

Елисеев В.Л.

**ПАКЕТ NNACS ДЛЯ РЕШЕНИЯ УЧЕБНЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ
НЕЙРОСЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Елисеев Владимир Леонидович

vlad-eliseev@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, г.Москва

**NNACS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND RESEARCH OF NEURAL
NETWORKS IN CONTROL SYSTEMS**

Eliseev Vladimir Leonidovich

National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Russia, Moscow

***Аннотация.** Сформулирована потребность в разработке программного пакета для обучения нейросетевым подходам в системах автоматического управления. Отмечены специфические требования к подобным программам. Представлен оригинальный программный пакет для учебных и научно-исследовательских целей, доступный в исходных текстах. Перечислены его возможности и приведены примеры использования.*

***Abstract.** A need of educational software development for neural networks application in control systems is posed. Specific requirements for such software are highlighted. Original open source software package for educational and research tasks is introduced. Its capabilities and examples of use are presented.*

***Ключевые слова:** нейронные сети, системы управления, учебная программа.*

***Keywords:** neural network, control system, educational software, open source.*

Логика развития человечества ставит перед ним всё более сложные задачи, связанные с управлением. Во многом это обусловлено извечным желанием снизить риск и обеспечить больший комфорт собственному существованию, противопоставив предсказуемость творений человеческих рук хаосу природы. Управление подразумевает контроль над поведением и его соответствие заданным целям. Расширение сфер, которые человек желает контролировать, приводит к совершенствованию соответствующих методов. В технических системах эта тенденция привела в своё время к появлению теории автоматического управления и, в дальнейшем, к развитию подходов, использовавших нейрофизиологические аналогии. Одним из таких подходов, успешно зарекомендовавших себя в разнообразных областях применения, является концепция искусственных нейронных сетей.

Будучи неотъемлемой частью широкого спектра методов интеллектуальной обработки данных, искусственные нейронные сети закономерно входят в программы обучения инженеров самых разных специальностей. Поскольку в инженерных применениях нейронные сети являются инструментом, причем, достаточно сложным с многих точек зрения, соответствующие учебные курсы, как правило, включают в себя не только теоретическую, но и практическую составляющую. При рассмотрении задачи подготовки

лабораторного практикума по искусственным нейронным сетям неизбежно встает вопрос о выборе подходящего программного обеспечения.

Предварительный обзор демонстрирует широкий набор программ, многие из которых доступны бесплатно и даже в исходных текстах [1]. Однако более пристальное рассмотрение показывает, что подавляющее большинство программ ориентировано либо на исследование структур и алгоритмов обучения нейронных сетей, либо на решение нескольких типовых задач. Специфика применения нейронных сетей в системах автоматического управления не отражена в функционале большинства программных продуктов. Единственным показательным исключением является MATLAB, представляющий собой универсальную среду для исследований с широким использованием собственного языка программирования.

Искусственные нейронные сети в технических ВУЗах изучаются либо в рамках общего курса, посвященного интеллектуальным методам анализа и обработки данных, либо в специальном курсе по нейронным сетям в различных аспектах их применения. Объем материала специального курса позволяет студентам ознакомиться не только с основными нейросетевыми парадигмами, распространенными прикладными задачами, подходами и алгоритмами обучения, но и укрепить полученные знания на лабораторных занятиях. Практические упражнения необходимы, поскольку не существует стройной и законченной теории искусственных нейронных сетей и многие их свойства могут быть изучены только в режиме компьютерного моделирования. Это значительно отличается от ситуации, например, с классической теорией автоматического управления, когда абсолютно все свойства систем выводятся аналитически и компьютерное моделирование, по сути, лишь подтверждает произведенный расчет.

Программные средства, применяемые во время лабораторных работ курсу нейронных сетей, должны быть достаточно простыми, чтобы студенты смогли реализовать учебную задачу за отведенное время. Однако наиболее важные для понимания сути применяемых методов моменты должны найти отражение в интерфейсе человеко-машинного взаимодействия. К таковым относятся выбор архитектуры нейронной сети, обучающих данных и параметров алгоритма обучения.

