

УДК 621.937:004.942

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ САМ-СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ШАБЛОНОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

© 2012 А. В. Попович, В. В. Левщанов, К. А. Лисов, Е. М. Чавкин

Ульяновский государственный университет

Рассмотрена разработанная система автоматизированного проектирования (САПР) управляющих программ для САМ-систем на основе применения интеллектуальных шаблонов механической обработки типовых элементов. Для обработки данных, вводимых пользователем, используется многослойный персептрон - нейронная сеть прямого распространения с обучением учителем по методу обратного распространения ошибки.

*Система автоматизированного проектирования, механическая обработка, персептрон, нейронная сеть.*

В современных САМ-системах существует три основных способа для описания последовательности механической обработки, необходимой при генерации верных траекторий перемещения режущего инструмента: автоматический, полуавтоматический и ручной.

При работе в автоматическом способе к распознанным типовым элементам применяются общие правила. Далее формируется траектория перемещения инструмента в заготовке детали. Недостатками являются частая непригодность траектории к типу обрабатываемого материала и возможное отсутствие в реальном производстве инструмента, предлагаемого системой.

Например, непригодность траектории может быть обусловлена созданием всего двух точек - начала и завершения резания на рабочей подаче, что не всегда применимо к обработке твёрдых материалов, где необходима пошаговая обработка с периодическим выводом сверла из отверстия для вымывания возникающей стружки и охлаждением режущей кромки инструмента.

Полуавтоматический способ основан на применении к типовому элементу заранее созданного шаблона механической обработки. В этом случае пользователем осуществляется предварительная ручная работа по созданию и описанию параметров

шаблона. Готовые шаблоны часто делают параметризованными для большей гибкости в работе, однако даже такой шаблон имеет ограниченность в рамках своего применения к конкретному виду или группе элементов.

Ручной способ написания механической обработки элемента заключается в том, что операции механической обработки типового элемента описываются последовательно и полностью пользователем. Указываются необходимые итерации траекторий, плоскости безопасности и режимы обработки. Создаётся виртуальный прототип реального режущего инструмента с необходимыми параметрами. Полученный шаблон механической обработки сохраняется в библиотеке шаблонов и вызывается вручную для одинаковых (повторяющихся) элементов в разных моделях деталей.

Основной недостаток при использовании любого из представленных способов заключается в том, что любая САПР не адаптивна к производству, на котором осуществляется её применение, и в каждом конкретном случае её необходимо настраивать под определённый его вид и условия. В данном контексте создание адаптивной подсистемы играет большую роль в решении задач, связанных с оптимизацией процессов подготовки управляющих программ для станков с

числовым программным управлением (ЧПУ).

Разработанная система получила название «i-feature», что можно перевести как «интеллектуальный типовой элемент». В слово «feature» вкладывается смысл перехода от всевозможных существующих шаблонов механической обработки к новому единому объекту, который является вспомогательным средством и механизм работы которого основан на опыте одного или группы пользователей. В данном случае опыт пользователя играет ключевую роль и способен постоянно актуализироваться и аккумулироваться, подстраиваясь под условия конкретного производства или группы производств.

Общая логика работы подсистемы «i-feature» представлена следующим образом:

- существует ряд входных и выходных параметров, отвечающих за успешную генерацию траектории перемещения режущего инструмента. Часть этих параметров напрямую соединена друг с другом, а часть подвергается классификации. «i-feature» объединяет внутри себя средства

обработки этих параметров, впоследствии передавая необходимый набор данных в систему генерации траектории и постпроцессирования управляющей программы;

- входные параметры – данные об элементах в модели детали, которые сформированы на стадии её конструирования;

- выходные параметры вводятся пользователем в САМ-систему, отражая его опыт, навыки;

- пользовательский опыт в автономном режиме перманентно собирается специальным сборщиком для постоянного самосовершенствования подсистемы и повышение качества решений, которые она предлагает;

- входные и выходные параметры формируют обучающие выборки, необходимые для дальнейшей обработки и выдачи результатов во время работы подсистемы.

