

УДК 621.91.002

DOI: 10.18413/2518-1092-2016-1-3-52-56

Мальцев Д.Б.<sup>1</sup>  
Барабанова Е.А.<sup>2</sup>

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

- 1) аспирант, Астраханский Государственный Технический Университет, ул. Татищева 16, г. Астрахань, 414056, Россия. *e-mail: maltsevdb@mail.ru*  
2) доцент, кандидат технических наук, доцент Астраханский Государственный Технический Университет, ул. Татищева 16, г. Астрахань, 414056, Россия. *e-mail: ElizavetaAlexB@yandex.ru*

**Аннотация**

В связи с ростом конкуренции на рынке остро стоит проблема повышения эффективности обработки на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Кроме того, сегодня предприятиям надо обеспечить соответствие выпускаемой продукции требованиям международных стандартов ISO. В настоящее время в России идёт активное внедрение новых автоматизированных средств информационной поддержки изделий на всех этапах жизненного цикла.

В статье рассмотрены модели управления станками с числовым программным управлением. Сделан вывод, об эффективности применения нейронных сетей для работы с данным типом станков. Приведен пример нейронной сети с двумя скрытыми слоями с 3 и 5 нейронами соответственно.

**Ключевые слова:** промышленность; управление; нейронная сеть; числовое программное управление; автоматизированные системы.

UDC 621.91.002

Maltsev D.B.<sup>1</sup>  
Barabanova E.A.<sup>2</sup>

**UTILIZATION OF NEURAL NETWORKS FOR IMPROVEMENT OF EFFICIENCY IN THE MANAGEMENT OF COMPUTERIZED AND NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOLS**

- 1) Postgraduate Student. Astrakhan State Technical University, 16 Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russia  
*e-mail: maltsevdb@mail.ru*  
2) Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. Astrakhan State Technical University, 16 Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russia. *e-mail: ElizavetaAlexB@yandex.ru*

**Abstract**

Due to increasing competition in the market, there is an acute problem of increasing efficiency of processing on the machines with computerized numerical control (CNC). Besides, enterprises nowadays have to ensure compliance of products with the requirements of ISO international standards. At present, Russia is going through an active introduction of new automated tools of information support of products at all stages of the life cycle.

The article discusses the model of management of machine tools with numerical control. The authors draw a conclusion about the efficiency of utilizing neural networks to operate with this type of machines. They also provide an example of a neural network with two hidden layers with 3 and 5 neurons respectively.

**Keywords:** industry; management; neural network; numerical control; automated systems.

### **Введение**

В связи с ростом конкуренции на рынке остро стоит проблема повышения эффективности обработки на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Кроме того, сегодня предприятиям надо обеспечить соответствие выпускаемой продукции требованиям международных стандартов ISO. В настоящее время в России идёт активное внедрение новых автоматизированных средств информационной поддержки изделий на всех этапах жизненного цикла. На многих предприятиях преобладает мелкосерийное и единичное производство деталей с формообразующей поверхностью сложной формы. При этом обработка ведется на высоких скоростях с большими подачами деталей. Большим преимуществом обрабатывающих центров с ЧПУ, является снижение требований к квалификации обслуживающего персонала. Однако, общим недостатком систем с ЧПУ является зависимость его эксплуатационных параметров, таких как скорость вращения шпинделя и скорость подачи, от программы управления, вносимой программистом или постоянной базы параметров. В результате, многие системы с ЧПУ работают неэффективно.

### **Методы управления промышленным оборудованием**

В настоящее время задача повышения производительности обработки деталей решается методами адаптивного оптимального управления с большим допущением, подразумевается постоянство входных параметров изделия. Теория адаптивного, оптимального и классического управления базировались, в значительной степени, на идее линеаризации систем. Для их практического применения требовалась разработка математических моделей. В действительности же если и удастся построить модель точно отражающую связь между выходом и входом системы, то она часто оказывается непригодной для целей управления. Практически приемлемыми могут быть только модели с низкой чувствительностью по параметрам [2, 3], что сложно обеспечить для нелинейных систем.