Как уже отмечалось, единственным функционально удовлетворительным вариантом программного пакета, который можно использовать в качестве среды для лабораторных работ по нейросетевым методам автоматического управления, является MATLAB. Рассмотрим особенности реализации нейросетевых систем управления в данном пакете программ на одном из встроенных примеров – модели системы управления химическим реактором идеального перемешивания (continuous flow stirred-tank reactor) с нейросетевым предсказанием. Модель вызывается командой `predcstr`, после чего пользователь видит главное окно со схемой системы управления (рис.1).

Исследование интерфейса позволяет ознакомиться с множеством сложно устроенных диалоговых окон как универсального назначения, так и разработанных для конкретного прикладного примера. Собственно логика реализации заложена в Simulink-модели объекта и в программном коде, отвечающем за обучение и моделирование замкнутого контура. Несмотря на то, что программой легко пользоваться даже не прочитав справку, остается непонятным, какие данные и как были использованы для обучения нейросети, что влияет на процесс её обучения и обеспечивает успешное применение в замкнутом контуре?

Фактически, лабораторную работу по такой программе можно сделать «вслепую», так ни в чем не разобравшись. Очевидно, для учебных целей описанный модуль не подходит.

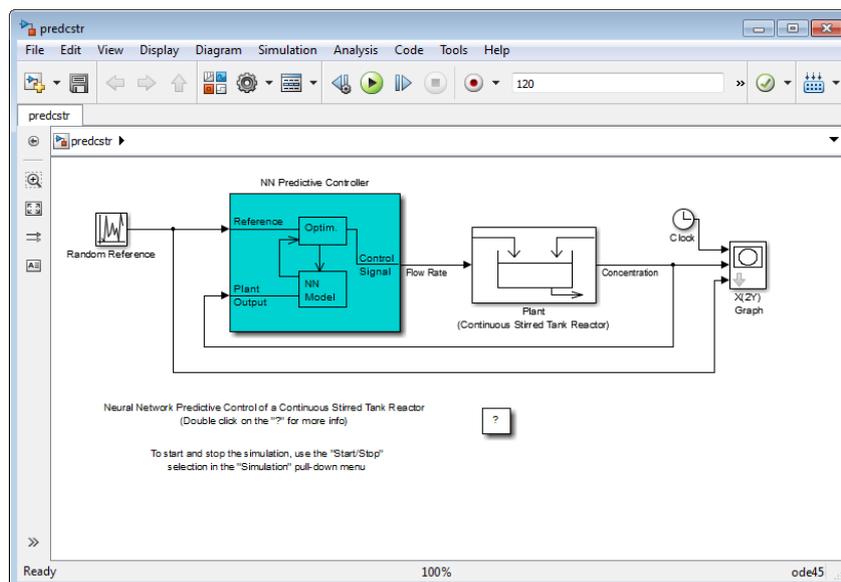


Рис.1: Главное окно модели нейросетевой системы управления химическим реактором.

MATLAB безусловно можно использовать для разработки в его среде подходящего под учебные нужды комплекса программ, однако это потребует определенных усилий в программировании и сопряжении различных модулей. Учитывая то, что MATLAB является платным и очень дорогим программным продуктом, а также его громоздкость и ресурсоемкость, было признано целесообразным разработать «с нуля» пакет программ, решающих необходимые задачи учебного и научно-исследовательского свойства.

Пакет моделирования и обучения нейросетевых систем управления NNACS (Neural network applications for control systems) разработан для выполнения учебных и несложных научно-исследовательских задач по синтезу и исследованию систем управления с применением нейросетевых алгоритмов. Пакет имеет модульную архитектуру, основанную на разделении вычислительных функций и пользовательского интерфейса. Вычислительные функции реализованы в ряде программ на языке C++, а пользовательский интерфейс сделан на скриптовом языке Tcl с использованием графической библиотеки Tk. Данный подход обеспечивает эффективность использования компьютерных ресурсов, а также позволяет легко адаптировать программный пакет к различным операционным системам. В частности, будучи разработанным на ОС Linux [2], пакет был успешно перенесен на ОС Windows.

При разработке пакета особое внимание уделялось тому, чтобы все этапы работы с нейросетями были представлены отдельными четко разделяемыми модулями, связанными файлами описаний нейросетей, других элементов контура управления и данных. Это свойство вынуждает студентов добиваться результата через осознание своих действий.

