

НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ

УДК 007:681.51

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

С.П. КУНДАС, Я.С. ЛЕВАШКЕВИЧ, А.Ф. ИЛЬЮЩЕНКО

(Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск)

Рассматриваются вопросы разработки и применения гибридных экспертных систем для исследования, анализа и оптимизации технологических процессов. Приведена структура разрабатываемого на основе гибридных экспертных систем программного комплекса для исследования и оптимизации процесса плазменного напыления покрытий.

В связи с быстрым моральным старением изделий (особенно в области электронной техники) большое значение имеет сокращение сроков их освоения в производстве. Поэтому ведущие фирмы все шире применяют гибкие производственные системы, интегрированные компьютерные производства (СІМ-Computer Integrated Manufacturing), которые базируются на автоматизации всего жизненного цикла изделий, начиная от их разработки и заканчивая эксплуатацией и утилизацией.

Большое значение для практической реализации концепции СІМ имеет автоматизация стадий научных исследований и технологической подготовки производства: создание подсистем автоматизированных систем научных исследований (АСНИ); автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП). Кроме этого, в связи с высокой стоимостью материалов, исследовательского и технологического оборудования натурное изучение различных процессов в лабораторных условиях не всегда представляется возможным и во многих случаях связано со значительными затратами материальных и денежных средств. Особенно эта проблема актуальна при исследовании и разработке быстропротекающих процессов, связанных с электрофизическими методами обработки материалов в условиях высоких температур, различных давлений окружающей среды. Например, при плазменном напылении покрытий температура плазменной струи может изменяться в пределах 2000... 15000 К, скорость - до 800 м/с, что требует для проведения экспериментальных исследований уникальной дорогостоящей аппаратуры [1,2].

Одним из эффективных направлений решения этой проблемы является применение методов компьютерного моделирования. Однако основные разработки в этой области ограничены применением традиционных методов компьютерного моделирования со встроенными базами данных свойств материалов и технологических сред [1, 2 - 4]. Это позволяет решать многие технологические задачи, однако при большом количестве влияющих факторов, технологических режимов, изменяющихся свойствах материалов и окружающей среды сложно говорить о достоверности результатов моделирования, которые могут приниматься в расчет только в качестве оценочных значений. Такой подход не соответствует современным требованиям к автоматизированным системам научных исследований и системам САПР.

Эти проблемы можно решить с помощью экспертных систем (ЭС). Экспертные системы при минимальных затратах времени и материальных средств позволяют изучать и исследовать различные процессы, проводить их оптимизацию с выходом на конкретные вопросы проектирования самих изделий, разработку технологических процессов, а при соответствующей организации и техническом оснащении - на подготовку управляющих программ и автоматизированное изготовление изделий с помощью гибких производственных систем [5].

Применение экспертных систем особенно актуально для многофакторных процессов, которые требуют для исследования, разработки и оптимизации проведения большого количества экспериментальных исследований, специального дорогостоящего оборудования [2]. К таким процессам относятся методы модификации поверхностных свойств материалов (газотермические методы нанесения покрытий, поверхностная и объемная закалка и др.).

В настоящее время ЭС уже используются в разработках ведущих зарубежных фирм в самых разнообразных областях, таких как финансы, нефтяная и газовая промышленность, энергетика, транспорт, фармацевтическое производство, космос, металлургия, горное дело, химия, образование, телекоммуникации и связь и др. [5].

Однако в нашей стране это направление пока не находит широкого применения для исследований и оптимизации технологических процессов и конструкций. Это связано прежде всего с отсутствием соответ-

ствующих знаний и опыта у специалистов-технологов. Кроме этого, имеются и объективные обстоятельства, значительно сужающие область применения ЭС и сдерживающие их широкое распространение.

Основной проблемой экспертных систем является ограниченность их подхода при решении слабоформализованных задач и сложность реализации систем вывода и уточнения коэффициентов математических формул, без использования которых невозможно эффективно прогнозировать результаты технологических процессов. Другими словами, экспертная система легко может определить граничные условия протекания процесса, однако использование ЭС для определения точных значений исследуемых параметров процесса в зависимости от входных значений приводит к экспоненциальному разрастанию базы знаний. Причём такое экспоненциальное разрастание базы знаний ЭС ухудшает её характеристики и точность прогнозирования, снижает быстродействие всей системы. В итоге эффективность применения полученной базы знаний сводится к нулю из-за того, что такая система начинает действовать как статистическая схема, пытающаяся запомнить все возможные варианты входных данных и допустимые диапазоны ответов на них [5, 6].

Описанных выше недостатков ЭС лишены искусственные нейронные сети (ИНС). Эта новая прикладная область математики бурно развивается в последние десятилетия. Актуальность исследований в этом направлении подтверждается массой различных применений ИНС. Это - автоматизация процессов распознавания сигналов, адаптивное управление, аппроксимация функционалов, прогнозирование, организация ассоциативной памяти и многие другие приложения. С помощью ИНС можно выполнять анализ сложных процессов, находить взаимные зависимости параметров, создавать самообучающиеся системы и т.д. [7, 8].

По сравнению с ЭС нейронные сети могут иметь более высокую эффективность моделирования и оптимизации технологических процессов - алгоритм вычисления результата всего один, прогноз результатов каждого конкретного эксперимента на основании заданных исходных данных определяется сравнительно легко. Однако в ИНС определение граничных условий осуществляется практически перебором всех возможных вариантов входных данных и анализом ответов. Такая процедура требует огромных вычислительных ресурсов и затрат времени. Кроме этого, с появлением новых данных необходимо снова производить обучение [7].

