

# ***Суперкомпютърни симуляционни изследвания на човешкия мозък с NEST Simulator***

*Проф. Петя Копринкова-Христова*

*Институт по Информационни и Комуникационни Технологии,  
Българска Академия на Науките*

# NEST Simulator

## Какво е NEST Simulator?

Библиотека за симулиране на spike timing невронни модели, създадена през 1994 с името SYNOD, която се развива постоянно.

## NEST предлага:

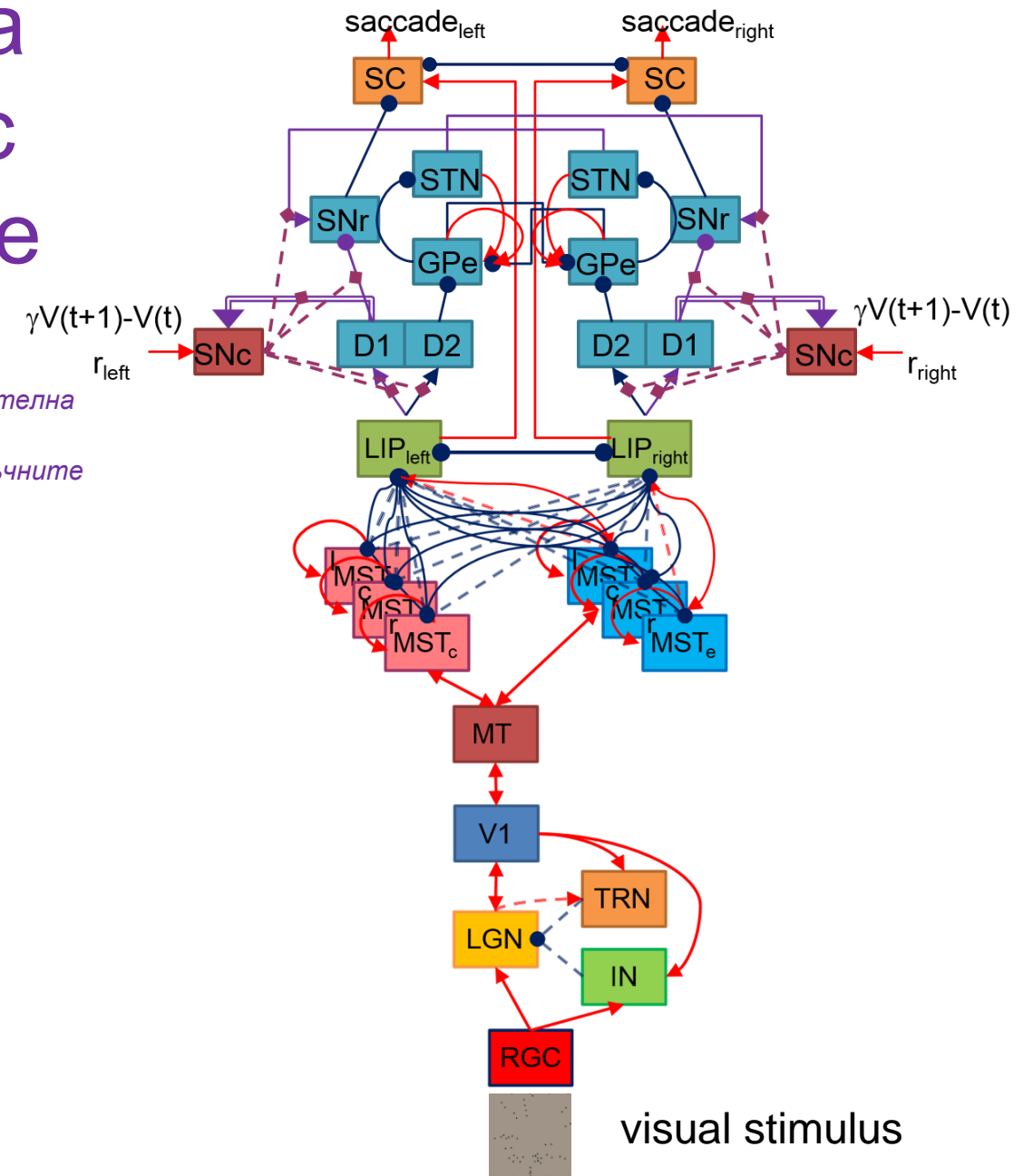
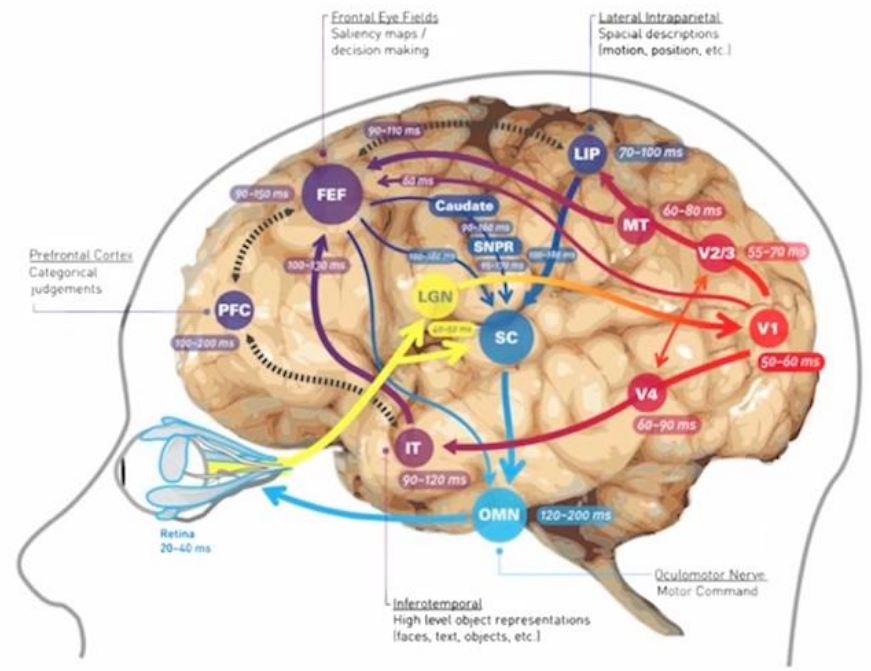
- ✓ Отворен код, изискващ наличието само на компилатор на C++
- ✓ Повече от 50 модела на неврони
- ✓ Повече от 10 модела на синапси, включително пластични
- ✓ Възможност за дефиниране на големи структури от неврони и връзките между тях
- ✓ Възможност за промяна на параметрите на моделите и за наблюдение по време на симулация
- ✓ Ефективно използване на многоядрени компютърни системи, от лаптоп до суперкомпютър.