Пакет обладает функциями моделирования как традиционных, так и нейросетевых систем управления, имеет модули для обучения нейросетей в и вне контура управления, а также обеспечивает необходимые сервисные функции: графическую визуализацию, сохранение скриншотов окон и интерактивное редактирование параметров, архитектуры нейросетей и наборов данных, в том числе, в процессе обучения и моделирования. Хранение

рабочих файлов пакета адаптировано к учебному процессу и организовано в иерархической системе каталогов по студентам и внутри – по сеансам моделирования.

Имеется широкий спектр возможностей по моделированию различных систем управления. В частности, поддерживаются:

- Произвольные линейные звенья для моделирования объекта, регулятора и формирующих фильтров уставки и помехи.
- Представление линейных объектов в виде передаточных функций и в пространстве состояний.
- Односвязные и многосвязные системы.
- Нестационарные объекты.
- Стохастические системы управления.
- Обнаружение разладки в контуре управления с помощью алгоритма кумулятивных сумм.
- Произвольные нелинейные функции через механизм плагинов.

На базе пакета разработан учебно-методический комплекс [4]. Возможности пакета позволяют его использовать не только для учебных, но также и для научно-исследовательских задач, что подтверждается рядом публикаций [3][5]. Модульная архитектура пакета позволяет расширять его функциональность, что также может использоваться как тема для конструкторских проектов студентов и аспирантов. В частности, с момента первой публикации [2] в пакете появились функции моделирования многосвязных систем, представление линейных объектов в пространстве состояний и расширены возможности нейросетевого регулятора. Исходные тексты пакета программ доступны для скачивания, изучения и применения в учебе и исследованиях [6].

Пример сеанса моделирования в пакете NNACS приведен на рис.2. Пример сеанса обучения оптимального нейросетевого регулятора в контуре управления приведен на рис.3.

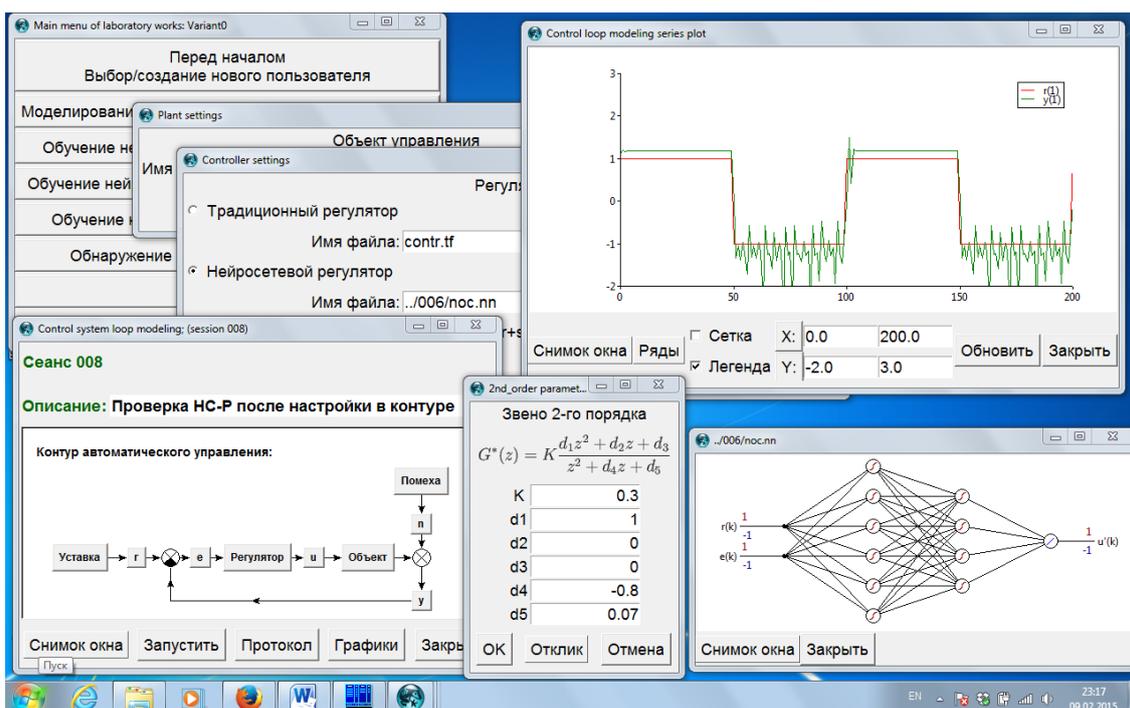


Рис.2: Пример сеанса моделирования нейросетевой системы управления.

