دانشگاه صنعتی شریف

برنامه درسی دوره دکتری مستقیم علوم و مهندسی اعصاب

توجه: این پیش نویس در سال ۱۴۰۰ به تصویب دانشگاه صنعتی شریف رسیده است. ویرایش نهایی مصوب وزرات علوم ممکن است تغییراتی عمده نسبت به این ویرایش داشته باشد

تدوین: دکترعلی قاضی‌زاده

ویرایش ۱۴
تیر ۱۴۰۰

فهرست

۱- معرفی رشته 3
۲- اهداف وضرورت اجرای دوره 5
۳- مطالعات و اقدامات انجام شده 6
۴- ویژگیهای برنامه 8
۵- طول دوره و شکل نظام آموزشی 9
۶- مهارت‌های دانش‌آموختگان : 11
۱- جدول دروس جبرانی*: (۱۳ واحد) 13
۲- دروس اجباری: (۶ واحد همه گرایشها) 14
۳- دروس اجباری علوم اعصاب سیستم: (۱۲ واحد) 15
۴- دروس اجباری مهندسی اعصاب : (۱۲ واحد) 16
۵- دروس اختیاری: (۱۲ واحد) 18
۶- رساله : (۱۸ واحد) 19

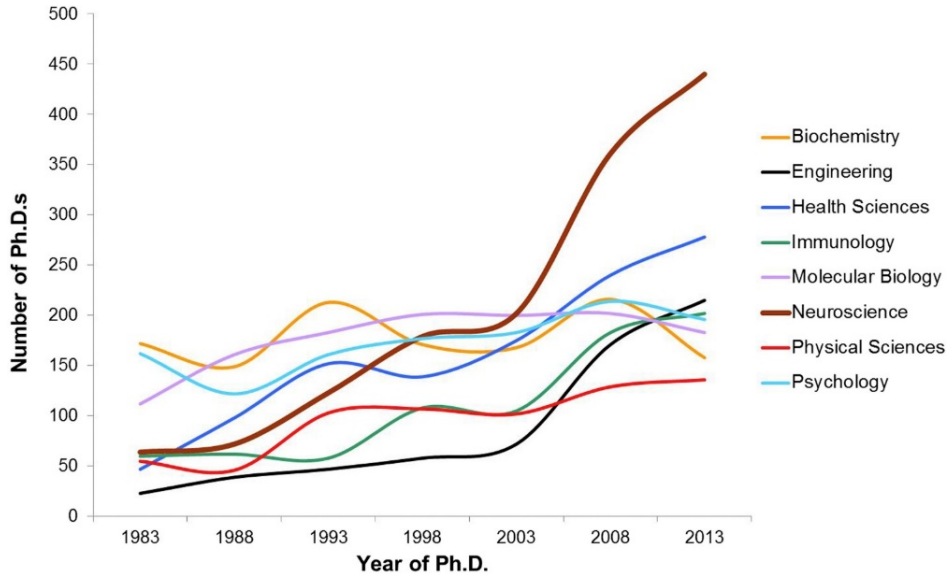
فصل اول:
مشخصات کلی دوره

۱- معرفی رشته

دکتری مستقیم تخصصی (PhD) – علوم و مهندسی اعصاب

PhD in Neuroscience and Neuroengineering

امروزه رشته علوم و مهندسی اعصاب به‌عنوان یکی از حوزه‌های استراتژیک علمی مورد توجه بسیاری از مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی کشورهای پیشرفته و در حال توسعه است. به دلیل ساختار بسیار پیچیده مدارهای عصبی، فعالیت نورونی مغز پیچیده‌ترین و در عین حال جذاب‌ترین سیستم دینامیکی را در عصر حاضر به خود اختصاص داده است. فهم عملکرد مدارهای عصبی مغز به دلیل رابطه با هویت انسانی، شناخت علت و درمان انواع بیماری‌های عصبی، توسعه فناوری‌های نوین پزشکی، دفاعی و همچنین بهره‌برداری وسیع اقتصادی در پروژه‌های سلامت و صنایع، مورد توجه کشورهای پیشرفته قرار گرفته است. بدین منظور، پروژه‌های بسیار گسترده با تخصیص بودجه‌های کلان جهت مطالعه فعالیت عملکردی مدارهای عصبی مغز در کشورهای امریکا (Brain Initiative)، اروپا (Human Brain Project) و نیز کشورهایی نظیر ژاپن (Brain/MIND)، کره، چین و تایوان در حال اجرا است که در حقیقت گویای نقش راهبردی این حوزه در گستره وسیعی از فعالیت‌های علمی و اقتصادی است که مورد توجه سیاستمداران این کشورها قرار گرفته است. لازم به ذکر است، همان‌طور که در شکل-۱مشاهده می‌شود، این رشته بالاترین نرخ رشد تعداد فارغ‌التحصیلان را بین رشته‌های علوم و مهندسی زیستی به خود اختصاص داده است.



شکل ۱ - رشد نمایی فارغ‌التحصیلان حوزه علوم و مهندسی اعصاب در مقایسه با دیگر رشته‌های زیستی

Akil et al, 2016, Neuroscience Training for the 21st Century, Neuron

رشته علوم و مهندسی اعصاب متکی بر علوم نوین اعصاب ومهندسی است و دارای ارتباط فرارشته‌ای گسترده با رشته‌های مهندسی پزشکی، مهندسی کامپیوتر، مهندسی برق، مهندسی مکانیک و علوم ریاضی و فیزیک، مهندسی شیمی ، شیمی و نیز شاخه‌های علوم تجربی مانند نورولوژی، روان‌پزشکی، نوروآناتومی و فیزیولوژی است. لذا در تدوین دروس دوره تحصیلات تکمیلی، آموزش مرتبط در گستره‌ای از این زمینه‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

۲- اهداف وضرورت اجرای دوره

دوره **دکتری مستقیم علوم و مهندسی اعصاب** با هدف آموزش تخصصی دانشجویان در حوزه علوم و مهندسی اعصاب با رویکرد ریاضی و با بکار گیری روش‌های مهندسی، چون روش‌های شناسایی سیستم‌ها، روش‌های پردازش داده و در نهایت ارائه مدل‌های ریاضی و محاسباتی از سیستم‌های عصبی، به‌منظور تحقیقات بنیادی در علوم اعصاب، تحلیل داده های علوم اعصاب و نیز تولید سیستم‌ها و تجهیزات تحقیقاتی و درمانی علوم اعصاب و ساخت واسطه‌های عصبی تعریف شده است.

با توجه به گستردگی مباحث حوزه علوم و مهندسی اعصاب و نیاز برای به‌کارگیری تخصص‌های موجود در دانشکده‌های مختلف دانشگاه و همکاری اساتید علاقه‌مند به اجرای پروژه‌های کلان و ملی، این برنامه از ابتدا با نگاه ایجاد سازوکار همکاری میان دانشکده‌ای طراحی شده است. از جمله این سازوکارها، *شرکت اساتید در دانشکده‌های مختلف در تدوین و برنامه‌ریزی دروس این رشته، امکان چرخش دانشجو در بیش از یک دانشکده و امکان ورود دانشجو به این رشته از طریق آزمون ورودی در دانشکده‌های مختلف همکار رشته* است. هدف از این دوره تربیت نیروی انسانی متخصص و محقق در **دو گرایش اصلی علوم اعصاب سیستم و مهندسی اعصاب (Systems Neuroscience and Neuroengineering)** می باشد.