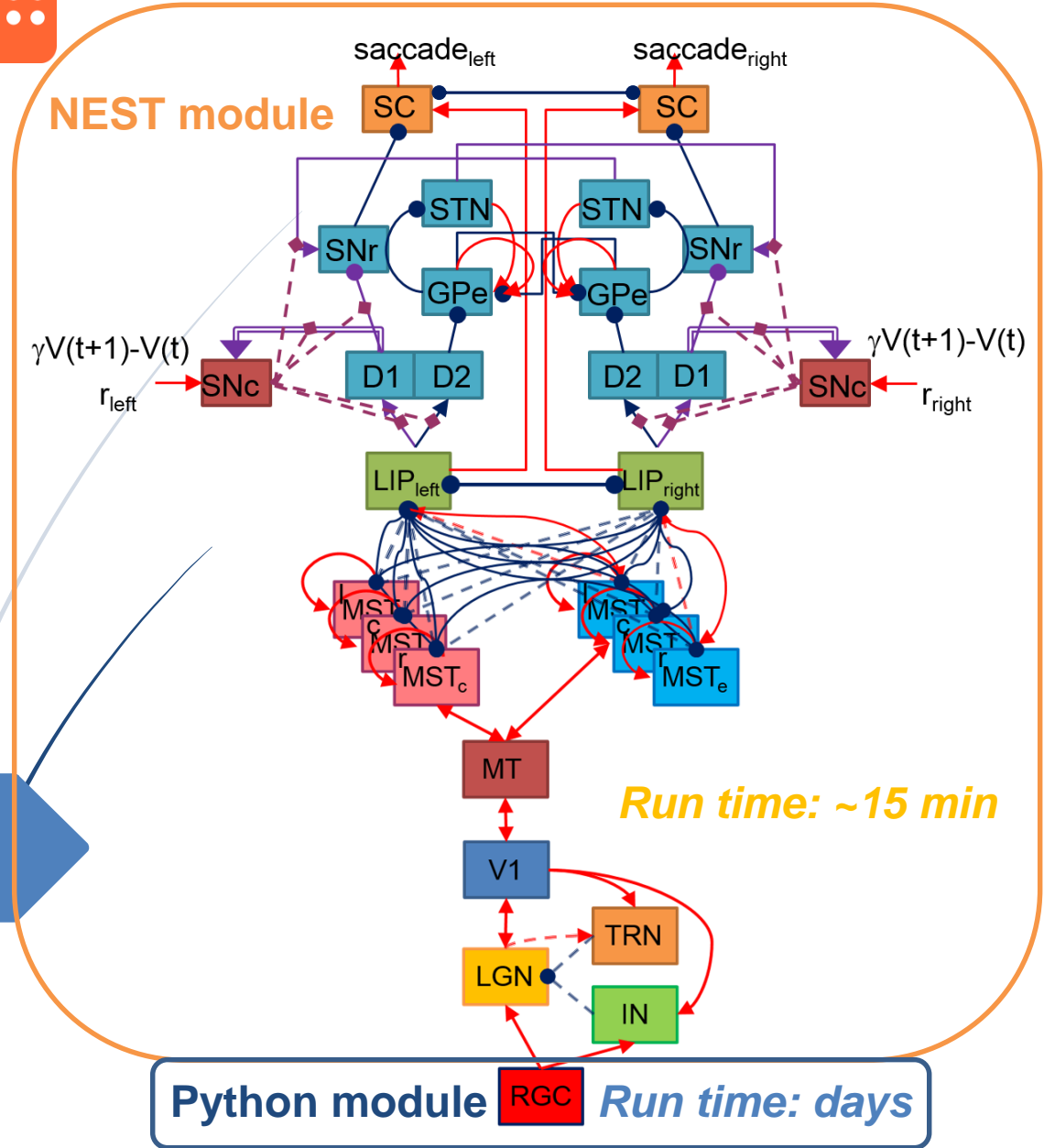
# Проекти в ИИКТ, използващи NEST Simulator и Авитохол

