



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Московский Энергетический Институт

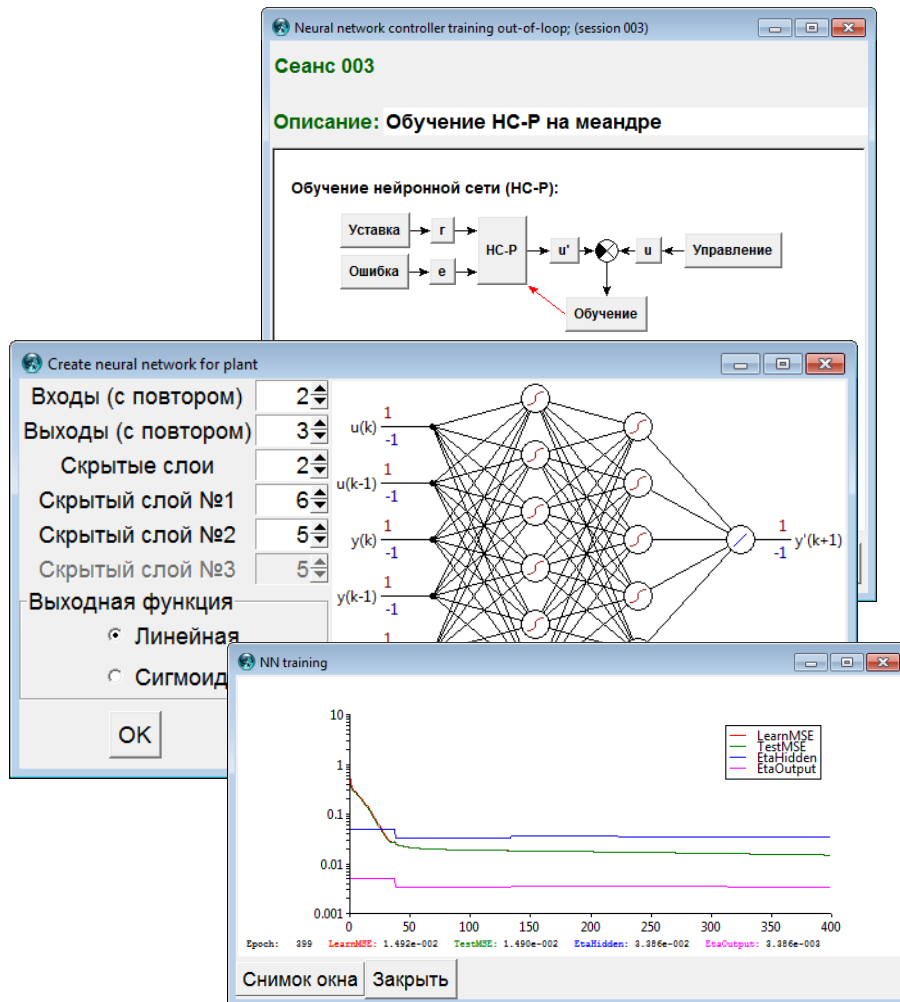
Расширяемый учебный и исследовательский программный пакет NNACS

Доцент, к.т.н. Елисеев В.Л.,
Проф., д.т.н. Филаретов Г.Ф.

АВТИ, кафедра «Управления и информатики»