Ещё одним существенным недостатком ИНС является то, что по весам отдельных нейронов практически невозможно построить логические правила, описывающие то, как ИНС пришла к тому или иному ответу. Это связано с тем, что информация о моделируемом процессе сохраняется в весах отдельных нейронов на очень низком уровне, т.е. в виде вещественных чисел. А получение логических зависимостей и непротиворечивых правил необходимо для всестороннего исследования и анализа процессов [8].

Для создания систем, способных эффективно обрабатывать и анализировать большие объёмы данных, применялись различные подходы. Алгоритмы перехода от логических правил к весам нейронов ИНС и построения логических правил на базе ИНС определённой структуры, разработанные в середине 90-х годов прошлого столетия, привели к созданию гибридных экспертных систем [8].

Гибридные экспертные системы (ГЭС) позволяют создавать моделирующие комплексы, которые сочетают в себе возможности вывода и анализа логических правил, присущие экспертным системам, скорость и качество обучения, нейронных сетей для моделирования технологических процессов. При этом анализ входных данных, их обработка и обучение должны осуществляться нейронной сетью. После обучения нейронная сеть анализируется, а выявленные правила и законы формализуются и сохраняются в структуре, аналогичной используемым в настоящее время экспертным системам. Такой подход (в идеале) предоставляет возможность представлять полученные системой правила в доступной для анализа и редактирования человеком форме. Применение такого подхода позволяет обойти проблему «локального минимума», которая часто приводит нейронную сеть к неверным выводам и невозможности приобретения новых знаний. Дополнительно анализ и приведение распределённых в весах ИНС данных о процессе к форме логических правил отбросят случайные «шумы», присутствующие во всех, даже самых совершенных, нейронных сетях [8].

На основе применения гибридных экспертных систем и баз знаний может быть создан принципиально новый уровень моделирующих систем. В качестве подхода к практической реализации гибридных экспертных систем можно привести разрабатываемый в настоящее время в БГУИР совместно с НИИПМ с ОП программный комплекс для исследования и оптимизации процессов плазменного напыления покрытий, который состоит из 5 основных модулей:

1) модуля экспертной системы, аккумулирующего знания экспертов, результаты моделирования и экспериментов в области плазменного напыления покрытий и предназначенного для хранения данных в виде логических выражений и связей между ними. Так как обучение экспертной системы реализуется в программе через обучение ИНС, то структура данного модуля значительно проще структуры аналогичных систем такого класса;

2) модуля ИНС, с которым проводится обучение на исходных данных и результатах экспериментов. При этом начальные веса берутся не случайным образом, как это делается в алгоритмах генерации нейронных сетей, а строятся на основе логических правил базы знаний, хранящихся в экспертной системе;

3) модуля построения экспертной системы из ИНС. Для построения ЭС модуль определяет наиболее важные параметры процесса (они имеют наибольшие весовые коэффициенты в ИНС) и описывает математические зависимости выходных параметров, используя данные весовых коэффициентов. Незначительные по влиянию параметры (менее 10 %) принимаются за шумовые и отбрасываются;

4) модуля генерации ИНС из экспертной системы. Данный модуль предназначен для назначения весов каждому входу каждого нейрона ИНС исходя из логических условий, записанных в ЭС. Реализуется это в два этапа: инкрементирование всех весов нейронов, подходящих под логическое условие; масштабирование входных весов нейронов;

5) модуля базы данных. Данные о параметрах процесса, свойствах материалов и других характеристиках хранятся в базе данных. Эта база является развитием уже существующей и используемой в программном комплексе Plasma 2002 базы данных [2, 3].

Заключение. Разрабатываемый комплекс планируется использовать на предприятиях машиностроения, приборостроения и других отраслях техники для исследования и оптимизации технологических процессов и оборудования, для модификации поверхностных свойств материалов, в частности, процесса плазменного напыления покрытий, термообработки металлических деталей. Это позволит создать научную базу для нового поколения интеллектуального технологического оборудования, модификации поверхностных и объемных свойств материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нанесение покрытий плазмой / В.В. Кудинов, П.Ю. Пекшев, В.Е. Белащенко и др. - М.: Наука, 1990.-406 с.
2. Процессы плазменного напыления покрытий: теория и практика / А.Ф. Ильющенко, С.П. Кундас, А.П. Достанко и др.; Под общ. ред. А.П. Достанко, П.А. Витязя. - Мн.: Армита, 1999. - 544 с.
3. Компьютерное моделирование процессов плазменного напыления покрытий / С.П. Кундас, А.П. Достанко, А.Ф. Ильющенко и др. - Мн.: Бестпринт, 1998. - 212 с.
4. Кундас С.П. Концепция комплексного имитационного моделирования процесса плазменного напыления покрытий //Весці АН Беларусі. Сёр. фіз.-тэхн. навук. - 1997. - № 1. - С. 47 - 55.
5. Статические и динамические экспертные системы / Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапог.- М.: Финансы и статистика, 1996. - 320 с.
6. Герман О.В. Введение в теорию экспертных систем и обработку знаний. - Мн.: ДизайнПРО, 1995.- 255 с.
7. Guessasma S., Montavon G., Coddet C. On the neural network concept to describe the thermal spray deposition process: an introduction // Proceeding of ITSC 2002. - Essen (Germany), 2002. - P. 435 - 439.
8. Интернет-ресурс The Plant Life Assessment Network: <http://plan.jrc.nl/>