

УДК 004.8:621.9 004.8

В.Н. Рудницкий<sup>1</sup>, Н.В. Хрулёв<sup>1</sup>, В.Г. Бабенко<sup>2</sup><sup>1</sup> Черкасский государственный технологический университет, Черкассы<sup>2</sup> Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса

## ФУНКЦИИ И СТРУКТУРА НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДУЛЯ СИСТЕМЫ ЧПУ

Рассмотрены вопросы синтеза структуры нейросетевого модуля системы ЧПУ на основе функционально-структурного подхода, предложенного в работах Е.П. Балашова. В результате декомпозиции целевой функции нейросетевого модуля формируется дерево функций. Функции 1-го уровня определяют основные показатели нейросетевого модуля системы ЧПУ, такие как производительность, надежность, функциональность и оказывают первоочередное влияние на структуру модуля. Дополнительные функции 2-го уровня расширяют функциональность нейросетевого модуля. Приведены результаты синтеза структуры нейросетевого модуля системы ЧПУ на основе предложенного дерева функций. Определены связи и информационные потоки нейросетевого модуля.

**Ключевые слова:** дерево функций, структура, функционально-структурный подход, система ЧПУ, искусственный интеллект, нейросети, нейроподобные структуры.

### Введение

**Постановка проблемы.** Применение нейросетевых технологий в системах ЧПУ позволяет получить новые, ранее не доступные свойства системы. Особый интерес представляют способности нейросетевых систем к логическим выводам в сочетании с высокой точностью вычислений и высокой производительностью цифровых ЭВМ [1].

Одним из этапов технологического процесса изготовления детали на станках с ЧПУ является привязка заготовки к системе координат станка. Во время выполнения этого этапа оператором выполняется значительное количество операций, сопровождающихся необходимостью выполнения логических выводов в зависимости от геометрической формы заготовки и ее ориентации на рабочей плоскости станка. В [2] приведена структура системы ЧПУ, в которой нейросетевой модуль является структурным модулем подсистемы ручного управления и предназначен для:

- определения формы заготовки;
- определения размеров заготовки с заданной точностью;
- определения расположения и ориентирования заготовки на рабочем столе станка.

Введение в структуру системы ЧПУ нейросетевого модуля позволяет автоматизировать операцию привязки заготовки к системе координат станка, что повышает производительность операции и пред-

ставляет определенный научный и практический интерес.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Системы искусственного интеллекта представлены большим количеством научных публикаций в области экспертных систем, систем распознавания речи, видео-информации, систем формирования речевых сообщений и т.п. В соответствии с тематикой статьи представляют интерес работы, связанные со схемотехнической реализацией нейросетевых устройств. Например, в [3] рассматривается вариант системы ЧПУ, реализованной на обучаемой нейросети, используемой для автоматической интеллектуальной генерации управляющих программ ЧПУ на основе данных, полученных из CAD/CAM систем. В [4] рассматривается вариант реализации нейронного классификатора LIRA на программируемых логических схемах типа FPGA.

Для разработки сложных систем, каковыми являются нейросетевые системы, безусловный интерес представляют работы в области системного проектирования сложных систем, в частности, работы по функционально-структурному подходу [5, 6], а также публикации [7] и техническая документация [8, 9, 10, 11] по системам ЧПУ.

**Цель статьи.** Целью данной статьи является разработка на основе функционально-структурного подхода структуры нейросетевого модуля системы ЧПУ, позволяющего автоматизировать процесс привязки заготовки к системе координат станка.

## Изложение основного материала

В соответствии с функционально-структурным подходом [5, 6], структурная организация нейросетевого модуля системы должна соответствовать его функциональному назначению и условиям эксплуатации.

В предлагаемом нейросетевом модуле обработка информации может выполняться от двух типов устройств - контрольно-измерительного устройства или устройства технического зрения. В первом случае в качестве источника информации может использоваться механический щуп [12], во втором случае – видеокамера с заданными характеристиками.

На основе анализа функций технологического процесса привязки заготовки к системе координат станка [8, 9, 10, 11] сформируем дерево функций нейросетевого модуля системы ЧПУ.

### Уровень 0

F0 – функционирование нейросетевого модуля системы ЧПУ с целью выполнения привязки заготовки к системе координат станка.

### Функции уровня 1

F1 – функция информационного обмена с модулями системы ЧПУ.