Статистические модели управления получили наиболее широкое применение в современных системах. Статические модели позволяют провести проверку на адекватность путем исследования частотных характеристик с использованием спектрального анализа. Так же они являются более простыми, по сравнению с

другими моделями систем управления. При помощи такого метода можно исследовать поведение конструкции в определенном диапазоне частот путем анализа частотных характеристик методами классической теории управления. К недостаткам относятся: недостаточная точность и отсутствие у используемых переменных и параметров физического смысла.

Адаптивное управление основывается на математических моделях, описывающих физические процессы и явления. Воздействие на управляемый процесс ведется согласно целевой функции – закона управления, направленного на достижение и поддержание наиболее эффективного значения какого-либо параметра [1, 5, 6].

К адаптивному управлению относятся управление на основе нечеткой логики, с самонастройкой, обобщенно-прогнозирующее управление [1].

Все эти способы управления не получили широкого распространения. Но применяются в различных технических системах. Основными недостатками данного типа управления является необходимость постоянно определять адекватность математической модели. Не существует методов автоматизации данного процесса. Основным недостатком адаптивного типа управления является его малая гибкость. При изменениях в объекте управления или во внешних условиях требуется перестраивать модель и определять для нее новый закон управления. Таким образом, требуется постоянно «вручную» определять адекватность математической модели.

### **Применение систем искусственного интеллекта на токарных станках с ЧПУ**

Одним из важнейших показателей качества изготавливаемых высокоточных деталей на токарных станках с ЧПУ является обеспечение конструкционно-заданных значений максимальных отклонений от геометрической формы обрабатываемых заготовок по длине обработки.

В последнее время появились новые способы регулирования, такие как нейрорегулирование и нечеткая логика. Эти способы относятся к категории интеллектуальных и позволяют реализовать любой требуемый для процесса нелинейный алгоритм управления, при неполном, неточном описании объекта управления.

Одним из направлений совершенствования процесса обработки на станках ЧПУ, применяемым как в нашей стране, так и за рубежом, является применение систем искусственного интеллекта. В качестве элементов систем искусственного интеллекта предлагается использовать нейронные сети.

Наиболее часто нейронные сети используются для решения следующих задач:

- классификация образов – указание на принадлежность входного образа, представленного вектором признаков, одному или нескольким предварительно определенным классам;
- кластеризация – классификация образов при отсутствии учебной выборки с метками классов;
- прогнозирование – предвидение значения  $y(t_{n+1})$  при известной последовательности  $y(t_1), y(t_2) \dots y(t_n)$ ;
- оптимизация – обнаружение решения, которое удовлетворяет систему ограничений и максимизирует или минимизирует целевую функцию. Память, которая адресуется по смыслу (ассоциативная память) – память, доступная при указании заданного содержания;
- управление – расчет такого входного влияния на систему, за который система работает по желательной траектории.

Структурной основой нейронной сети является формальный нейрон. Нейронные сети возникли из попыток воссоздать способность биологических систем учиться, моделируя низкорезную структуру мозга. Для этого в основу нейросетевой модели ложится элемент, который имитирует в первом приближении свойства биологического нейрона – формальный нейрон (далее просто нейрон). В организме человека нейроны это особые клетки, способны распространять электрохимические сигналы.

Преимуществами НС перед традиционными системами управления является:

1. Использование нелинейных функций активации в нейронных сетях позволяет реализовать задачи с существенными нелинейностями;
2. НС могут обучаться любым функциям, важен только объем предоставленных данных и выбор правильной нейронной модели. Таким

образом НС позволяют избежать использования сложного математического аппарата;

3. НС являются самообучаемыми системами. Это означает возможность осуществлять управление в условиях существенных нелинейностей;

4. Высокая степень параллельности НС обеспечивает высокую производительность вычислений;

5. Архитектура параллельной обработки позволяет НС функционировать даже при повреждении отдельных элементов сети [8-10].

Из этого следует, что нейронные сети имеют большие перспективы в области управления сложным технологическим оборудованием.