Общий принцип работы системы «i-feature» представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий принцип работы «i-feature»

Для обработки данных вводимых пользователем, используется многослойный персептрон - нейронная сеть прямого распространения с обучением учителем по методу обратного распространения ошибки. Этот инструмент позволяет успешно классифицировать группы параметров, указываемые пользователем при описании

механической обработки типовых элементов в моделях деталей, соотнося их с входными параметрами, исходящими из конструктивных особенностей деталей. Пример созданной нейронной сети персептронного типа, используемой системой для работы с элементарным отверстием, показан на рис. 2. В данной сети качестве пар входов-выходов были выбраны следующие параметры:  $L_{отв}$  – глубина отверстия,  $D_{отв}$  – диаметр отверстия. В качестве выходов были выбраны:  $N_{проходов}$  – количество проходов,  $V_{резания}$  – скорость резания (м/мин),  $F_{подача}$  – подача (мм/об).

Алгоритм работы системы «i-feature» можно описать следующим образом. На производственном участке (или группе участков) имеется определённое количество моделей деталей, которые необходимо обработать на станках с ЧПУ. Допустим, что подсистема в начальном этапе не используется, а включён лишь механизм сбора данных, которые пользователь вводит в САМ-систему для последующей обработки деталей. Сбор данных осуществляется до определённого момента, который определяется эмпирически при первичной предпусковой настройке системы.

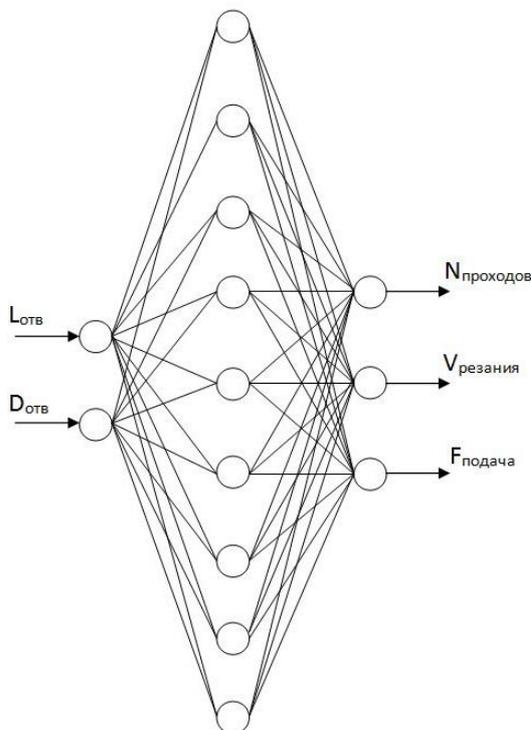


Рис. 2. Структура нейронной сети для работы с элементарным отверстием

По факту успешного сбора данных в САМ-системе включается система «i-feature». С этого момента при загрузке новой модели детали пользователем она осуществляет своё взаимодействие с пользователем, который на основе выбранных им элементов в модели детали получает от «i-feature» рекомендации по их механической обработке. Все рекомендации «i-feature» выдает самостоятельно на основе введённого и обработанного опыта пользователя. Стоит отметить реальность представления пользователю верных или максимально близких решений в виде параметров механической обработки элементов одного вида при отсутствии этих параметров элемента в изначальной обучающей выборке. Если предложенное подсистемой решение верное, то согласие пользователя с предложенными параметрами создаст новый набор данных (в виде строки с входными и выходными параметрами), который будет добавлен в обучающую выборку. В случае ошибочного предложения пользователь вправе внести коррективы в минимальное количество полей, представленной ему визуальной формы, а затем, утвердив коррективы, вновь позволить системе использовать эти данные для дообучения.

Первые эксперименты с использованием пробной обучающей выборки на примере обработки элементарных отверстий в диапазоне диаметров от 1 до 10 мм и нейронной сети персептронного типа показали эффективность работы разрабатываемой подсистемы при демонстрации ей отверстия диаметром, находящимся за пределом выборки (например, 23 мм). Входными параметрами в данном случае являлись диаметр и глубина отверстия, а выходными – скорость резания, подача резания и количество итераций перемещения сверла. По факту успешного функционирования нейронной сети были представлены режимы обработки и количество итераций, достаточно приближенные к реальным производственным условиям. Стоит отметить, что в данном эксперименте использовалась обучающая выборка всего лишь с 200 примерами механической

обработки такого вида и типа отверстий. Пример обучающей выборки, необходимой для полноценного обучения нейронной сети, представлен в табл. 1.