۳- مطالعات و اقدامات انجام شده

با توجه به اینکه عموم برنامه‌های موفق علوم و مهندسی اعصاب در دنیا متکی به دانشگاه‌های قوی حوزه ریاضی و مهندسی هستند، دانشگاه صنعتی شریف به‌عنوان دانشگاهی ممتاز در حوزه فنی و ریاضی مهندسی، دوره علوم و مهندسی اعصاب را به‌طور متمرکز برای دانشجویان ریاضی و فیزیک و نیز دانشجویان تجربی با توانایی ریاضی قوی طراحی کرده است. این برنامه با اتکا به دانش ریاضی در علوم و مهندسی اعصاب برنامه‌ای منحصر به فرد و متفاوت از برنامه‌های متعدد علوم شناختی، در کشور و دانشکده‌های علوم پزشکی اما با نظر جدی به همکاری با مراکز علوم پزشکی داخل کشور و مراکز تراز اول علوم و مهندسی اعصاب بین‌المللی طراحی شده است. نمونه دانشگاه‌های مرجع در حوزه علوم و مهندسی اعصاب که منبع الهام برنامه پیشنهادی شریف هستند، در جدول-۱ آمده است. (قابل توجه: اکثر این دانشگاه‌ها صاحب برنامه‌های قوی بین‌المللی در حوزه ریاضی و مهندسی هستند)

در نهایت این برنامه بعد از بررسی برنامه های مشابه اجرا شده در کشور مانند دوره دکتری علوم اعصاب شناختی مصوب سال ۱۳۹۳ وزارت علوم و نیز بازخوردهای اجرای این برنامه‌ها در داخل کشور در دانشگاه‌های شهید بهشتی، پژوهشکده علوم شناختی پژوهشگاه دانشهای بنیادی (IPM)، موسسه آموزش عالی علوم شناختی(ICSS) و نیز برنامه های مرتبط در دانشگاههای علم و صنعت و دانشگاه‌های علوم پزشکی و با مطالعه دوره‌های مشابه در دانشگاه‌های مرجع در دانشگاه‌های تراز اول آمریکا، اروپا، پس از اعمال اصلاحات لازم جهت تطبیق با شرایط خاص برنامه علوم و مهندسی اعصاب بعد از حدود ۶ ماه کار کارشناسی در دانشگاه صنعتی شریف تهیه شده است.

جدول 1 - نام و کشور برخی دانشگاه‌هایی که از برنامه‌های آن‌ها در تدوین این مستند استفاده شده است.

نام دانشگاه	*کشور*
استنفورد	*آمریکا*
ام ای تی	*آمریکا*
کلمبیا	*آمریکا*
کارنگی ملون	*آمریکا*
برکلی	*آمریکا*
جانز هاپکینز	*آمریکا*
هاروارد	*آمریکا*
سالک انستیتو	*آمریکا*
مکس پلانک	*آلمان*
ای پی اف آل	*سوئیس*
یو سی آل	*انگلستان*

آکسفورد	انگلستان
پژوهشکده علوم شناختی پژوهشگاه دانش‌های بنیادی	ایران
دانشگاه علم و صنعت (برنامه تدوین شده علوم اعصاب)	ایران
دانشگاه علوم پزشکی تهران	ایران

۴- ویژگیهای برنامه

تعداد کل واحدهای درسی ۵۰ واحد است که شامل ۱۸ واحد اجباری ،۱۲ واحد اختیاری ،۲ واحد سمینار و ۱۸ واحد رساله دکتری است. به‌علاوه برای این دوره ۱۳ واحد جبرانی در نظر گرفته شده است که درصورتی‌که دانشجو دروس معادل را قبلاً نگذرانده باشد، باید قبل از شروع دروس اجباری و اختیاری گرفته شوند.

طبق قوانین ، دروس جبرانی که در سطح کارشناسی هستند در معدل کل دوره دکتری محاسبه نخواهند شد اما جهت ترغیب دانشجویان برای اهتمام به دروس جبرانی، قویاً توصیه می‌شود شرط معدل و حداقل نمره در دروس جبرانی برای شرکت در امتحان جامع و گرفتن پایان نامه لحاظ شود. زمان و کیفیت امتحان جامع تابع آیین‌نامه تحصیل در دوره دکتری مستقیم هر دانشگاه خواهد بود.

تعداد و نوع واحدهای درسی دوره

واحدهای جبرانی	۱۳ واحد (حداکثر)
واحدهای الزامی	۱۸ واحد
واحدهای اختیاری	۱۲ واحد
سمینار	۲ واحد
رساله	۱۸ واحد

تبصره: تعداد واحدهای جبرانی مورد نیاز برای دانشجو به تشخیص گروه خواهد بود.

۵- طول دوره و شکل نظام آموزشی

دوره دکتری مستقیم علوم و مهندسی اعصاب به دو مرحله آموزشی و پژوهشی تقسیم می شود. مرحله آموزشی با پذیرفته شدن داوطلب در آزمون ورودی و ثبت نام آغاز و پس از گذراندن دروس جبرانی، الزامی و اختیاری با آزمون جامع خاتمه می یابد. مرحله پژوهشی بعد از دوره آموزشی آغاز می شود و گام اول آن تدوین و دفاع از پیشنهاد رساله دکتری تصویب آن است. مرحله پژوهشی با تدوین و دفاع از رساله دکتری و پذیرش و تصویب آن پایان می یابد. با توجه به‌ضرورت گذراندن دروس جبرانی برای دانشجویان مهندسی که علاقه‌مند به ورود به رشته علوم و مهندسی اعصاب هستند و سنگینی و طول مدت پروژه‌های معمول این رشته، **این دوره بصورت دکتری مستقیم از فارغ التحصیلان دوره کارشناسی پذیرش دانشجو خواهد داشت.**

طول دوره و ساختار برنامه علوم و مهندسی اعصاب تابع آیین‌نامه ۹۶۱۷۸ وزارت علوم تحقیقات و فناوری مورخ ۱۳۹۱/۵/۲ و ایین نامه داخلی هر دانشگاه (بطور مثال آیین نامه دانشگاه صنعتی شریف مصوب ۱۳۹۲/۱۱/۳۰) می باشد. با در نظر گرفتن این حقیقت که برنامه پیشنهادی دارای ماهیت فرا رشته‌ای است محتوای برنامه پیشنهادی و نیز سایر امور با ماهیت علمی و پژوهشیِ مربوط به آن توسط شورایی از متخصصین ذی صلاحیت که در زمینه برنامه پیشنهادی پژوهش کرده‌اند- فارغ از آن‌که عضو کدام دانشکده از دانشگاه باشند- تهیه و تدوین شده و زیر نظر شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده مجری برنامه اجرا می‌شود.