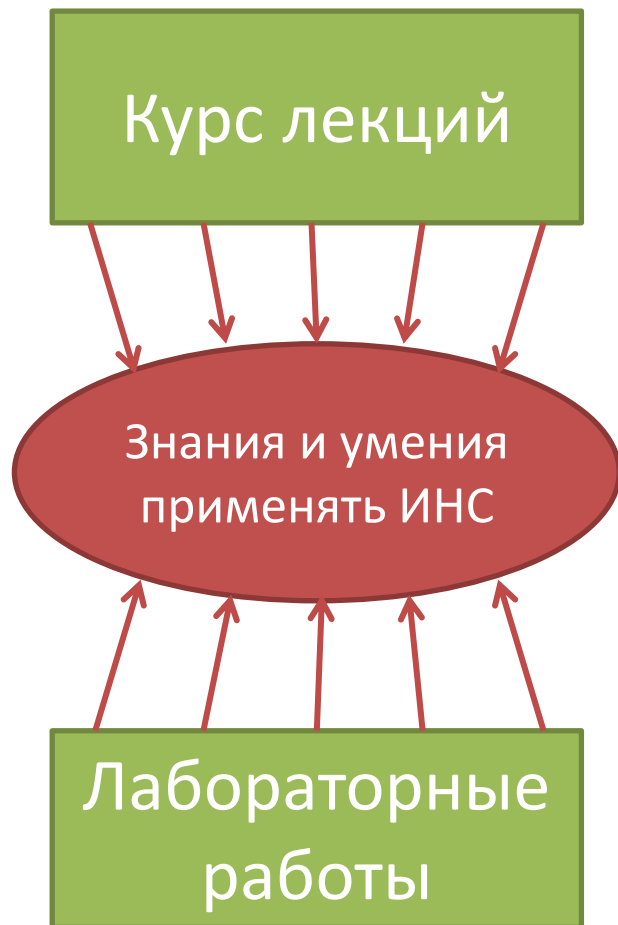
Москва, 2016

Важность изучения нейросетей в современном инженерном ВУЗе



- Биологическая аналогия
- Универсальный непараметрический подход
- Динамичное развитие в течение 30 лет
- Успешное применение в широком спектре прикладных задач

Специфика изучения искусственных нейросетей в техническом ВУЗе



- Курс лекций по ИНС:
 - Что это такое?
 - Как обучать?
 - Где применять?
 - Какие проблемы бывают?
- Лабораторные работы по ИНС:
 - Как выбрать?
 - Что получится?
 - Как решать проблемы?

Нейросети и системы управления

Типовые функции программ для моделирование и синтеза систем управления

- Моделирование
- Синтез
- Фильтрация
- Оптимизация
- Адаптация
- Стохастические сигналы
- Многосвязные системы
- Нечеткие регуляторы
- **Нейросети?**

Типовые функции программ для моделирования и обучения нейросетей

- Аппроксимация
- Классификация
- Кластеризация
- Предсказание врем. рядов
- Распознавание
- Фильтрация
- Оптимизация
- Специальные задачи
- **Управление?**

Нейросети и системы управления

Типовые функции программ для моделирование и синтеза систем управления

- Моделирование
- Синтез
- Фильтрация
- Оптимизация
- Адаптация
- Стохастические сигналы
- Многосвязные системы
- Нечеткие регуляторы
- **Нейросети?**

Типовые функции программ для моделирования и обучения нейросетей

- Аппроксимация
- Классификация
- Кластеризация
- Предсказание врем. рядов
- Распознавание
- Фильтрация
- Оптимизация
- Специальные задачи
- **Управление?**

MATLAB + Simulink + nntool + m-Editor?