- Моделиране на волевите сакадични движения на очите, ФНИ, 2016-2020
- Моделиране на етапите на когнитивна преработка и осъзнаване на зрителна информация, ФНИ, 2021-2024
- Суперкомпютърни симулационни изследвания на невронен модел на мозъчните структури, участващи в съзнателното зрително възприятие, ФНИ, съфинансиране на научноизследователски проект по COST акция CA 18106 - Невронни архитектури на съзнанието, 2021-2023
- Auto-adaptive Neuromorphic Brain Machine Interface: toward fully embedded neuroprosthetics (NEMO-BMI), HORIZON-EIC-2021-PATHFINDERCHALLENGES-01-02, 2022-2025

# Spike Timing модел на зрителната система с reinforcement обучение

- Проекти:
  - Моделирание на волевите сакадни движения на очите
  - Моделирание на етапите на когнитивна преработка и осъзнаване на зрителна информация
  - Суперкомпютърни симулационни изследвания на невронен модел на мозъчните структури, участващи в съзнателното зрително възприятие





Structure of NEST module	2D grid size	Layers	Neurons number
<i>Thalamic relay: LGN+IN+TRN</i>	3×20×20	2	2400
<i>V1: Excitatory</i>	20×20	2	1000
<i>Inhibitory</i>	10×10	2	
<i>MT: Excitatory</i>	20×20	2	1000
<i>Inhibitory</i>	10×10	2	
<i>MST</i>	20×20	2	800
<i>LIP</i>	20×20	2	800
<i>BG</i>	7×10×10	2	1404
<b>TOTAL SIZE:</b>			<b>7400</b>

**Neuron models:**  
**LGN:** iaf\_chxk\_2008 (Casti et al., 2008)  
**Other neurons:** iaf\_psc\_exp (Tsodyks et al., 2000)  
**RGC:** spatio-temporal filters