F2 – функция управления структурными модулями, формирование данных для программирования нейронных полей.

F3 – функция обработки данных.

F4 – функция кодирования контрольно-измерительной информации для последующего распознавания.

F5 – функция распознавания геометрических образов по контрольно-измерительной информации.

F6 – функция определения геометрических параметров распознанных объектов.

F7 – функция кодирования видео информации для последующего распознавания.

F8 – функция распознавания видео образов.

### Функции уровня 2

F1.1 – функция приема управляющей информации.

F1.2 – функция приема данных для программирования нейронных полей.

F1.3 – функция передачи информации состояния.

F1.4 – функция передачи выходных данных с нейронных полей.

F1.5 – функция приема, дешифрации и анализа служебной информации.

F1.6 – функция формирования, шифрации и передачи служебной информации.

F2.1 – функция формирования управляющих сигналов.

F2.2 – функция приема информации состояния.

F2.3 – функция приема данных.

F2.4 – функция передачи данных.

F3.1 – функция кодирования передаваемых данных.

F3.2 – функция декодирования принимаемых данных.

F4.1 – функция приема, дешифрации и анализа управляющей информации.

F4.2 – функция управления контрольно-измерительным устройством.

F4.3 – функция приема данных от контрольно-измерительного устройства.

F4.4 – функция формирования и передачи информации состояния.

F4.5 – функция кодирования данных.

F4.6 – функция передачи данных.

F5.1 – функция определения геометрической формы заготовки.

F5.2 – функция приема, дешифрации и анализа управляющей информации.

F5.3 – функция приема данных от кодирующего устройства.

F5.4 – функция приема данных от устройства управления.

F5.5 – функция обучения нейронных полей.

F5.6 – функция формирования и передачи информации состояния.

F5.7 – функция формирования данных.

F5.8 – функция передачи данных.

F6.1 – функция определения размеров заготовки.

F6.2 – функция определения ориентации заготовки.

F6.3 – функция приема, дешифрации и анализа управляющей информации.

F6.4 – функция приема данных от сфер распознавания геометрических образов.

F6.5 – функция приема данных от устройства управления.

F6.6 – функция обучения нейронных полей.

F6.7 – функция формирования и передачи информации состояния.

F6.8 – функция формирования данных.

F6.9 – функция передачи данных.

F7.1 – функция приема, дешифрации и анализа управляющей информации.

F7.2 – функция управления подсистемой технического зрения.

F7.3 – функция приема данных от подсистемы технического зрения.

F7.4 – функция формирования и передачи информации состояния.

F7.5 – функция кодирования данных.

F7.6 – функция передачи данных.

F8.1 – функция определения геометрической формы заготовки.

F8.2 – функция приема, дешифрации и анализа управляющей информации.

F8.3 – функция приема данных от кодирующего устройства.

F8.4 – функция приема данных от устройства управления.

F8.5 – функция, осуществляющая обучение нейронных полей.

F8.6 – функция формирования и передачи информации состояния.

F8.7 – функция формирования данных.

F8.8 – функция передачи данных.

Для реализации функций уровня 1, предложенного дерева функций, нейросетевой модуль должен состоять из следующих структурных модулей и сфер (рис. 1):