Требования к программному пакету

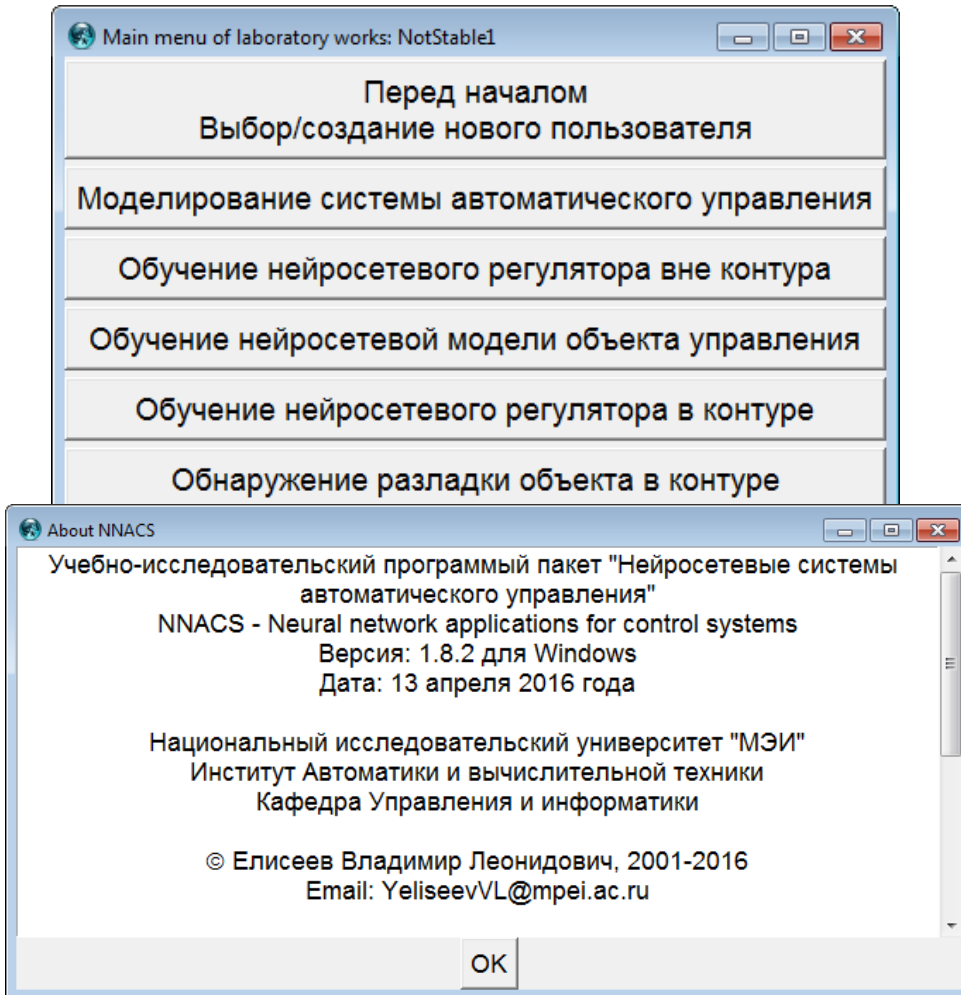
Основные функции и назначение пакета:

- Нейронные сети
- Системы управления
- Единая среда синтеза и моделирования
- Ориентация на учебный процесс
- Возможность проведения исследований

Нефункциональные требования:

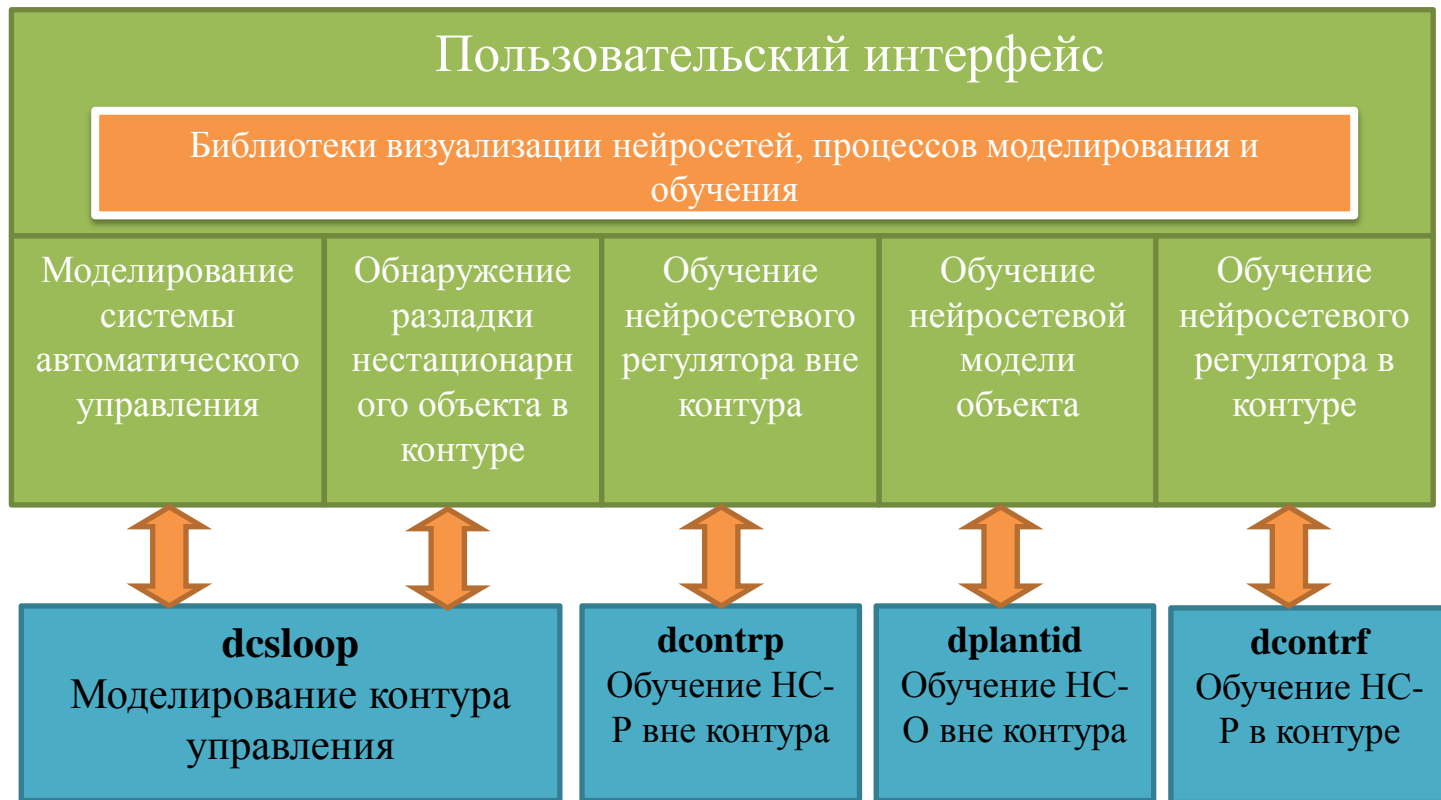
- Скромные ресурсы
- Платформы Windows XP/7/8, Linux
- Удобный GUI
- Модульность
- Расширяемость
- Простота
- Бесплатность
- Открытый исходный код