طول مدت تحصیل در دکتری مستقیم حداکثر ۱۱ نیمسال است که تا ۱۳ نیمسال قابل تمدید است. دوره شامل دو بخش آموزشی و پژوهشی است. مجموع واحدهای درسی بین ۵۰ تا ۵۶ واحد است که از این میان ۲ واحد مربوط به سمینار و[1] ۲۴-۱۸ واحد مربوط به رساله دکتری است. قوانین و مقررات حاکم بر دوره از قبیل زمان برگزاری آزمون جامع، پیشنهاد پژوهشی، برگزاری جلسات دفاع و نظایر آن تابع قوانین و مقررات دکتری مستقیم خواهد بود.

[1] تعداد واحد رساله دکتری عادی از ۲۴ به ۱۸ کاهش پیدا کرده است ولی برای دکتری مستقیم با توجه به ادغام دوره کارشناسی ارشد و دکتری عادی قابل افزایش به ۲۴ واحد است.

ضوابط ورود به دوره:

الف) طبق آیین‌نامه دکتری پیوسته، دانش‌آموختگان برجستهٔ دورهٔ کارشناسی پیوسته که حداکثر طی ۸ نیمسال تحصیلی فارغ‌التحصیل شده و مطابق مادهٔ ۱ توسط شورای استعدادهای درخشان دانشگاه، دانشجوی ممتاز شناخته می‌شوند، در صورت درخواست می‌توانند با انتخاب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکدهٔ ذی‌ربط و نیز تأیید شورای استعدادهای درخشان دانشگاه، بلافاصله پس از دانش‌آموختگی، وارد دورهٔ دکتری شوند. پذیرش در این دوره با رعایت ضوابط مقرر در شیوه نامه پذیرش دانشجویان ممتاز در دوره دکتری بدون آزمون ورودی دانشگاه انجام می‌شود.

ب) باقی ورودی‌های به رشته از طریق **آزمون ارشد** و از رشته‌هایی مانند برق، کامپیوتر، مکانیک و ریاضی، فیزیک و شیمی وارد دوره دکتری خواهند شد. به‌علاوه جهت کنترل کیفیت دانشجویان ، این دوره علاوه بر آزمون کتبی دارای مصاحبه حضوری خواهد بود. آزمون و مصاحبه هر دو شامل حداقل حد نصاب برای پذیرش خواهند بود که در صورت احراز آن، امتیاز هر دو بخش جمعا برای الویت پذیرش دانشجو لحاظ خواهد شد.

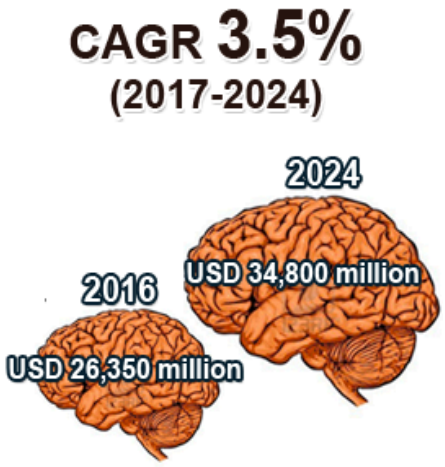
ج) در صورت رفع برخی موانع اداری و ایجاد سازوکارهای لازم ورود فارغ‌التحصیلان نخبه رشته‌های تجربی و پزشکی که توانایی ریاضی مناسب داشته باشند برای ورود به این دوره توصیه می شود.

۶- مهارت‌های دانش‌آموختگان :

1. دانش‌آموخته این رشته، مسلط به مبانی و مباحث روز علوم اعصاب در حوزه‌های مختلف حسی حرکتی و ادراکی خواهد بود.
2. دانش‌آموخته این رشته، توانایی اجرای پروژه‌های تحقیقاتی در حوزه علوم و مهندسی اعصاب با رویکرد سیستم و محاسباتی، و نیز توانایی همکاری در پروژه‌های بالینی با متخصصین مغز و اعصاب را خواهد داشت.
3. دانش‌آموخته این رشته، توانایی تأسیس و یا همکاری با شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه علوم و مهندسی اعصاب و ساخت تجهیزات پیشرفته این حوزه و نیز تحلیل داده‌های بزرگ عصبی را خواهد داشت.

با توجه به پیش بینی رشد این حوزه (شکل-۲) برخی حوزه ها و صنایع هدف به قرار زیر می باشند:

- صنعت سلامت: همکاری با روان‌پزشکان و جراحان مغز و اعصاب در درمان بیماری‌های و اختلالات عصبی و توسعه روشهای کار با داده‌های بزرگ پزشکی در این حوزه و تأسیس شرکت‌های دانش‌بنیان این حوزه.
- صنعت ابزار تحقیقاتی علوم و مهندسی اعصاب: دستگاه‌های و حسگرهای ثبت رفتاری و مغزی، دستگاه‌های تصویربرداری مانند MEG, fMRI ، توسعه تکنولوژی‌های روز نوروساینس[2] مانند اپتوژنتیک[3] و اپتیکال ایمجینگ[4] و تأسیس شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه.
- حوزه آموزش و تحقیقات علوم و مهندسی اعصاب دانشگاه‌ها



شکل ۲ - رشد ۴٪ بازار علوم و مهندسی اعصاب با برآورد بازار ۳۴ بیلیون دلار
(منبع Grandview Research)

[2] Neuroscience
[3] Optogentic
[4] Optical imaging

فصل دوم:
جدول های دروس

۱- جدول دروس جبرانی*: (۱۳ واحد)

بسته بیولوژی:

عنوان درس	تعداد واحد			تعداد ساعت			پیشنیاز
	جمع	نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	
نوروآناتومی، رشد و فرگشت سیستم عصبی	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	-
نوروبیولوژی نوروشیمی و ژنتیک	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	-

بسته ریاضی:

عنوان درس	تعداد واحد			تعداد ساعت			پیشنیاز
	جمع	نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	
مبانی ریاضی علوم اعصاب	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	ریاضی عمومی دو

بسته علوم اعصاب:

عنوان درس	تعداد واحد			تعداد ساعت			پیشنیاز
	جمع	نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	
مبانی علوم اعصاب	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	-
آز علوم اعصاب	۱	-	۱	۳۲	-	۳۲	همنیاز: مبانی علوم اعصاب

*تبصره: تعداد دروس جبرانی فوق با صلاحدید گروه با توجه به پیش‌زمینه علمی هر دانشجو تعیین خواهد شد. پیش بینی میانگین تعداد واحد جبرانی ۱۰ واحد برای دانشجویان با پیش زمینه ریاضی و ۷ واحد برای دانشجویان با پیش زمینه تجربی می باشد.