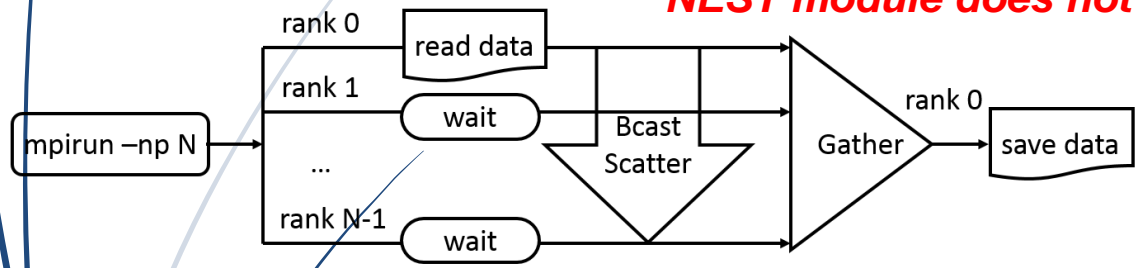
Structure of Python module	2D grid size	Layers	Neurons number
<i>RGC</i>	2×20×20	2	1600

# Паралелна симулация на модули на NEST Simulator и на Python – проблеми и решения

Algorithm 1

Python module

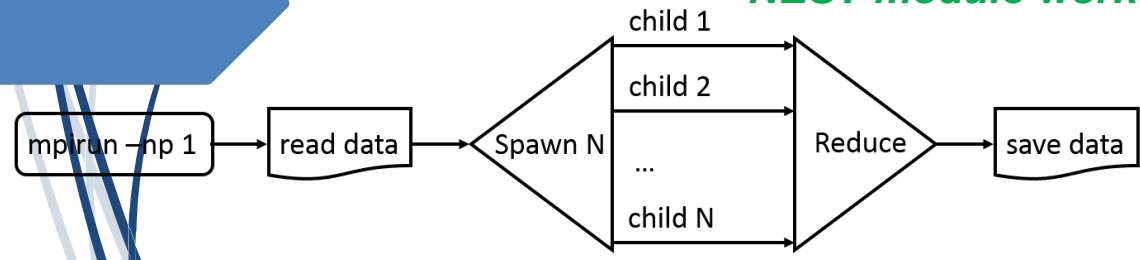
*NEST module does not work*



Algorithm 2

Python module

*NEST module works*



## Python module + NEST module

Algorithm 3 Pseudocode of joint simulation of Python and NEST modules

- 1: *import NEST*
- 2: *Initialize NEST kernel*  
*Create neurons and other devices*
- 4: *Connect network*  
*Read from files Positions and Stimulus*
- 6: *Define empty buffer I*  
*Spawn N child processes C*
- 8: *Bcast(Positions)*  
*Bcast(Stimulus)*
- 10: *Bcast(other parameters)*  
*Reduce(I)*
- 12: *Setstep current generators ← I*  
*Simulate NEST module*

Nedelcheva, S., Ivanovska, S., Durchova, M. et al. HPC parallel implementation combining NEST Simulator and Python modules. Cluster Comput 25, 1637–1644 (2022).

## Desktop computer configuration:

3.6GHz Intel Core i7-7700 8 core CPU with turbo acceleration

## High Performance System Avitohol configuration:

150 servers ProLiant SL250s Gen8 each with dual Xeon CPU E5-2650 v2 at 2.60GHz and dual Xeon Phi 7120P accelerator cards