NNACS – Neural Networks Applications for Control Systems

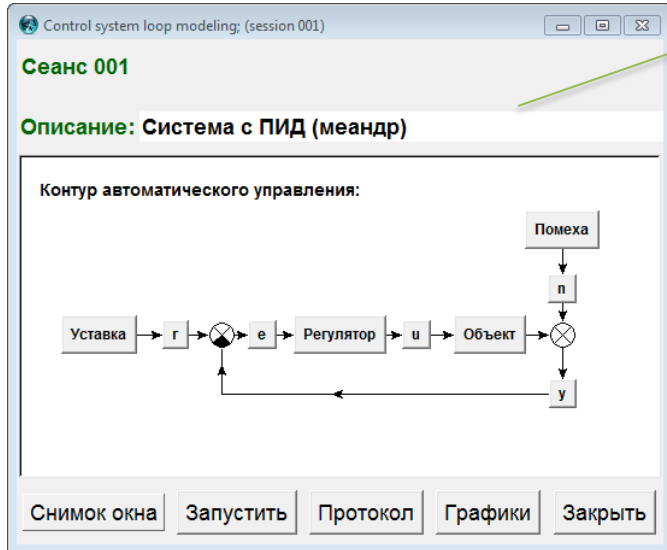


- Linux
- Windows XP/7/8
- POSIX API, C++, Tcl/Tk
- Plain text files:
 - .nn
 - .dat
 - .par
 - .tf .cof .ssm
- <https://github.com/e Vlad/nacs>