۲- دروس اجباری: (۶ واحد همه گرایشها)

عنوان درس	تعداد واحد			تعداد ساعت			پیشنیاز
	جمع	نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	
علوم اعصاب پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب
اصول طراحی و تحلیل آزمایش	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی ریاضی علوم اعصاب

۳- دروس اجباری علوم اعصاب سیستم: (۱۲ واحد)

عنوان درس	تعداد واحد			تعداد ساعت			پیشنیاز
	جمع	نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	
علوم اعصاب حرکتی	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب
علوم اعصاب بینایی	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب
تصمیم گیری و نورواکونومیکس	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب
حافظه و یادگیری	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب
نوروساینس رفتاری حیوانات	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب
ثبت، تصویر برداری و تحریک مغزی	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب

۴- دروس اجباری مهندسی اعصاب : (۱۲ واحد)

عنوان درس	تعداد واحد			تعداد ساعت			پیشنیاز
	جمع	نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	
سیستم‌های دینامیکی در علوم اعصاب	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب
استنتاج علی در علوم اعصاب	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی ریاضی علوم اعصاب
سنسورهای سیگنالهای زیستی و عصبی	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم أعصاب
پردازش سیگنالهای مغزی EEG	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب
شبکه های نورونی	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	سیستم‌های دینامیکی در علوم اعصاب
یادگیری در مغز و ماشین ۱	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب
یادگیری در مغز و ماشین ۲	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	یادگیری در مغز و ماشین ۱

کنترل حرکتی	۳	۳	-	۴۸	۴۸	-	مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب

۵- دروس اختیاری: (۱۲ واحد)

دروس اختیاری از مجموعه دروس مرتبط ارائه‌شده در دانشکده‌های مختلف و دانشگاه‌های همکار با تصویب گروه برای دانشجو قابل انتخاب است. در دروس اختیاری دانشجو با توجه به علاقه و پایان نامه دکتری با نظر استاد راهنما انتخاب خواهد شد. دروس اختیاری برای هر دو گرایش از سبد های اجباری هر کدام از گرایشها نیز قابل انتخاب خواهد بود.

۶- رساله : (۱۸ واحد)

عنوان درس	تعداد واحد			تعداد ساعت			پیشنیاز
	جمع	نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	
رساله	۱۸	۱۸					

فصل سوم:
نیم سال بندی دوره

نیمسال بندی دوره در هر دو گرایش علوم اعصاب سیستم و مهندسی اعصاب

نیم سال اول	• دروس جبرانی و پیشنیاز با نظر گروه (۱۳ واحد) • چرخش اول دانشجو با یک استاد و ارائه گزارش
نیم سال دوم و تابستان	• دروس اجباری هردو گرایش و یک یا دو درس از سبد سیستم یا مهندسی (۹-۱۲ واحد) • چرخش دوم و سوم دانشجو با دو استاد دیگر و ارائه گزارش
نیم سال سوم	• دروس اجباری باقی مانده از سبد سیستم یا مهندسی (۶-۹ واحد) • دروس اختیاری (۳ واحد) • انتخاب استاد راهنما و شروع تحقیقات رساله
نیم سال چهارم و تابستان	• دروس اختیاری (۹ واحد) • آماده‌سازی پیشنهاد رساله و سمینار • امتحان جامع
نیم سال پنجم	• دفاع از پیشنهاد رساله • رساله دکتری
نیم سال ششم تا یازدهم	• رساله دکتری • دفاع از رساله و فارغ‌التحصیلی

فصل چهارم:
سرفصل دروس

نام درس: نوروآناتومی، رشد و فرگشت سیستم عصبی

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: ندارد	همنیاز: ندارد

اهداف:

در این درس، دانشجویان با کارکرد و ساختار سیستم عصبی انسان و دیگر نخستینیان آشنا می‌شوند و امکان تحلیل برخی اختلالات بالینی عصبی را می‌یابند. به‌علاوه با مراحل تشکیل سیستم عصبی در طول رشد جنین و نیز تغییرات عمده این سیستم در طی فرگشت آشنا خواهند شد.

سرفصل‌ها:

- آشنایی با انواع سلولها و بافت شناسی سیستم عصبی
- آشنایی بابخش‌های عمده سیستم عصبی و تشکیل آنها در طی رشد جنین
- نخاع، بصل‌النخاع، مغز پشتی، میانی و قدامی
- اعصاب جمجمه ای، سمپاتیک و پاراسمپاتیک
- بطنها، عروق و پرده های مغزی
- هیپوتالاموس، تالاموس، آمیگدال ، هسته های قاعده ای و مخچه
- قشر مغز (باستانی، قدیم و جدید)
- سیستم لیمبیک
- ساختار مقایسه‌ای مغز
- تکامل هماهنگ در مقابل تکامل موزاییکی
- تکامل نئوکورتکس
- تکامل بخش‌های مغز و ارتباطات میان آنها

مراجع:

[1] Barr's The Human Nervous System: An Anatomical Viewpoint, John Kiernan & Raj Rajakumar, LWW; Tenth edition, 2013

[2] The human brain, an introduction to its functinal anatomy, John Nolte, sixth edition: Mosby-Elsevier, 2009

[3] Human Brain Coloring Book, Diamond, Scheibel & Elson, Harper & Row, 1985

[4] Structure of the Human Brain, A Photographic Atlas, 3rd Edition, DeArmond, Fusco, and Dewey, Oxford Press, 1989

[5] Principles of brain evolution, Georg F. Striedter, 200

نام درس: نوروبیولوژی، نوروشیمی و نوروژنتیک

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: ندارد	همنیاز: ندارد

اهداف:

در این درس، دانشجویان به طور سیستماتیک با مبانی سلولی و مولکولی نوروبیولوژی و نوروشیمی آشنا می‌شوند. به‌علاوه، مکانیزم ژنتیک مؤثر در فعالیت مغز و اختلالات عصبی مورد بررسی قرار خواهند گرفت و تحقیقات مهم نوروژنتیک در نرم‌تنان و نیز پستانداران ارائه و بحث خواهد شد. تمرکز اصلی درس بر علم روز سیگنالینگ نورونی و شبکه ژنتیک مؤثر در حوزه نوروساینس سیستم و رفتاری خواهد بود.

سرفصل‌ها:

- مروری بر مباحث مرتبط با ساختار و فعالیت متابولیکی سلول عصبی، ساختار و عملکردغشای سلولی، انواع کانالهای یونی و فعالیت الکتریکی سلول
- مروری بر مبانی سیگنالینگ نورونی، هسته سلول، ساختار کروماتین و بیان ژنها
- کنترل ژنتیکی در نورونها و تاثیر آن در ساختار و عملکرد سلولی
- نوروترنسمیترها، داروهای مربوطه و اختلالات مرتبط مانند پارکینسون و افسردگی
- نوروبیولوژی سلولی و مولکولی یادگیری و حافظه
- نوروبیولوژی سلولی و مولکولی انگیزش، پاداش، و حافظه کاری
- مدلهای حیوانی اختلالات عصبی (مدلهای ژنتیکی و فارماکولوژیک و غیره)
- مداخلات نوروژنتیک و کاربرد آنها در علوم اعصاب (ناک -اوت، اپتوژنتیک)
- تحلیل شبکه های ژنی

مراجع:

[1] Neuroscience for Clinicians: Basic Processes, Circuits, Disease Mechanisms, and Therapeutic Implications. Eduardo E. Benarroch, Oxford University Press, 2021

[2] Molecular Neuropharmacology: A Foundation for Clinical Neuroscience, Fourth Edition, Eric Nestler & Steven Hyman & Robert Malenka. McGraw-Hill Education / Medical, 2020

[3] Neuroscience, Dale Purve, Fifth Edition, Sinauer Associates, cop. 2012

[4] Concepts of Genetics by Klug, Cummings, Spencer and Palladino, 11th edition

[5] Introduction to Genetic Analysis, by Griffiths, Wessler, Carroll & Doebley. 11th Ed W.H.Freeman &Co (2015)

نام درس: مبانی ریاضی علوم اعصاب

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: ریاضی عمومی دو	همنیاز: ندارد.