На основании полученных результатов можно утверждать об эффективности проведения исследований в области механической обработки пазов и карманов, а также сложных отверстий с различным количеством ступеней и геометрией.

Инновационная составляющая данного проекта заключается в том, что при работе с подсистемой «i-feature» у пользователя отпадает необходимость ручного ввода различного числа параметров, а также потребность в создании каких-либо шаблонов или в использовании встроенных мастер-процессов. Подсистема «i-feature» сама предлагает ему необходимые параметры механической обработки, и пользователю необходимо лишь утвердить правильность предлагаемого подсистемой решения, а в редких случаях внести несущественные коррективы.

Таблица 1. Обучающая выборка для механической обработки отверстия

№	Диаметр	Глубина	Итерации	Скорость	Подача
---	---------	---------	----------	----------	--------

1.	1	1	1	200	0,024
2.	1	2	1	197	0,025
3.	1	3	2	189	0,024
4.	1	4	3	180	0,024
5.	1	5	3	178	0,024
6.	1	6	4	176	0,023
7.	1	7	4	172	0,022

...

191	10,5	21	5	174	0,13
192	10,5	22	5	170	0,12
193	10,5	23	6	166	0,12
194	10,5	24	7	163	0,11
195	10,5	25	8	155	0,12

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке в рамках Государственного контракта № 07.514.11.4064 «Разработка методики и алгоритмов управления станками с числовым программным управлением с использованием современных CAD\CAM систем с целью оптимизации процессов обработки деталей, применяемых в авиастроении».

## COMPUTER-AIDED DESIGN OF PROGRAMS FOR CAM-SYSTEMS BASED ON THE USE OF INTELLIGENT PATTERN MECHANICAL PROCESSING OF STANDARD ELEMENTS

© 2012 A. V. Popovich, V. V. Levschanov, K. A. Lisov, E. M. Chavkin

Ulyanovsk State University

Intelligent system for modern CAM to create NC-programs. The main points related to the processing of feature elements in modern CAM-systems. We describe how to implement neural network algorithms to create the CNC program. Showed a new way of building in automatic selection of cutting tools and machining strategies.

*Computer-aided design (CAD), machining, perceptron, neural network.*

### Информация об авторах

**Попович Алексей Владимирович**, младший научный сотрудник, Ульяновский государственный университет. E-mail: alexrapay@mail.ru. Область научных интересов: нейронные сети, многослойный перцептрон.

**Левщанов Владимир Викторович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Ульяновский государственный университет. E-mail: master\_v@inbox.ru. Область научных интересов: твердотельное моделирование, расчёты методом конечных элементов.

**Лисов Константин Анатольевич**, аспирант кафедры математического моделирования технических систем, Ульяновский государственный университет. E-mail: lisov1987@rambler.ru. Область научных интересов: механообработка, САПР, разработка управляющих программ.

**Чавкин Евгений Михайлович**, младший научный сотрудник, Ульяновский государственный университет. E-mail: a110589@yandex.ru. Область научных интересов: программирование многослойного перцептрона, нейронные сети.

**Popovich Alexey Vladimirovich**, junior researcher, Ulyanovsk State University. E-mail: alexpapay@mail.ru. Area of research: perceptron, neural network.

**Levschanov Vladimir Victorovich**, candidate of technical sciences, senior research fellow, Ulyanovsk State University. E-mail: master\_v@inbox.ru. Area of research: solid modeling, finite element analysis.

**Lisov Konstantin Anatolevich**, post-graduate student of the sub-department of mathematical modeling of technical systems, Ulyanovsk State University. E-mail: lisov1987@rambler.ru. Area of research: computer-aided design (CAD), machining, create NC-programs.

**Chavkin Evgeniy Mihaylovich**, junior researcher, Ulyanovsk State University. E-mail: a110589@yandex.ru. Area of research: programming multilayer perceptron, neural networks.