Модульная архитектура пакета NNACS

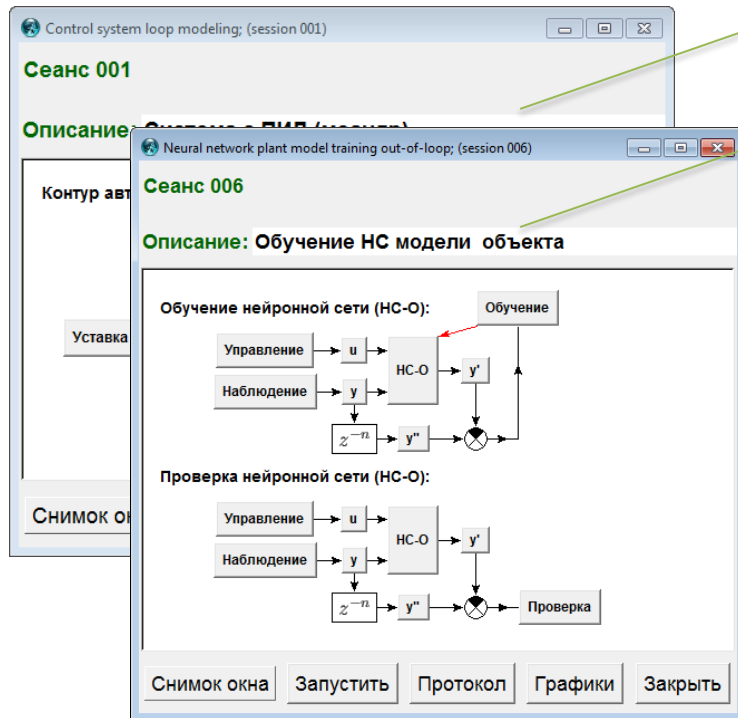


Основные сценарии использования функций пакета



Моделирование системы управления

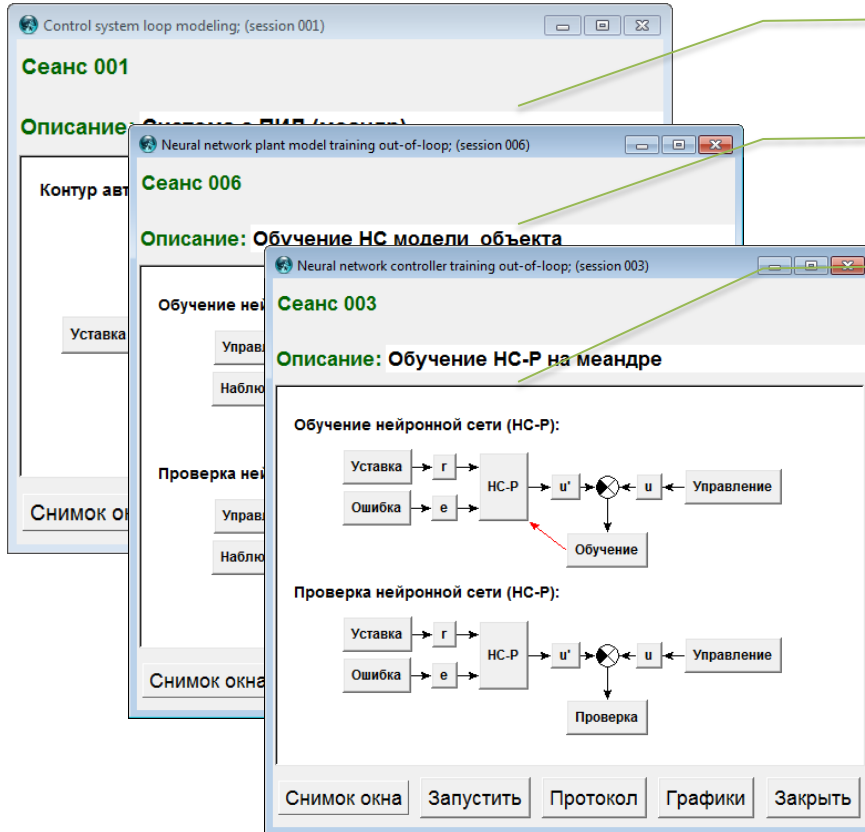
Основные сценарии использования функций пакета



Моделирование системы управления

Обучение нейросетевой модели ОУ

Основные сценарии использования функций пакета



Моделирование системы управления

Обучение нейросетевой модели ОУ

Обучение нейросетевого регулятора
вне контура управления

Основные сценарии использования функций пакета

Control system loop modeling; (session 001)
Сеанс 001
Описание: Моделирование системы управления

Neural network plant model training out-of-loop; (session 006)
Сеанс 006
Описание: Обучение нейросетевой модели ОУ

Neural network controller training out-of-loop; (session 003)
Сеанс 003
Описание: Обучение нейросетевого регулятора вне контура управления