اهداف:

هدف اصلی این درس، آشنایی با ابزارهای مختلف برای تحلیل داده‌های مشاهده شده از مغز است. از جمله این ابزارها، می‌توان به تئوری تخمین (MLE و MAP)، تئوری آشکارسازی سیگنال، تئوری اطلاعات (آنتروپی، اطلاعات متقابل)، تحلیل سری‌های زمانی، طبقه‌بندی و جبر خطی اشاره کرد.

سرفصل‌ها:

- جبر خطی

  ترکیب خطی، پیمای خطی، فضای پوچ، فضای ستونی، پایه و بعد، جواب کمترین مربعات، تعامدسازی

  خصوصیات دترمینان، بردار ویژه و مقدار ویژه، ماتریس‌های معین مثبت

  تغییر پایه، تجزیه مقدار ویژه، تجزیه مقدار منفرد
- مروری بر آمار و احتمال
- تئوری اطلاعات

  آنتروپی، اطلاعات متقابل
- تئوری تخمین

  ML، MAP، زنجیره مارکوف مونت کارلو، فیلتر کالمن
- آزمون فرض

  قانون تصمیم‌گیری بیز، قانون تصمیم‌گیری minimax، قانون تصمیم‌گیری Neyman-Pearson، آزمون فرض مرکب
- آشکارسازی سیگنال زمان گسسته

  مدل و ساختارهای آشکارسازی، آشکارساز دنباله‌ای، آشکارساز تغییرات سریع
- طبقه‌بندی و رگرسیون

  طبقه بند خطی، رگرسیون خطی، ماشین بردارهای پشتیبان، درخت‌های تصمیم‌گیری، یادگیری گروهی، شبکه عصبی

- پردازش سیگنال آنالوگ و دیجیتال
- معادلات دیفرانسیلی معمولی (ODE)

خطی سازی و حل معادلات دیفرانسیل خطی، پایداری جواب‌های ODE، توابع لیاپانوف

مراجع:

[1] Kass, Robert E., Uri T. Eden, and Emery N. Brown. Analysis of neural data. Vol. 491. New York: Springer, 2014.

[2] Poor, H. Vincent. An introduction to signal detection and estimation. Springer Science & Business Media, 2013.

[3] Cover, Thomas M., and Joy A. Thomas. Elements of information theory. John Wiley & Sons, 2012.

[4] Strang, Gilbert. Introduction to Linear Algebra. 4th ed. Wellesley-Cambridge Press, 2009.

نام درس: مبانی علوم اعصاب

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: ندارد	همنیاز: ندارد

اهداف:

این درس مقدمه‌ای جامع از علوم اعصاب سلولی سیستم و رفتاری برای دانشجویان با پیش‌زمینه ریاضی است. دانشجویانی که با موفقیت این درس را بگذرانند، از پیش‌زمینه کامل جهت ادامه تحصیل در حوزه‌های علم اعصاب برخوردار خواهند بود و خواهند توانست با موضوعات روز در این رشته به‌طور اجمالی ارتباط برقرار کنند. این درس پیشنیاز درس علوم اعصاب پیشرفته خواهد بود که به‌صورت عمیق‌تر به چند حوزه از علوم اعصاب و مدل‌های تئوریک می‌پردازد.

سرفصل‌ها:

- مقدماتی از مغز و روان و فلسفه ذهن
- نورون، فعالیت نورونی و پتانسیل عامل
- ارتباط سیناپسی، نوروترنسیمترها و پتانسیل سیناپسی
- مدل‌های کانال یونی و مدل کابل
- کلیات مدارهای حسی حرکتی و ادراکی در مغز
- کلیات مدارهای قشری و زیر قشری
- بررسی سیستمهای بینایی ، حرکت چشم ، توجه، شنوایی، گفتاری ، تصمیم‌گیری ، حافظه و یادگیری انگیزه و احساسات
- روش‌های ثبت مغزی: الکتروفیزیولوژی، تصویربرداری
- روش‌های مداخلات عصبی: تحریک الکتریکی، مغناطیسی، نوری و شیمیایی

مراجع:

[1] Principles of Neural Science, Fifth Edition, Kandel et al

نام درس: آز علوم اعصاب

نوع درس: عملی	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۱
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب	همنیاز: : مبانی علوم اعصاب

اهداف:

در این درس، دانشجویان به اجرای عملی آزمایشات نوروساینس و کار با داده های حوزه های مختلف و نرم افزارهای مطرح علوم اعصاب خواهند پرداخت.

سرفصل‌ها:

- طراحی و آنالیز تسکهای سایکوفیزیک
- یادگیری و کار با سایک تولباکس
- آنالیز داده رگرشن و آنوا
- کار با داده های EEG و پردازش و پیش پردازش با نرم افزارهایی چون EEGLAB
- مکانیابی منابع مغزی با تولباکسهایی چونFieldtrip
- آنالیز داده های fMRI با نرم افزارهایی چون SPM، FSL وAFNI
- انالیز داده های fNIRS
- طراحی آزمایشات رفتاری در واقعیت مجازی

مراجع:

[1]. Functional magnetic resonance imaging. Huettel, Scott A., Allen W. Song, and Gregory McCarthy. Vol. 1. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2004.

[2]. Psychophysics, Frederick A.A. Kingdom, Nicolaas Prins, (Second Edition), Academic Press, 2016

[3]. Sensation & Perception. Jeremy M Wolfe, , Keith R Kluender, , Dennis M Levi, , Linda M Bartoshuk, , Rachel S Herz, , Roberta L Klatzky , and , Susan J Lederman. Sunderland (Massachusetts): Sinauer Associates. 2006.

[4]. Principles of Neural Science, Fifth Edition, Kandel et al

[5]. Applied Linear Statistical Models by Kutner, Nachtsheim, Neter, and Li (5th edition). McGraw-Hill, 2005

[6]. Design of Experiments: Statistical Principles of Research Design and Analysis", second edition, by Robert O. Kuehl (2000)

[7]. A First Course in Design and Analysis of Experiments, Gary Oehlert's (2000)

نام درس: علوم اعصاب پیشرفته

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

این درس تحصیلات تکمیلی در حوزه علوم اعصاب سیستم است. دانشجویان در این درس به‌صورت تفصیلی چندین حوزه در سیستم نوروساینس را مورد مطالعه قرار خواهند داد. به‌علاوه مدل‌های تئوریک روشهای محاسباتی روز دنیا در هر حوزه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. یادگیری نقادی و ارزیابی مقالات علمی در این حوزه‌ها، از دیگر فعالیت دانشجویان خواهد بود. در این درس انتظار می‌رود که دانشجو وارد یک پروژه واقعی و یا شبیه‌سازی نوروساینس شود و از اولین مرحله طراحی آزمایش تا تحلیل داده و نوشتن مقاله را تمرین کند.

