

מידול מתמטי של תאי עצב ורשתות עצבים

Mathematical Modeling of Neurons and Networks

מס' קורס: 1500.3004

סמסטר ב': יום ב' 12:00-14:00, דן דוד 112

יום ד' 12:00-14:00, דן דוד 112

1. שפת ההוראה בקורס עברית

2. מרצה הקורס: ד"ר ערן שטרק

מתרגל: מר אמיר לוי

3. תכני הקורס:

Course objectives

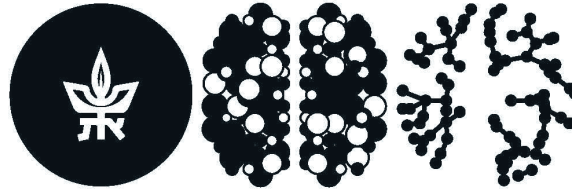
In this course, students will learn the mathematical basis of the current understanding of how neurons and neuronal networks transmit, process, and store information, and how to model neuronal activity in single cells and in systems. Special emphasis is given on realistic dynamical models, understanding the reductionist assumptions in each model, analyzing its behavior, and how to select a suitable model to a given problem at hand. Analytical, geometrical, and numerical model analysis are considered, covering the range of topics from sub-cellular and membrane potential dynamics, single cell models, synaptic transmission, and network models.

Course Syllabus

Subcellular models: channel models; membrane electrical models and equivalent circuits; spatiotemporal dynamics; cable equation; linear cable theory; multi-compartmental models; synaptic models.

Single cell models: Conductance-based models: Hodgkin-Huxley and Stevens-Connors models. One dimensional dynamical systems: geometric analysis, Hartman-Grobman theorem, phase portraits, bifurcations. Two dimensional (planar) dynamical systems: stability analysis, nullclines, vector fields, trajectories, bifurcations. Reduced (minimal) models of the HH type; Morris-Lecar model; FitzHugh-Nagumo model. Analytic models; quadratic integrate and fire model; leaky integrate and fire model; resonate and fire model; integrate and fire models with synaptic transmission. Spike trains; rate functions; point processes; renewal processes; non/homogeneous Poisson processes.

Network models: random networks of analog neurons; feedforward and recurrent networks; excitatory and inhibitory networks; linear network models; Liapunov functions; N-dimensional dynamical systems; non-linear network models; Hopfield networks; Wilson-Cowan networks. Binary network models; point neurons; Little networks; spin glass models; stochastic networks; Boltzmann machine; Hopfield auto-associative networks; Hebbian learning; network capacity; temporal association networks. Networks of spiking neurons; spike transmission; stochastic membrane potential models; converging/diverging networks; Synfire chains.

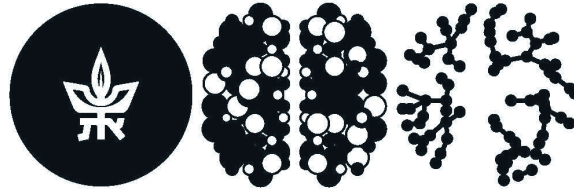


4. היקף הקורס

52 שעות סמסטריאליות, 4 שעות בכל שבוע

5. רשימת הנושאים:

מס'	שם המרצה	נושא השיעור	אופן ההוראה
1	ד"ר ערן שטרק	Channel models; membrane electrical models and equivalent circuits; Hodgkin-Huxley and Stevens-Connors models	שיעור 1
2	מר אמיר לוי	"	תרגיל 1
3	ד"ר ערן שטרק	One dimensional dynamical systems: geometric analysis, Hartman-Grobman theorem, phase portraits, bifurcations	שיעור 2
4	מר אמיר לוי	"	תרגיל 2
5	ד"ר ערן שטרק	Two dimensional (planar) dynamical systems: stability analysis, nullclines, vector fields, trajectories, bifurcations, Morris-Lecar and FitzHugh-Nagumo models	שיעור 3
6	מר אמיר לוי	"	תרגיל 3
7	ד"ר ערן שטרק	Analytic models; quadratic integrate and fire model; leaky integrate and fire model; resonate and fire model	שיעור 4
8	מר אמיר לוי	"	תרגיל 4
9	ד"ר ערן שטרק	Synaptic models; integrate and fire models with synaptic transmission	שיעור 5
10	מר אמיר לוי	"	תרגיל 5
11	ד"ר ערן שטרק	Spike trains; rate functions; point processes; renewal processes; non/homogeneous Poisson processes	שיעור 6
12	מר אמיר לוי	"	תרגיל 6
13	ד"ר ערן שטרק	Random networks of analog neurons; feedforward and recurrent networks; excitatory and inhibitory networks	שיעור 7
14	מר אמיר לוי	"	תרגיל 7
15	ד"ר ערן שטרק	Linear network models; Liapunov functions; N-dimensional dynamical systems	שיעור 8
16	מר אמיר לוי	"	תרגיל 8
17	ד"ר ערן שטרק	Non-linear network models; Hopfield networks; Wilson-Cowan networks	שיעור 9



18	מר אמיר לוי	“	תרגיל 9
19	ד"ר ערן שטרק	Binary network models; point neurons; Little	שיעור 10
		networks; spin glass models; stochastic networks; Boltzmann machine	
20	מר אמיר לוי	“	תרגיל 10
21	ד"ר ערן שטרק	Hopfield auto-associative networks; Hebbian learning; network capacity; temporal association networks	שיעור 11
22	מר אמיר לוי	“	תרגיל 11
23	ד"ר ערן שטרק	Networks of spiking neurons; spike transmission; stochastic membrane potential models	שיעור 12
24	מר אמיר לוי	“	תרגיל 12
25	ד"ר ערן שטרק	Networks of spiking neurons; converging/diverging networks; Synfire chains	שיעור 13
26	מר אמיר לוי	“	תרגיל 13

6. חומר קריאה

None required

7. דרישות קדם לקורס

Linear Algebra (e.g. 0509.1824, 0321.1839)

Ordinary Differential Equations (e.g. 0509.1745, 0321.1838)

Physics 2 or Basic Electronics (e.g. 0509.1829, 0321.1119, 0512.1202)

Neurobiology (1500.2000) – can be taken in parallel

8. הגבלת מספר התלמידים בקורס

35 students

9. הרכב הציון הסופי

Requirements: Must pass written exam and 90% of the exercises.

Grading: 30% exercises (3% per exercise, 10 exercises), 70% exam.