Neural network controller training in loop; (session 007)
Сеанс 007
Описание: Обучение нейросетевого регулятора в контуре управления

Обучение нейронной сети регулятора (НС-Р) в контуре:

Уставка → r → e → НС-Р → u → Объект → y' → y

Помеха → n

Обучение

НС-О → y'

Снимок окна Запустить Протокол Графики Закрыть

Основные сценарии использования функций пакета

The image displays a software interface with five overlapping windows, each representing a different scenario for using the package's functions. The windows are:

- Сеанс 001:** Control system loop modeling; (session 001). Description: Моделирование системы управления.
- Сеанс 006:** Neural network plant model training out-of-loop; (session 006). Description: Обучение нейросетевой модели ОУ.
- Сеанс 003:** Neural network controller training out-of-loop; (session 003). Description: Обучение нейросетевого регулятора вне контура управления.
- Сеанс 007:** Neural network controller training in loop; (session 007). Description: Обучение нейросетевого регулятора в контуре управления.
- Сеанс 008:** Plant disorder detection modeling; (session 008). Description: Обнаружение разладки в контуре с помощью нейросетевой модели.

The bottom window, titled "Контур автоматического управления:", contains a block diagram of a control loop. The diagram shows the following components and their interconnections:

- Уставка** (Setpoint) r enters a summing junction.
- Помеха** (Disturbance) n enters another summing junction.
- The output of the first summing junction is the error signal e .
- e is processed by the **Регулятор** (Controller) to produce the control signal u .
- u enters a third summing junction.
- The output of the third summing junction is the control signal p .
- p is processed by the **Модель** (Plant Model) to produce the output y .
- y is fed back to the second summing junction.
- y is also fed back to the first summing junction.
- The output y is processed by the **АКС** (Control Action) block to produce the final output ip .

Buttons at the bottom of the interface include: Снимок окна, Запустить, Протокол, Графики, and Закрыть.

Сервисные диалоговые окна пакета

Combined function

Выбор	Имя	Тип	Параметры	От	До
<input type="checkbox"/>	Function1	Звено 1-го порядка	K=0.7 d1=1 d2=0.1 d3=-0.63	0	150
<input type="checkbox"/>	Function2	Звено 2-го порядка	K=3.5 d1=0.1 d2=0 d3=0.3 d4=0.4 d5=0.8	151	-1

1st_order p...

Звено 1-го порядка

$$G^*(z) = K \frac{d_1 z + d_2}{z + d_3}$$

K: 3.4
d1: 1
d2: 0
d3: -1.5

Create neural network for controller

Входы (с повтором): 3
Выходы (с повтором): 0
Скрытые слои: 2
Скрытый слой №1: 6
Скрытый слой №2: 5

Offline NN training parameters

Параметры обучения

Скорость обучения скрытых нейронов: 0.05
Скорость обучения выходных нейронов: 0.005
Коэффициент инерции обучения (моментум): 0.0