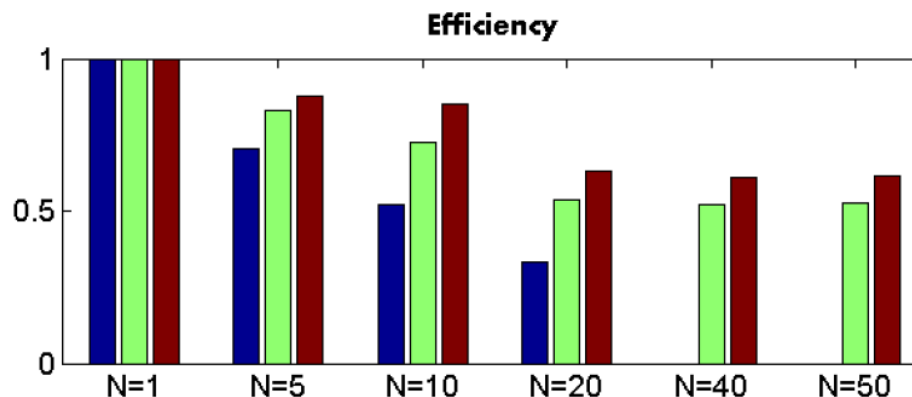
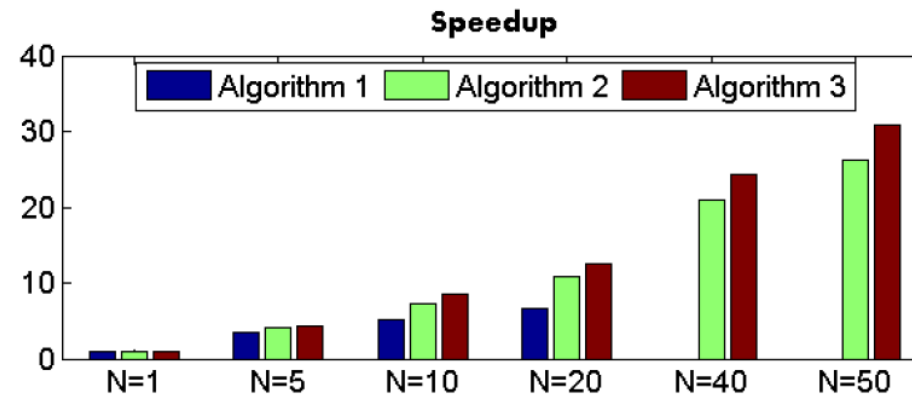
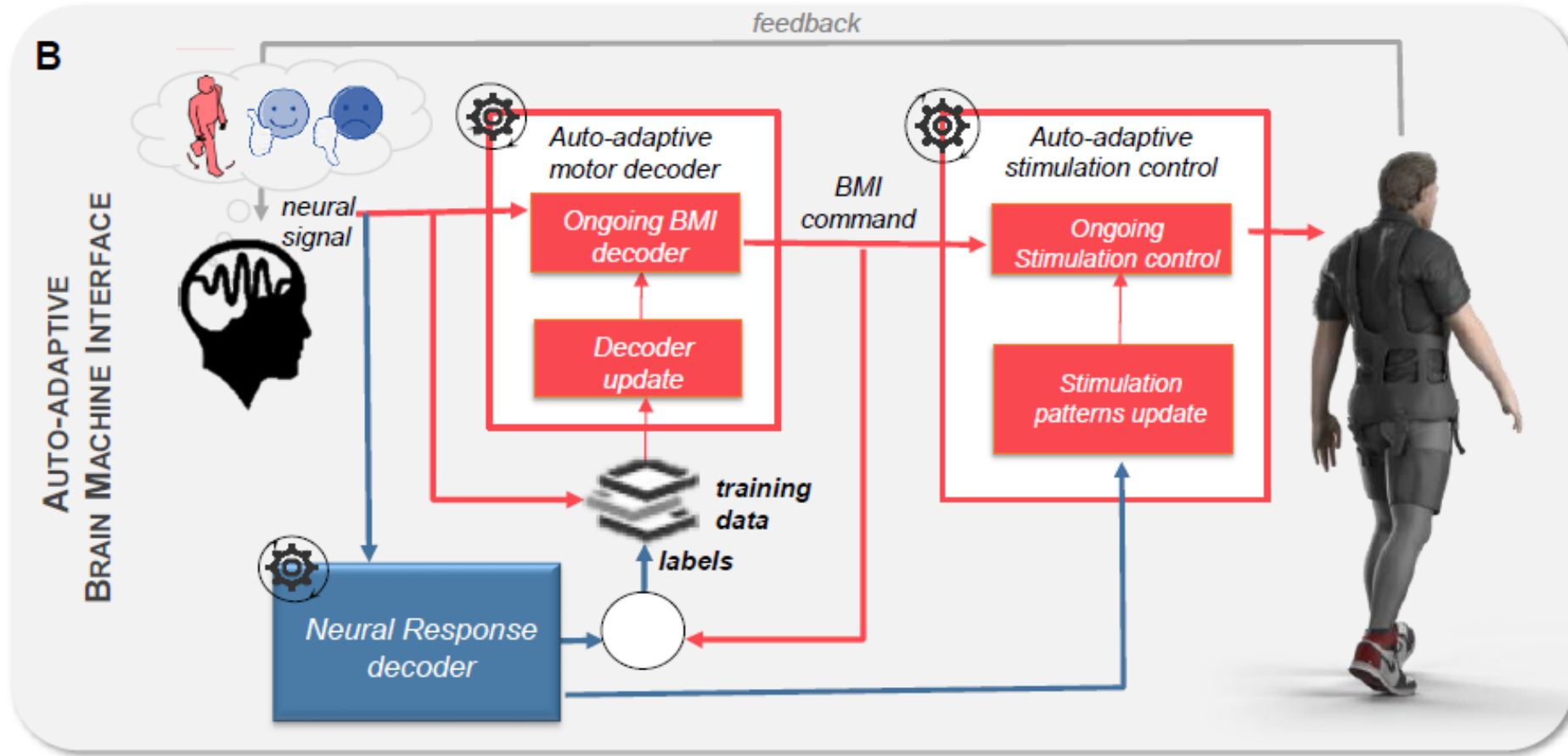