سرفصل‌ها:

- کد نرخی در مقابل کد زمانی نورون‌ها
- کوریلیشن نویز نورونی
- مدارهای مغزی و مدل‌های تجمیع شواهد و تصمیم‌گیری
- مدارهای مغزی و مدل‌های یادگیری با پاداش
- مدارهای مغزی و مدل‌های توجه
- مدل‌های جستجو بینایی
- مدارهای انگیزه و احساسات
- ساختار تقسیم‌بندی معنوی اشیاء در کورتکس بینایی
- مکانیزم شنوایی و یادگیری ارتباط صوتی
- fMRI روش‌های تک متغیره در مقابل چند متغیره
- مهندسی اعصاب: روش‌های اپتوژنتیک و کیموژنتیک

مراجع:

[1]. Principles of Neural Science, Fifth Edition, Kandel et al

[2]. Theoretical Neuroscience: Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems, Dayan and Abbott

[3]. Biophysics of Computation: Information Processing in Single Neurons by Christoph Koch

[4]. Methods in Neuronal Modeling (2nd ed.) edited by C. Koch and I. Segev

[5]. Computational Neurobiology of Reaching and Pointing: A Foundation for Motor Learning, By Shadmehr and Wise

[6]. Reinforcement Learning: An Introduction by Sutton and Barto

[7]. Applied Linear Statistical Models by Kutner, Nachtsheim, Neter, and Li (5th edition). McGraw-Hill, 2005

نام درس: اصول طراحی و تحلیل آزمایش

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

در این درس، دانشجویان با مبانی علمی و آماری طراحی آزمایش‌ها در حوزه علوم طبیعی و به‌طور خاص نوروساینس در حوزه سیستم و رفتاری آشنا خواهند شد. به‌علاوه نگاه تحلیلی و نقادانه به نتایج آزمایش‌ها و نیز مقالات منتشر شده، آموزش داده و تمرین خواهد شد.

سرفصل‌ها:

- چگونگی تدوین hypothesis صحیح علمی
- قدرت آنالیز(analysis power) ,Pvalue و مدل‌های آماری طرح آزمایش
- Factorial Experiments, Mixed effects
- Regression, GLM, ANOVA, Post hoc tests
- Nonparametric vs parametric tests
- Multiple comparison, FWE, FDR
- بررسی و کاهش confound در آزمایش‌ها
- استانداردهای ارائه و رسم نتایج
- روش تگوشی در طراحی و اجرای آزمایش

مراجع:

[1] Design of Experiments: Statistical Principles of Research Design and Analysis", second edition, by Robert O. Kuehl (2000)

[2] A First Course in Design and Analysis of Experiments, Gary Oehlert's (2000)

[3] Applied Linear Statistical Models by Kutner, Nachtsheim, Neter, and Li (5th edition). McGraw-Hill, 2005

***نام درس*: علوم اعصاب حرکتی**

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ۳ واحد
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

هدف از این درس آموزش چگونگی عملکرد بخش های مختلف مغز در کنترل عصبی سیستم حرکتی می باشد. دیدگاه اصلی درس آموزش مباحث پایه علوم اعصاب سیستم حرکتی انسان، درک کامل کنترل حرکت توسط سیستم عصبی و سپس آموزش استفاده از مدل‌های ریاضی برای توضیح سیستم کنترل حرکت در انسان بخصوص در حرکات دست برای رسیدن به اهداف و یا کار با اشیا است. مباحث اصلی درس شامل بررسی نقش های متفاوت بخشهای مختلف مغز در کنترل حرکات، بررسی چگونگی عملکرد سیستم عضلانی و حسگرهای عضلانی، بررسی انواع مدارهای نخاعی (رفلکس و ...) و نقش آنها در کنترل حرکات می باشد. همچنین رابطه بین حس بینایی و حس پروپریوسپشن (حس عمقی) در کنترل حرکت و نقش این ارتباط در ارائه فیدبک در مورد حرکت به مغز و مباحثی همچون استفاده سیستم عصبی از کپی فرمان حرکتی در بازنگری حرکت و پیش بینی کیفیت حرکات بعدی، مدل‌های فوروارد و اینورس حرکتی طرح و بررسی خواهند شد. مکانیزم یادگیری و حافظه موتوری در مغز نیز مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت.

سرفصل‌ها:

- آشنایی با بخش های مختلف سیستم عصبی کنترل حرکات ارادی
- برنامه ریزی حرکت به سمت هدف در نواحی پری موتور کورتکس
- مکانیزم های تخمین محل و سرعت اندام (مانند دست) در بخشهای مختلف مغز
- تخمین محل هدف خارجی در لوب آهیانه
- چگونگی تعیین نیرو و جهت انجام حرکت در ناحیه موتور کورتکس
- خصوصیات عضلات اسکلتی و سیستم عصبی حسی عضلانی
- خواص پسیو اندام حرکتی و پایداری سیستم عضلانی
-
- آشنایی با کورتکس اکسترا استرایت
- آشنایی با سیستم عصبی کنترل حرکات غیرارادی

- یادگیری حرکت و تعمیم
- حافظه موتوری کوتاه‌مدت و بلندمدت
- به‌روز سازی استیت سیستم
- نویز و ریداندنسی در سیستم حرکتی

مراجع:

[1] Shadmehr R, Wise SP (2005) Computational Neurobiology of Reaching and Pointing: A Foundation for Motor Learning, MIT Press, Cambridge MA

[2] Principles of Neural Science, Fifth Edition, Kandel et al

نام درس: علوم اعصاب بینایی

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

در این درس، تمامی مطالب مربوط به سیستم بینایی بررسی می‌شود. سیستم بینایی یکی از حوزه‌های بهتر شناخته شده در علوم اعصاب است. در این درس دو جنبه بینایی مورد توجه خواهد بود اولاً کدینگ اطلاعات بینایی در مغز مانند شکل، رنگ، حرکت و عمق بررسی می‌شود و ثانیاً مکانیزم دکدینگ این اطلاعات در مغز برای ادراک محسوسات بینایی و تصمیم سازی مبتنی بر آن مورد بررسی خواهند بود.

سرفصل‌ها:

- تاریخچه تحقیقات در بینایی
- مدارهای شبکیه
- رنگ و حرکت در شبکیه و LGN
- مدارهای زیر قشری بینایی
- کورتکس بینایی یک (V1)
- کورتکس بینایی دو (V2)
- خواص آماری تصویر و پردازش در ناحیه‌های اولیه
- آشنایی با کورتکس extrastriate
- ventral stream and IT
- dorsal stream and MT/MST
- مقایسه مدارهای بینایی نخستینیان و غیر نخستینیان از پستانداران و پرندگان و حشرات

مراجع:

[1] Foundations of Vision, Brian A Wandell (1995)

[2] Principles of Neural Science, Fifth Edition, Kandel et al

***نام درس*: تصمیم‌گیری و نورواکونومیکس**

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ۳ واحد
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

تصمیم‌گیری و انتخاب عمل، مهم‌ترین و عام‌ترین عملکرد مغز در حیوانات است. بسیاری از اختلالات عصبی و روانی موجب اختلال تصمیم‌گیری و کاهش مزیت تکاملی در انسان و حیوانات می‌شوند. در این درس با بهره گرفتن همزمان از چندین حوزه شامل روانشناسی، اقتصاد و علوم اعصاب به بررسی تئوریهای تصمیم‌گیری در انسان و مدارهای عصبی دخیل در این تصمیمات خواهیم پرداخت. تئوری‌های normative انتخاب در علم اقتصاد و تئوری بازی با رفتار واقعی انسان، مقایسه و دلایل مغزی تطابق و افتراق از رفتار ایده‌آل بررسی خواهند شد..