Параметры останова

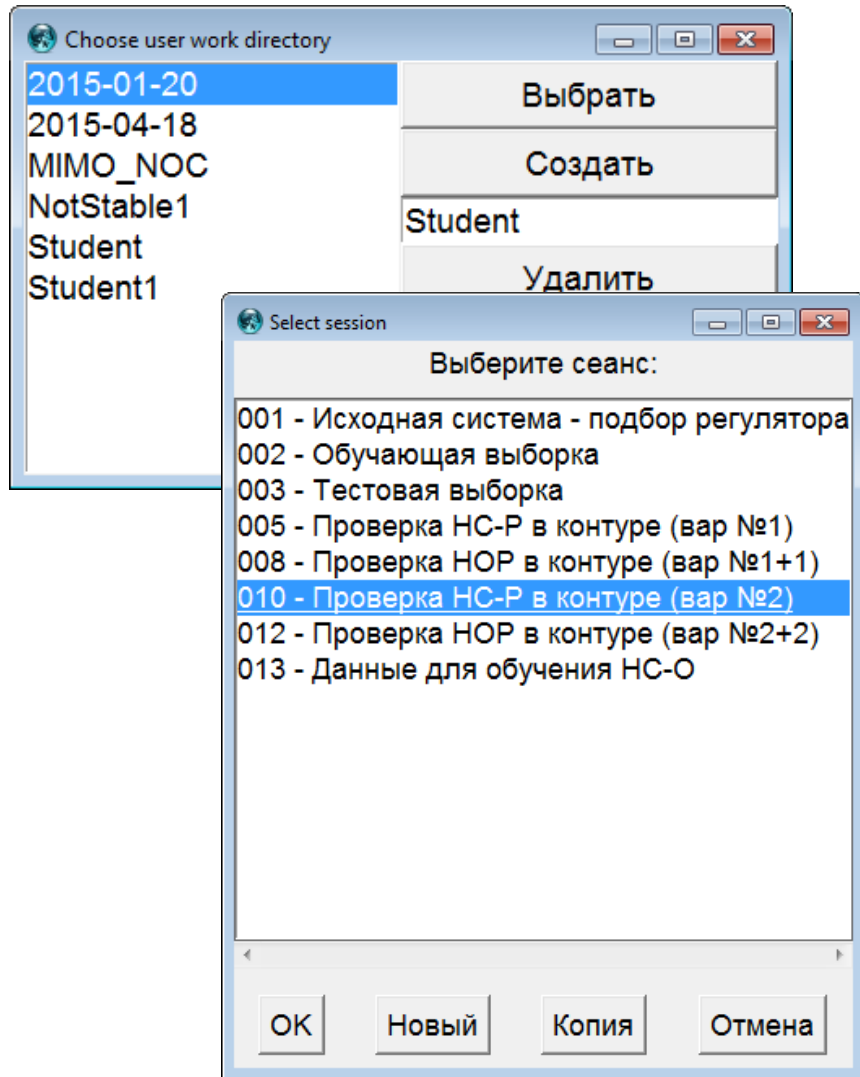
Нижняя граница ошибки на тестовой выборке: 0.001
Нижняя граница изменения ошибки на тестовой выборке:
Предельное количество эпох с ростом тестовой ошибки: 50
Предельное количество эпох обучения: 500

Параметры визуализации

Верхняя граница оси ошибок: 10
Нижняя граница оси ошибок: 0.01

Снимок окна Ряды Сетка X: 0.0 250.0 Легенда Y: -5.0 5.0 Обнов

Структура хранения данных

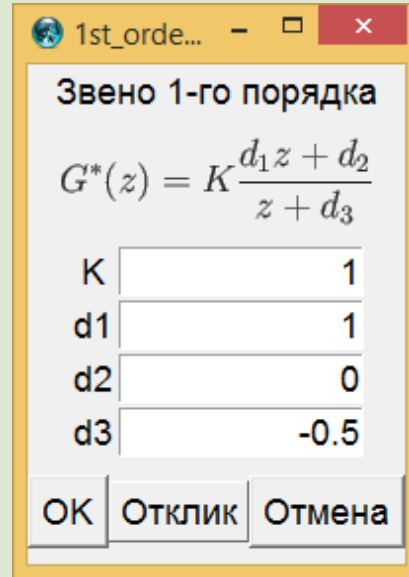


Файловая иерархия:

- Корневой каталог
 - Обычно **labworks**
 - Рабочий каталог студента
 - *Имя* – вводится один раз
 - Рабочий сеанс
 - *Номер* – инкрементируется
- ✓ Все рабочие файлы хранятся в каталоге сеанса.
- ✓ Легко копировать, переносить, изменять.

Расширение функций: специализация линейных объектов

```
;NeuCon transfer 1.0  
[TransferFunction]  
;idname: 1st_order  
;type: TransferFunction  
;label: Звено 1-го порядка  
;key_pos: K 0 d1 0 d2 1 d3 4  
;formula: K*(d1*z+d2)/(z+d3)  
product 2  
polyfrac 0  
1 / 1 ;K  
polyfrac 0  
1 0 / 1 -0.5 ; d1 d2 d3
```



- ✓ Задание произвольных передаточных функций в операторной форме (z-преобразование) в виде сумм и произведений дробно-рациональных компонентов.
- ✓ Коэффициенты полиномов могут быть как фиксированными, так и задаваемые пользователем.
- ✓ Каждому типу звена можно ассоциировать свою картинку.