Table 1 Simulation times of all tested algorithms in hours:minutes:seconds format.

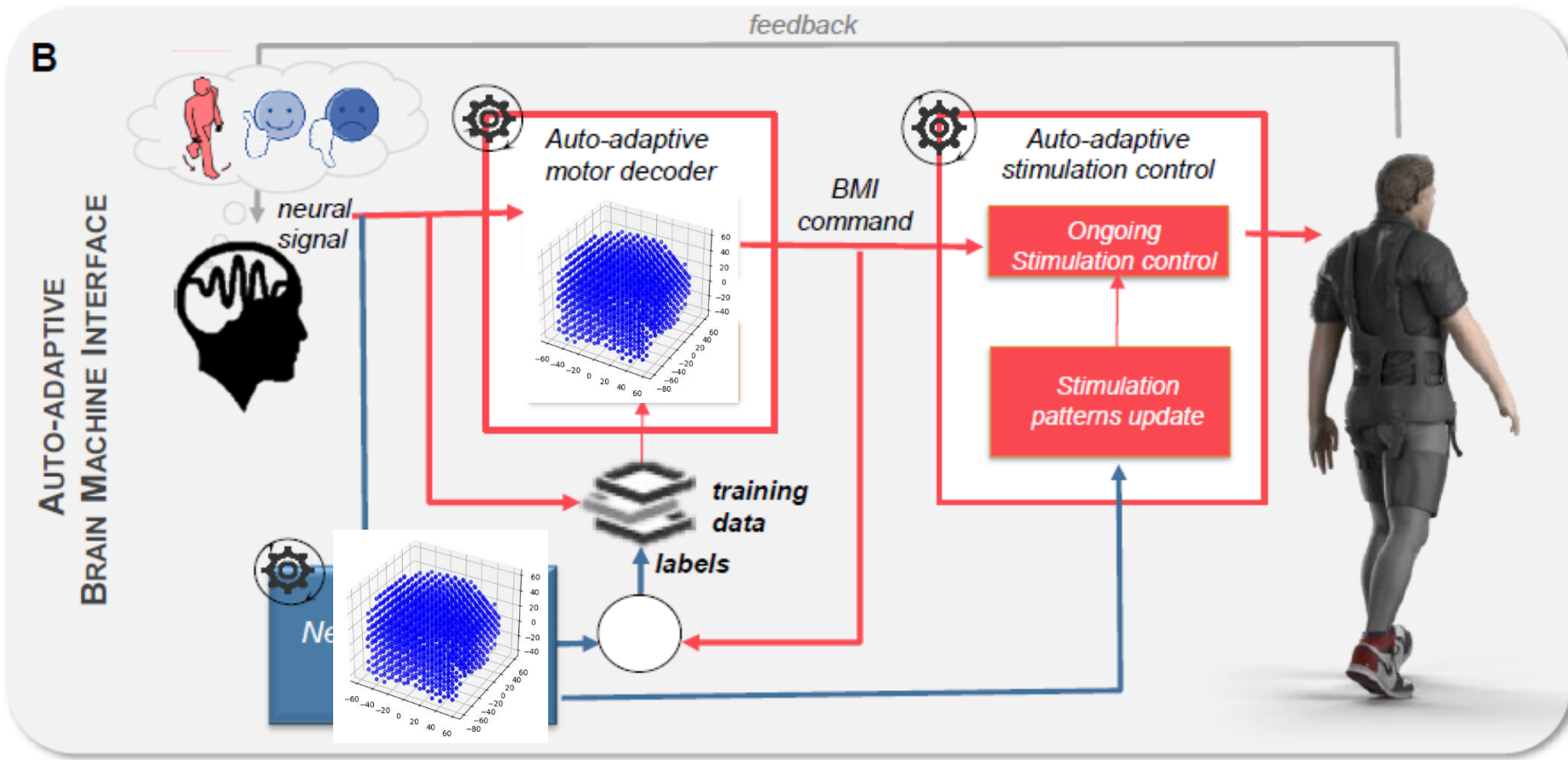
<i>configuration</i>	<i>N</i>	<i>nodes : total cores</i>	<i>Algorithm 1</i>	<i>Algorithm 2</i>	<i>Algorithm 3</i>
desktop	1	1:8	64:19:12		
desktop	5	1:8	3:36:36		
Avitohol	5	1:16	0:52:41	2:56:12	3:16:26
Avitohol	10	1:16	0:35:41	1:40:50	1:41:28
Avitohol	20	1:16	0:38:19	1:43:30	1:41:06
Avitohol	20	2:32	0:28:05	1:07:52	1:08:20
Avitohol	40	3:48		0:34:59	0:34:21
Avitohol	50	4:64			0:27:57