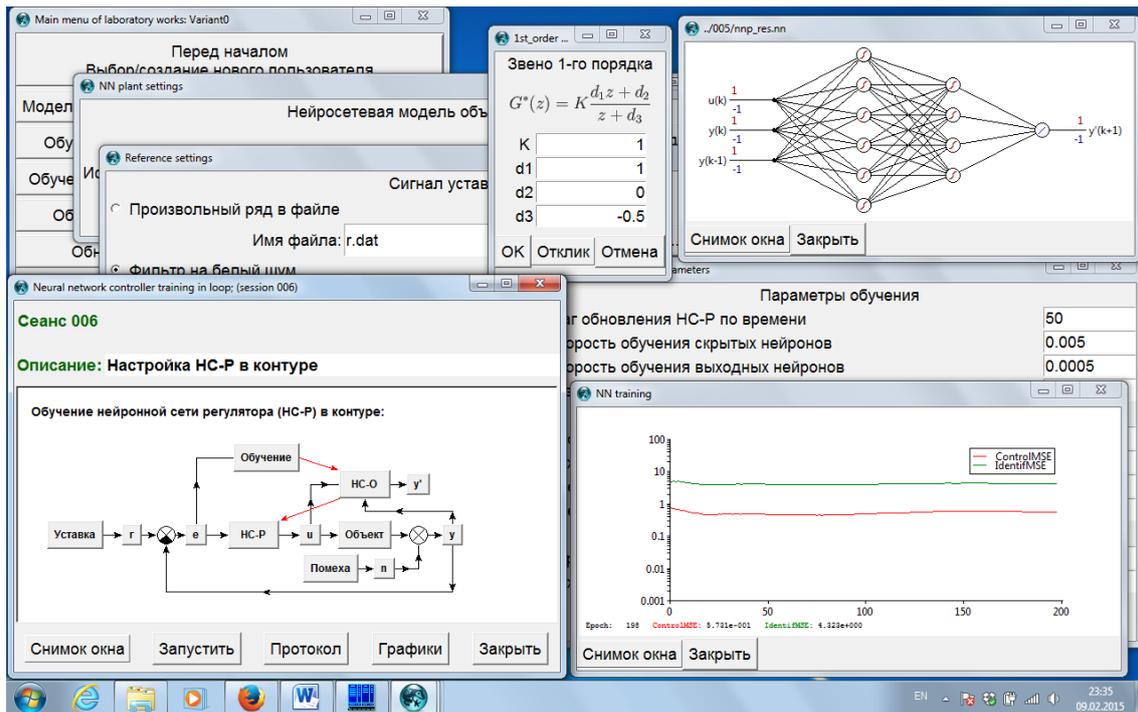


Рис.3: Пример сеанса обучения нейросетевого регулятора в контуре управления.

Список литературы

1. Comparison of Neural Network Simulators [Электронный ресурс] URL: https://grey.colorado.edu/emergent/index.php/Comparison_of_Neural_Network_Simulator (дата обращения: 15.02.2015).
2. Елисеев В. Л., Филаретов Г. Ф. Программный пакет для моделирования и обучения методам нейросетевого управления // Открытое образование. 2011. № 2(86), Ч.2. С. 98–101.
3. Елисеев В. Л. Нейросетевой аналог ПИД регулятора при управлении нелинейным объектом // Труды XVI всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов “Новые информационные технологии в научных исследованиях”. Рязань: 2011. С. 199–201.
4. Елисеев В. Л., Филаретов Г. Ф. Учебно-методический комплекс по курсу «Нейрокомпьютеры и их применение» // Труды XXI международной конференции “Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе”. Ялта-Гурзуф: 2013.—май, С. 141–143.
5. Елисеев В. Л., Моисеенков М. А. Сравнение ПИ и нейросетевого регуляторов при исследовании параметрической устойчивости контура управления с линейным объектом // Труды XXII международного научно-практического семинара “Современные технологии в задачах управления, автоматике и обработки информации”. Алушта: 2013.—сентябрь. С. 115–116.
6. NNACS // GitHub.com [Электронный ресурс] URL: <https://github.com/evlad/mnacs> (дата обращения: 09.02.2015).