Расширение функций: специализация линейных объектов

```

;NeuCon transfer 1.0
[TransferFunction]
;idname: 1st_order
;ty
;la
;ke
;fo
pro
pol
1 /
pol
1 0
        
```

The screenshot shows a software interface for defining transfer functions. On the left, a green box contains MATLAB-style code for defining a transfer function object. Overlaid on this are three windows:

- pid_kkk parameters**: A dialog box titled "ПИД регулятор (Kp Ki Kd)". It displays the transfer function:

$$C_{PID}^*(z) = K_p + K_i \frac{z}{z-1} + K_d \frac{z^2 - 2z + 1}{z^2 - z}$$
 and input fields for Kp (5.0), Ki (0.3), and Kd (0.0).
- pid_ktt parameters**: A dialog box titled "ПИД регулятор (Kp Ti Td)". It displays the transfer function:

$$C_{PID}^*(z) = K_p \left(1 + \frac{z}{T_i(z-1)} + \frac{z^2 - 2z + 1}{T_d(z^2 - z)} \right)$$
 and input fields for Kp (1.0), Ti (3.0), and Td (0.5).
- 1st_order...**: A window titled "Звено 1-го порядка" showing a general first-order transfer function:

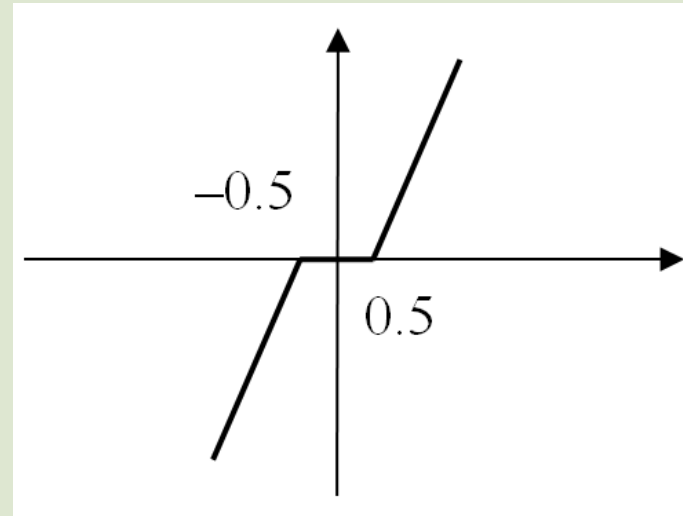
$$\frac{d_1 z + d_2}{z + d_3}$$
 with a table of coefficients:

	1
	1
	0

- ✓ Задание произвольных передаточных функций (с помощью преобразования) в виде суммы компонентов.
- ✓ Коэффициенты полиномов могут задаваться пользователем.
- ✓ Каждому типу звена можно ассоциировать свою картинку.

Расширение функций: разработка произвольных функций в плагинах

```
[CustomFunction Function2]
;           .so/.dll depending the OS
file deadzone
;HalfWidth Gain
options 0.5 2
;Initial vector (deadzone is stateless)
Initial
```



- ✓ Линейные и нелинейные функции легко комбинируются.
- ✓ Простой интерфейс разработки новых функций в отдельной DLL

Библиотека поставляемых плагинов:

- Стандартные нелинейности
- Модель бассейна со стоком и притоком
- Модель химического реактора идеального перемешивания

Заключение

- Пакет NNACS удобен для использования в учебном процессе.
- Обеспечивает моделирование, анализ и синтез нейросетевых систем управления, а также их сопоставление с традиционными подходами.
- В течение 4-х лет пакет используется для обучения и научно-исследовательской работы студентов. Темы магистерских работ:
 - Нейросетевое управление неустойчивым объектом
 - Нейросетевое управление многомерным объектом
- Пакет обеспечивает простую и гибкую настройку на широкий спектр задач.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Московский Энергетический Институт

Спасибо за внимание!

Елисеев В.Л. E-mail: vlad-eliseev@mail.ru

Филаретов Г.Ф. E-mail: gefefi@yandex.ru