## планове за бъдеща работа



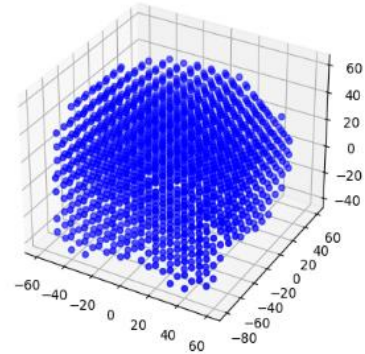


## планове за бъдеща работа



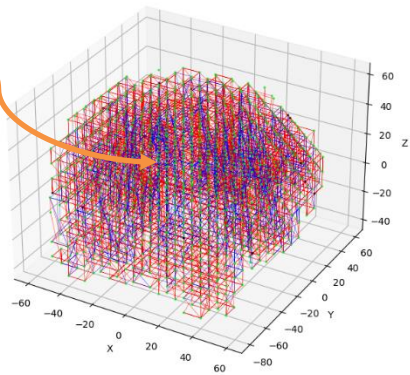


## планове за бъдеща работа

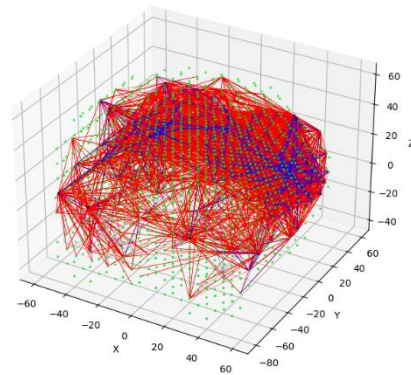


NeuCube

Невроморфен  
чип



STDP  
обучение



Декодирана  
команда

# Цели на нашата бъдеща работа

Ние се нуждаем от HPC за:

- ✓ Оптимизация на параметрите на разработваните от нас модели
- ✓ Симулация на spike timing модели с голяма размерност
- ✓ In silico изследване на ефектите от повреди в мозъчните структури в следствие на дегеративни мозъчни заболявания



Благодаря за вниманието!

Въпроси?