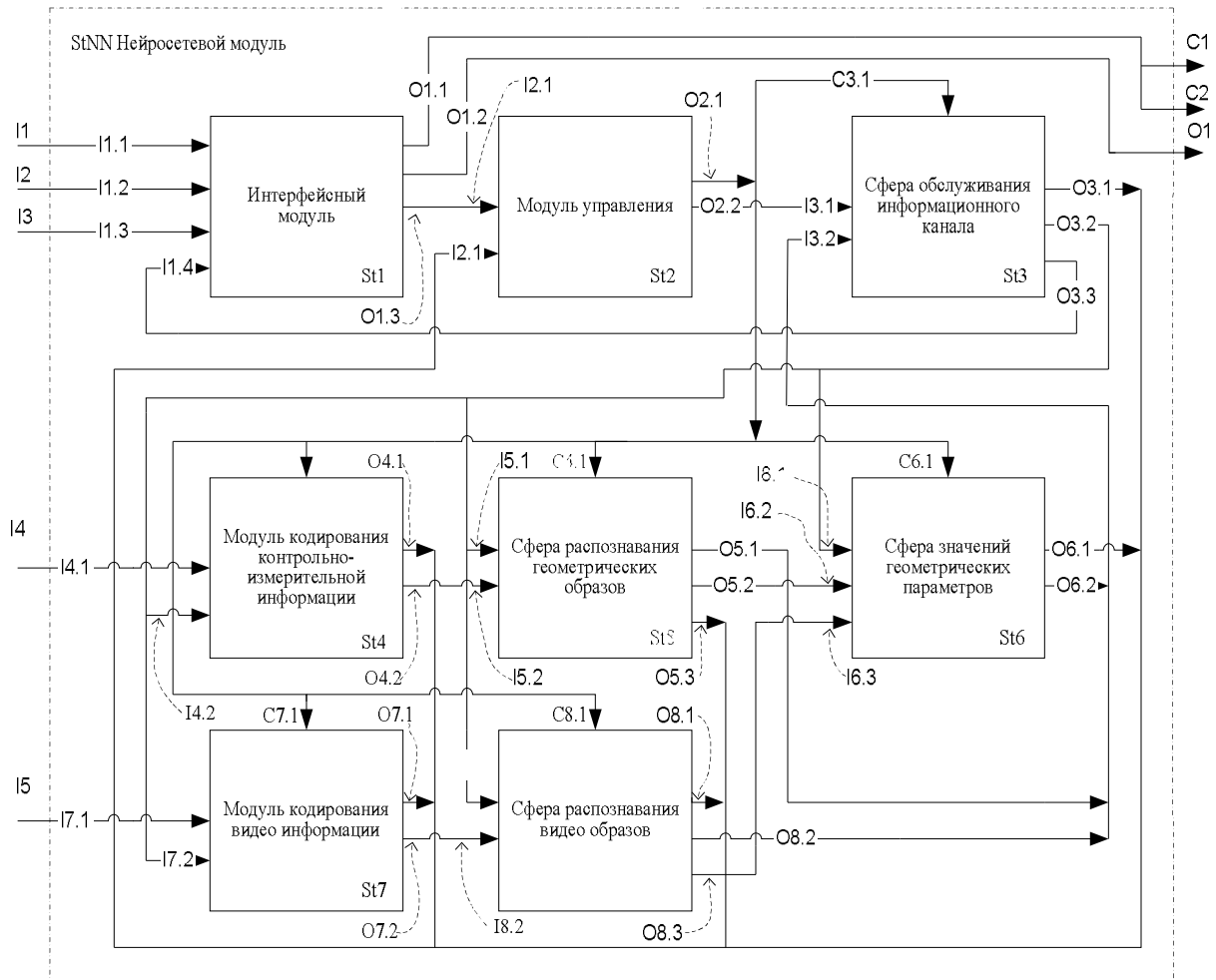


Рис. 1. Структурная схема нейросетевого модуля

– интерфейсного модуля St1, предназначенного для выполнения функций F1.1 – F1.6;

– модуля управления St2, предназначенного для выполнения функций F2.1 – F2.4;

– сферы обслуживания информационного канала St3, предназначенной для выполнения функций F3.1 – F3.2;

– модуля кодирования контрольно-измерительной информации St4, предназначенного для выполнения функций F4.1 – F4.6;

– сферы распознавания геометрических образов St5, предназначенной для выполнения функций F5.1 – F5.8;

– сферы значений геометрических параметров St6, предназначенной для выполнения функций F6.1 – F6.9;

– модуля кодирования видео информации St7, предназначенного для выполнения функций F7.1 – F7.6;

– сферы распознавания видео образов St8, предназначенной для выполнения функций F8.1 – F8.8.

На рис. 1 показаны внешние и внутренние информационные потоки нейросетевого модуля.

На нейросетевой модуль поступают следующие внешние входные потоки информации:

I1 – поток управляющей информации, поток входных данных для программирования нейронных полей;

I2 – поток информации состояния от контрольно-измерительного устройства;

I3 – поток информации состояния от подсистемы технического зрения;

I4 – поток данных от контрольно-измерительного устройства;

I5 – поток данных от подсистемы технического зрения.

Нейросетевой модуль формирует следующие внешние выходные потоки информации:

C1 – поток управляющей информации для контрольно-измерительного устройства;

C2 – поток управляющей информации для подсистемы технического зрения;

O1 – поток информации состояния, выходные данные с нейронных полей.