По сравнению с традиционными методами управления, при применении нейронных систем, не нужно создавать точную математическую модель, только модель управления непосредственно по поставленным условиям. Оптимальные выходные значения формируются по отклонению и скорости изменения отклонения измеряемой величины и заданного значения. Результат получается более достоверным, особенно в сравнении с неопределенной и нелинейной системами управления. В связи с нелинейными и изменяющимися во времени характеристиками и высокой скорости обработки детали, трудно использовать математическую модель для описания процесса обработки, поэтому предлагается применить нейронную сеть для моделирования процесса фрезерования, для установления нелинейной зависимости между параметрами обработки и силы резания.

При обработке на станке необходимые данные о фактически получаемых размерах деталей для нейронных сетей можно получать автоматически с помощью лазерных измерительных приборов или вводить вручную. Получая данные и отслеживая их нейронная сеть будет самостоятельно принимать решение о необходимости размерной и кинематической поднастройки станка и производить необходимые коррекции управляющих программ для станков с ЧПУ.

На рисунке показана нейронная сеть, позволяющая регулировать усилие резки фрезерного станка.

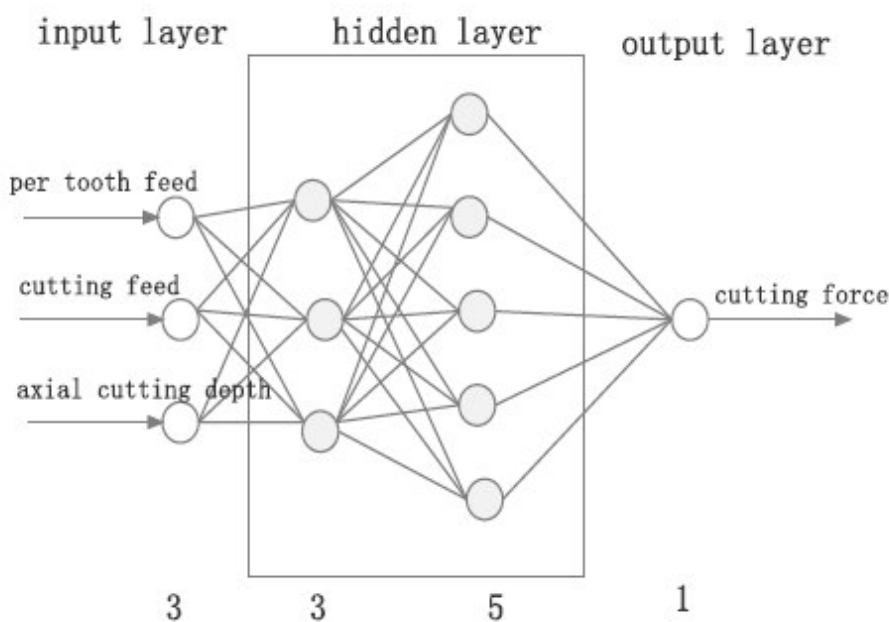


Рис. Нейронная сеть  
Fig. Neural network

Существует множество видов алгоритмов обучения нейронной сети на основе скорости сходимости алгоритма, использования памяти и т.д. В данном случае, функция обучения выбирается как функция Левенберга-Марквардта. Количество входных нейронов 3, представляющих параметры; количество выходных нейронов равно 1.

Число узлов скрытого слоя нейронов имеет большее влияние на производительность нейронной сети, слишком большое количество узлов вызывает ошибки в обучении и тестировании сети, слишком малое – снижение отказоустойчивости сети, правильное распознавание скорости и возможность обобщения.

Для того, чтобы быстрее достичь необходимой скорости и получить высокую точность испытания, число скрытых слоев равно 2, количество нейронов – 3 и 5 соответственно.

### Выводы

Применение нейросетевых технологий позволяет повысить производительность станка с ЧПУ за счет повышения точности токарной обработки путем изменения положения и траектории движения режущей кромки инструмента с учетом геометрической неточности станка.

Таким образом, применение нейронных сетей при моделировании систем управления станков с

ЧПУ является более перспективными, чем традиционные системы управления.