سرفصل‌ها:

- مقدمه: تاریخچه ای از نوراکونومیکس
- احتمالات و قانون بیز
- ارزش و انتخاب
- Normative theory: Expected utility and risk sensitivity
- Discounting and impulsivity
- پارادوکس‌های رفتاری
- تئوری پروسپکت و مغز
- یادگیری و تصمیم‌گیری
- تئوری بازی در رفتار
- مدارهای مغزی قشری و زیر قشری دخیل در انتخاب و تصمیم گیری
- اختلالات تصمیم‌گیری

مراجع:

[1] Foundations of neuroeconomic analysis, 2011, Paul Glimcher

[2] Neuroeconomics 2013, Paul Glimcher

[3] Thinking and deciding, 2008, Jonathan Barron

[4] Behavioral game theory,2003, Colin F Camerer

نام درس: **یادگیری و حافظه**

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ۳ واحد
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

این درس شامل مباحث تئوری و آزمایشی مربوط به حافظه و یادگیری است. درس با نگاهی به تاریخچه فهم ما از مکانیزم حافظه و یادگیری در انسان و حیوانات شروع شده است و در ادامه تفاوت انواع حافظه، مدارهای مغزی مرتبط با آن و نیز اختلالات مربوط به هر نوع را بررسی می‌کند. همچنین نتایج جدید آزمایش‌ها در مورد یادگیری تشکیل و تثبیت حافظه و نیز فراخواندن آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

سرفصل‌ها:

- تاریخچه تحقیق روی حافظه و یادگیری
- habituation and sensitization
- LTP/LTD
- Global amnesia: patient HM
- مدل‌های حیوانی یادگیری و حافظه
- حافظه کاری (working memory)
- حافظه declarative
- حافظه procedural
- مدارهای قشری و زیر قشری حافظه
- Episodic memory, Place cells, Hippocampus
- Encoding and retrieval
- تثبیت حافظه (Consolidation)
- احساس و حافظه
- حافظه دروغین

مراجع:

[1] Neurobiology of learning and memory, 2008, Jerry W Rudy

[2] Learning and Memory: From Brain to Behavior. Gluck, M., Mercado, E., & Myers, C

[3] Principles of Neural Science, Fifth Edition, Kandel et al

***نام درس*: نوروساینس رفتاری حیوانات**

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ۳ واحد
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

این درس منحصر به فردی است که در آن کارکرد سیستم عصبی و رفتاری به‌طور مقایسه‌ای در حیوانات بررسی می‌شود. برخلاف دیگر دروس، تمرکز این درس بر موجودات و قابلیت‌های منحصر به فرد آنها است. در این درس سیستم عصبی حیوانات مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد و مدارهای خاص هرگونه که در تکامل آن‌گونه نقش ایفا می‌کنند، به‌طور موردی بررسی می‌شوند. این درس برای دانشجویانی که علاقه‌مند به فکر در حوزه‌هایی غیر از مدل‌های حیوانی رایج هستند، مناسب است و دانشجویان را تشویق به وارد شدن به حوزه‌های کمتر شناخته‌شده نوروساینس سیستم می‌کند.

سرفصل‌ها:

- آشنایی با neuroethology
- neurobiology and ethology
- Echolocation-bats
- Soundlocalization-owl
- Mate calling-cricket
- Mate recognition and courtship-electric fish
- Songbirds
- پردازش تصویر در مگس
- مکان‌یابی در موش
- نورواتولوژی محاسباتی

مراجع:

[1] Sakata, J. T., Woolley, S. C., Fay, R. R., & Popper, A. N. (Eds.). (2020). The Neuroethology of Birdsong (Vol. 71). Springer Nature.

[2] Huber, F., & Markl, H. (Eds.). (2012). Neuroethology and behavioral physiology: roots and growing points. Springer Science & Business Media

[3] Ewert, J. P., & Neuroethology, A. (1980). An Introduction to the Neurophysiological Fundamentals of Behavior

نام درس: ثبت، تصویر برداری و تحریک مغزی

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

این درس با هدف آشنا کردن دانشجویان با مهم‌ترین روش‌های مدرن ثبت فعالیت مغزی و نیز تحریک فعالیت مغزی که در علوم اعصاب سیستم مورد استفاده هستند، طراحی شده است. تمرکز این درس در روش‌های ثبت بر دو روش الکتروفیزیولوژی و اف ام آر آی است و در بحث تحریک عصبی، مباحثی مانند TMS, tDCS و نیز روش‌های ژنتیکی را معرفی می‌کند.

سرفصل‌ها:

- تاریخچه الکتروفیزیولوژی
- روش‌های ثبت in-vitro and in-vivo
- ثبت داخل سلولی و خارج سلولی
- تاریخچه fMRI
- BOLD منشأ و کانترستهای T1 T2
- K-space, functional sequences (e.g. EPI)
- fMRI preprocessing
- Univariate vs multivariate analysis
- Resting State
- Diffusion MRI
- High field MRI
- New Tehniques in fMRI
- TMS and tDCS
- روشهای ژنتیک شیمیایی و نوری: DREADS and optogentics

مراجع:

[1] Electrophysiology recording techniques, 2011, Vertes and Stackman

[2] Functional magnetic resonance imagin, 2004, Huettel et al

نام درس: سیستم‌های دینامیکی در علوم اعصاب

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

در رویکردهای علمی به پدیده‌های تجربی یکی از گام‌های مهم استخراج مفاهیم دقیق کاربردی از نتایج پدیده شناختی است. در پدیده‌های زیستی، این کار با سختی‌های زیادی روبه‌روست و در علوم اعصاب مشکلات دوچندان هم هست. یکی از رویکردهای مؤثر در ترجمه پدیده‌های قابل مشاهده در دستگاه عصبی، نگاه سیستم دینامیکی به فرایندهای این رشته است.

هدف این درس، تحلیلی از نحوه کارکرد نورون‌ها و ارتباط میان آنها به کمک مفاهیم سیستم‌های دینامیکی است.