Между структурными подмодулями нейросетевого модуля имеют место внутренние потоки информации.

На интерфейсный модуль St1 поступают следующие входные потоки информации:

I1.1 – управляющая информация, входные данные для программирования нейронных полей;

I1.2 – информация состояния от контрольно-измерительного устройства;

I1.3 – информация состояния от подсистемы технического зрения;

I1.4 – информация состояния, данные о геометрических параметрах заготовки, выходные данные нейронных полей.

Интерфейсный модуль St1 формирует следующие выходные потоки информации:

O1.1 – управляющая информация для контрольно-измерительного устройства и подсистемы технического зрения;

O1.2 – информация состояния, выходные данные о геометрических параметрах заготовки, данные с выходов нейронных полей;

O1.3 – управляющая информация, данные для программирования нейронных полей.

На модуль управления St2 поступают следующие входные потоки информации:

I2.1 - поток информации состояния;

I2.2 - поток информации состояния структурных модулей.

Модуль управления St2 формирует следующие выходные потоки информации:

O2.1 – поток управляющей информации управления нейронными полями;

O2.2 - поток выходных данных для программирования нейронных полей.

На сферу обслуживания информационного канала St3 поступают следующие входные потоки информации:

C3.1 – поток управляющей информации;

I3.1 - поток данных от модуля управления для программирования нейронных полей;

I3.2 - поток данных от нейронных полей для преобразования и выдачи в информационный модуль.

Сфера обслуживания информационного канала St3 формирует следующие выходные потоки информации:

O3.1 – поток информации состояния;

O3.2 - поток выходных данных для программирования нейронных полей;

O3.3 - информация состояния, данные о геометрических параметрах заготовки, данные с выходов нейронных полей.

На модуль кодирования контрольно-измерительной информации St4 поступают следующие входные потоки информации:

C4.1 – поток управляющей информации;

I4.1 - поток информации от контрольно-измерительного устройства.

Модуль кодирования контрольно-измерительной информации St4 формирует следующие выходные потоки информации:

O4.1 - информация состояния модуля;

O4.2 - поток данных для сферы обработки результатов измерений.

На сферу обработки результатов измерений St5 поступают следующие входные потоки информации:

C5.1 – поток управляющей информации;

I5.1 - поток данных для программирования сферы обработки результатов измерений;

I5.2 - поток данных от модуля кодирования контрольно-измерительной информации.

Сфера распознавания геометрических образов St5 формирует следующие выходные потоки информации:

O5.1 - поток выходных данных;

O5.2 - поток данных для сферы цифровых значений;

O5.3 – поток информации состояния модуля.

На сферу значений геометрических параметров St6 поступают следующие входные потоки информации:

C6.1 – поток управляющей информации;

I6.1 - поток данных для программирования сферы цифровых значений;

I6.2 - поток данных от сферы обработки результатов измерений;

I6.3 - поток данных от сферы распознавания зрительных образов.

Сфера цифровых значений St6 формирует следующие выходные потоки информации:

O6.1 - поток информации состояния модуля;

O6.2 - поток выходных данных.

На модуль кодирования видео информации St7 поступают следующие входные потоки информации:

C7.1 – поток управляющей информации;

I7.1 - поток информации от подсистемы технического зрения.

Модуль кодирования видео информации St7 формирует следующие выходные потоки информации:

O7.1 - інформація стану модуля;  
O7.2 - потік даних для сфери розпізнавання зрительних образів.

На сферу розпізнавання зрительних образів St8 поступають наступні входні потоки інформації:

S8.1 – потік управляючої інформації;  
I8.1 - потік даних для програмування сфери розпізнавання зрительних образів;  
I8.2 - потік даних від модуля кодування відео інформації.

Сфера розпізнавання зрительних образів St8 формує наступні вихідні потоки інформації:

O8.1 - потік інформації стану модуля;  
O8.2 - потік вихідних даних;  
O8.3 – потік даних для сфери цифрових значень.

### Выводы

Представлена структура може бути реалізована як схемотехнічними, так і програмними способами. Очевидно, що розробка, налагодка, модернізація і супроводження програмного забезпечення, реалізуючого певну функцію, простіше і дешевше, ніж розробка, налагодка, модернізація і супроводження апаратного пристрою, реалізуючого таку ж функцію. Але апаратна реалізація певної функції підвищує швидкість системи, оскільки ресурс центрального процесора не відволікається на обробку програмної моделі відповідної функції.