### Список литературы

1. Сигеру Омату. Нейроуправление и его приложения. М.: ИПРЖР, 2000. Кн. 2. 272 с.
2. А.В. Шаламов, П.Г. Мазеин. Нейронные сети как новый подход к управлению технологическим оборудованием. Известия Челябинского научного центра, вып. 1 (18), 2003. С. 60-64.
3. Н.С. Мальцева. Особенности управления процессом коммутации в многокаскадной коммутационной системе с параллельным поиском каналов связи. АГТУ, Вестник АГТУ, 2007. Том 6. – С.190-193.
4. Н.С. Мальцева, Е.А. Барабанова. Имитационное моделирование коммутационных систем. Вестник АГТУ. № 1. – Астрахань: Изд-во АГТУ. – 2009. – С. 146-150.
5. В.И. Комашинский, Д.А. Смирнов. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 94 с.
6. А.П. Никищечкин. Повышение качества процесса адаптации при изменении технологических параметров с помощью аппарата нейронных сетей: Дис. канд. техн. наук: 05.13.06. Москва, 2002. – 110 с.: ил.
7. В.П. Вороненко, Д.Ю. Рязанов, С.С. Горский. Повышение эффективности изготовления деталей типа тел вращения при нейросетевом управлении. – Журнал "Технология Машиностроения" №3. 2010. С.49-52.
8. L.A. Dobrzański, K. Golombek, J. Kopac and M. Sokovic, "Effect of depositing the hard surface coatings on properties of the selected cemented carbides

and tool cermets”, J. Mater, Process, Technol, 2004, pp. 157-158, pp. 304-311.

9. X.-F. Yao, X.-Q Yao and L. Can, “Control Evolution and Case Study for Uncertain Machining Process”, Journal of basic science and engineering, vol. 18, no. 1, 2010, pp. 177-186.

10. X.-Y. Lai, B.-Y Ye and C.-Y Yan, “Adaptive fuzzy control of milling process based on fieldbus”, Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), vol. 33, no. 5, 2005, pp. 7-10.

#### References

1. Shigeru, Omatu. Nanoprene and its Applications. M.: IPRZHR, 2000. KN. 2. 272.

2. Shalamov A.V., Mazein P.G. Neural Networks as a New Approach to the Control of Technological Equipment. Proceedings of the Chelyabinsk scientific Center, vol. 1 (18), 2003. Pp. 60-64.

3. Maltseva N. Features of Management of the Process of Switching in a Multistage Switching System with Parallel Search of Communication Channels. ASTU, Vestnik ASTU, 2007. Volume 6. Pp. 190-193.

4. Maltseva N., Barabanova E.A. Simulation of Switching Systems. Vestnik of ASTU. No. 1. Astrakhan: Publishing House of ASTU. 2009 . Pp. 146-150.

5. Komashinskiy V.I., Smirnov D.A. Neural Networks and their Application in Control Systems and Communications. M.: Hot line – Telecom, 2003. 94 p.

6. Nikesoccer A. P. Improving the Quality of the Adaptation Process when Changing the Process Parameters Using Neural Networks: PhD thesis in Tech. Sciences: 05.13.06. Moscow, 2002. 110 p.

7. Voronenko V.P., Ryazanov D.Y., Gorskiy S.S. – Improving the Efficiency of the Manufacture of Parts such as Bodies of Rotation with Neural Network Control. The Mechanical Engineering Journal (WAC) No. 3, 2010. Pp. 49-52.

8. Dobrzański L.A., Golombek K., Kopac J. and Sokovic M., “Effect of depositing the hard surface coatings on properties of the selected cemented carbides and tool cermets”, J. Mater, Process, Technol, 2004. Pp. 157-158. Pp. 304-311.

9. Yao X.-F., Yao X.-Q and Can L., “Control Evolution and Case Study for Uncertain Machining Process”, Journal of basic science and engineering, vol. 18, no. 1, 2010. Pp. 177-186.

10. Lai X.-Y., Ye B.-Y. and Yan C.-Y., “Adaptive fuzzy control of milling process based on fieldbus”, Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), vol. 33, no. 5, 2005. Pp. 7-10.