальных знаний. нормирование производится практически без затрат времени;

4) применение предложенной методики позволяет учесть особенности конкретного предприятия (т.е. состав и характеристики оборудования, оснастки и др.);

5) полученная система является специализированной для технического нормирования нейросетевой моделью типовой детали, учитывающей все характеристики деталей группы. такой подход к определению типовой детали открывает возможности дальнейшего развития предложенной методики в рамках теории типовых и групповых технологических процессов.

Литература

1. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов / Под ред. В.В. Бабука. – Минск: Высшейш. шк., 1987. – 255 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.
3. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: В 2 т. – Л.: Машиностроение, 1983. – Т. 1. – 404 с.
4. Митрофанов С.П. Научные основы групповой технологии. – Л.: Лениздат, 1959. – 435 с.
5. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – Кн. 1: Нейрокомпьютеры и их применение. – 416 с.
6. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992. – 240 с.

В.Б. Гітис

Методика побудови нейромережних моделей типових деталей

У статті пропонується вирішення проблеми швидкого встановлення норм часу виготовлення деталей машин шляхом побудови моделей типових деталей за допомогою нейромереж.

In clause the decision of a problem of a fast definition of norms of time of manufacturing of details of machines is offered by construction of models of typical details with the help networks neural.

Статья поступила в редакцию 06.07.2004.