Застосування нейросетевих технологій в системах ЧПУ не обмежується автоматизацією процесу прив'язки заготовки до системи координат станка. Вони успішно можуть бути застосовані для рішення широкого спектра завдань.

### ФУНКЦІЇ Й СТРУКТУРА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МОДУЛЯ СИСТЕМИ ЧПУ

В.М. Рудницький, М.В. Хрульов, В.Г. Бабенко

*Розглянуті питання синтезу структури нейромережевого модуля системи ЧПУ на основі функціонально-структурного підходу, запропонованого в роботах Є.П. Балашова. В результаті декомпозиції цільової функції нейромережевого модуля формується дерево функцій. Функції 1-го рівня визначають основні показники нейро-мережевого модуля системи ЧПУ, такі як продуктивність, надійність, функціональність і мають першочерговий вплив на структуру модуля. Додаткові функції 2-го рівня розширюють функціональність нейромережевого модуля. Наведено результати синтезу структури нейромережевого модуля системи ЧПУ на основі запропонованого дерева функцій. Визначені зв'язки та інформаційні потоки нейромережевого модуля.*

**Ключові слова:** дерево функцій, структура, функціонально-структурний підхід, система ЧПУ, штучний інтелект, нейромережі, нейроподібні структури.

### FUNCTIONS AND STRUCTURE OF THE CNC SYSTEM NEURAL NETWORK MODULE

V.N. Rudnitsky, N.V.Khrulov, V.G. Babenko

*Questions of forming of the structure of CNC system neural network module on the basis of the functional-structural approach proposed in the works of E.P. Balashov are considered. As a result of the target function of neural network module decomposition the functions tree is formed. The functions of the 1<sup>st</sup> level defines the basic parameters of CNC system's neural network module, such as performance, reliability, functionality and provide a primary influence on the structure of the module. Additional functions of the 2<sup>nd</sup> level enhance the functionality of neural network module. The results of the synthesis of the structure of the CNC system's neural network module on the basis of the suggested functions tree are produced. Communication and information flows of neural network module are defined.*

**Keywords:** functions tree, structure, functional-structural approach, the CNC system, artificial intelligence, neural networks, neural-like structure.

### Список литературы

1. Куссуль Э.М. Ассоциативные нейроподобные структуры / Э.М. Куссуль. – К.: Наукова думка, 1992. – 140 с.
2. Хрульов Н.В. Функции и структура системы ЧПУ / Н.В. Хрульов, В.И. Задорожний, С.Ю. Куницкая // Системи обробки інформації. – X.: ХУПС, 2011. – Вип. 8(98). – С. 140-146.
3. United States Patent US7,117,056B2 Balic, October 3, 2006. CNC control unit with learning ability for machining centers [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://patft.uspto.gov>.
4. Vega A. Digital implementation of LIRA Neural Classifier [Електронний ресурс] / A. Vega, T. Baidyk, E. Kussul, J.L. Pérez Silva // Proc. of 1<sup>st</sup> int. congress on instrumentation and applied sciences, October 2010 – Режим доступу : [http://somi.ccadet.unam.mx/icias2010/memorias/31-VA\\_memoria.pdf](http://somi.ccadet.unam.mx/icias2010/memorias/31-VA_memoria.pdf).
5. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем / Е.П. Балашов. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с.
6. Балашов Е.П. Микро и мини-ЭВМ / Е.П. Балашов, В.Л. Григорьев, Г.А. Петров. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1984. – 376 с.
7. Сосонкин В.Л. Системы числового программного управления / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. – М.: Логос, 2005. – 296 с.
8. Устройство числового программного управления NC-200, NC-210, NC-220, NC-230 Руководство оператора Балт-Систем Санкт-Петербург, 2008.
9. FANUC Series oi-TC Operator's manual B-64114EN/01
10. Устройство ЧПУ 2C42-65 Руководство оператора 2.5748275.000001-03 34 01
11. SIEMENS SINUMERIK 810D manualturn Руководство оператора Издание 06.97
12. High performance 5-axis measurement [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.renishaw.com/media/pdf/en/f1c70d7c221147c3bb8630708a37fa42.pdf>.

Поступила в редколлегию 23.01.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.