سرفصل‌ها:

- پدیده‌شناسی سلول عصبی: آشنایی با مفهوم تحریک‌پذیری، پتانسیل عمل، پتانسیل استراحت، آستانه تحریک‌پذیری.
- الکتروفیزیولوژی سلول عصبی: تعادل، جریان‌های یونی، ابزارهای کار با نورون، انواع کانالهای یونی، مدل هاجکین و هاکسلی.
- آشنایی با سیستم‌های دینامیکی: میدان‌های برداری و معادلات دیفرانسیل عادی، شار یک میدان برداری، نقطه تعادل، پایداری، خطی سازی، مقادیر ویژه، جواب‌های تناوبی، نگاشت پوانکاره، سیستم‌های دینامیکی گسسته، پایداری جواب‌های تناوبی.
- نظریه انشعاب: مفهوم هم ارزی در سیستم‌های دینامیکی، هم ارزی موضعی، پایداری ساختاری، انشعاب، انشعاب‌های نقاط تعادل، انشعاب‌های جواب‌های تناوبی، انشعاب‌های با نقص بعد دو.
- بررسی مدل‌های کاهش‌یافته نورونی: معرفی مدل‌ها و بررسی نقاط تعادل، جواب‌های تناوبی و انشعاب‌های آنها، نوسان‌های آرامشی و اردک.
- تحریک‌پذیری: تعریف ریاضی تحریک‌پذیری، دسته‌بندی سلول‌های تحریک‌پذیر، تعریف ریاضی آستانه، مقایسه با تعاریف متداول، دو پایداری و پسماند.
- رگبار: سیستم‌های تند و کند، دسته‌بندی رگبار از نظر ریاضی، بررسی چند مدل رگبار.

- آشنایی با شبکه‌های نورونی.

مراجع:

[1] Izhikevich E.M, Dynamical Systems in Neuroscience, MIT Press 2007.

[2] Ermentrout G.B. and Terman D.H, Mathematical Foundations of Neuroscience, Springer 2010.

نام درس: استنتاج علّی در علوم اعصاب

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

در این درس، ابتدا با روش‌های مختلف یادگیری ساختارهای علّی از روی داده مشاهده از فعالیت‌های مغز آشنا خواهیم شد. سپس با استفاده از ساختارهای به‌دست‌آمده، میزان اثر علّی بخش‌های مختلف را به دست خواهیم آورد.

سرفصل‌ها:

- مدل‌های احتمالی گرافی

شبکه‌های بیز، I-map، d-separation

- مدل‌های معادلات ساختاری (SEM)

مداخلات، اثر علّی، Counterfactuals

- یادگیری ساختارهای علّی در مغز

یادگیری بر مبنای داده مشاهداتی: روش‌های قیدی (IC,PC)، روش‌های امتیازی (GES)، یادگیری با حضور متغیرهای مخفی (IC*,FCI)، کاربردها در تصویربرداری عصبی

یادگیری بر مبنای داده مداخله‌ای: محرک و پاسخ، انواع مداخلات، طراحی آزمایش مداخله با بودجه محدود

یادگیری بر مبنای داده مشاهداتی از چند محیط

یادگیری در سیستم‌های خطی (LiNGAM)، یادگیری بر مبنای متغیرهای ابزاری، کاربرد در تصویربرداری عصبی

یادگیری بر مبنای سری‌های زمانی: مفهوم علّیت گرینجر، متریک‌های وابستگی آماری در زمان، اطلاعات جهت‌دار

- استنتاج علّی از فعالیت‌های مغز

شروط Backdoor و Frontdoor، do-calculus، تحلیل واسطه‌ای

مراجع:

[1] Jonas Peters, Dominik Janzing, and Bernhard Schölkopf. Elements of Causal Inference: Foundations and Learning Algorithms. MIT press, 2018.

[2] Judea Pearl, Madelyn Glymour, and Nicholas P. Jewell. Causal inference in statistics: a primer. John Wiley & Sons, 2016.

[3] Judea Pearl. Causality. Cambridge university press, 2009.

[4] Peter Spirtes, Clark N. Glymour, and Richard Scheines. Causation, prediction, and search. MIT press, 2000.

نام درس: سنسورهای سیگنال‌های زیستی و عصبی

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

این درس مرور کوتاهی بر اصول بیوسنسورها و انواع عمومی آن است ، همراه با ارائه مقدمه‌ای بر اصول بیوسنسورهای متداول که با سرعت بالایی در حال پیشرفت در مشخصه و سرعت پاسخگویی هستند.در این درس به بررسی بیوسنسورها همچنین شامل سیستم‌های میکروالکترومکانیکی بیولوژیک/ بیومدیکال و ادوات بیوآنالیتیکال همراه با معرفی اصول اساسی و روش‌های آشکارسازی آن‌ها، می‌پردازیم. بیوسنسورهای مورد نظر در این درس، با استفاده از پروسه‌های شیمیایی/فیزیکی به‌عنوان مکانیزم تبدیل، سیگنال بیولوژیک را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کنند که این سیگنال‌ها می‌تواند به‌عنوان معیار تشخیص و مراقبت‌های پزشکی بخصوص در حوزه علوم اعصاب استفاده شود. این درس همچنین دانش زمینه بر مبنای نظریه‌های مربوطه و همین‌طور محدودیت‌های حاضر فناوری‌های بیوسنسوری را فراهم می‌کند. علاوه بر پوشش اصول حسگری، این درس به جزییات جنبه‌های ساخت با تکیه بر روش‌های microfabrication جهت کوچک‌سازی بعضی از این ادوات می‌پردازد. به‌علاوه، این درس بیوسنسورهای نوظهور را مورد بحث قرار می دهد.

سر فصل‌ها:

- مقدمه: معرفی بیوسنسور و انواع دسته‌بندی و عملکرد متریک آنها
- المان‌های تشخیص‌های بیوشیمیایی
- ولتامتری پریودیک - جریان تحت کنترل فرایند دیفیوژن
- بیوسنسورهای آمپرومتری الکتریکی
- بیوسنسورهای پتانسیومتری الکتریکی
- بیوسنسورهای بر مبنای اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی
- ISFET، یک بیوسنسور پتانسیومتری مجتمع
- ساختار ترانزیستورهای اثر میدانی بر مبنای پلیمرهای هادی
- سلول‌ها و ISFET ها به‌عنوان بیوسنسور
- اصول بیوسنسورهای اپتیکی

- بیوسنسورهای فیبر- اپتیکی بر مبنای اپتروید
- استفاده از نواسان پلازمون های سطحی در بیوسنسورهای اپتیکی
- بیوسنسوری بر مبنای فلوروسانس
- بیوسنسورهای اپتیکی بر مبنای تابش شیمیایی
- بیوسنسورهای بر مبنای ادوات میکروفلوییدیک
- نانوذرات در بیوسنسورها
- اصول عملکردی سنسورهای مغناطیس اسکویید (SQUIDs)
- مگنتوکاردیوگرافی (MCG) و مگنتوانسفالوگرافی (MEG) بر مبنای حسگرهای اسکویید

مراجع:

[1] Lecture notes - Cell-Based Biosensors: Principles and Applications, By Ping Wang & Qingjun Liu, 2010.

[2] Biosensors: An introduction, By Brian R. Eggins, R. Wiley, 1996

[3] Biosensors, by Elizabeth A. H. Hall, 1990

[4] Biosensors, By Tran Minh Canh, Chapman & Hall 1993

[5] Chemical sensors and biosensors, by Brian R. Eggins, John Wiley, 2002

[6] Medical Instrumentation Application and Design, 4th Ed, by John G. Webster, Wiley, 2011

[7] Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs, and Applications, 3rd Edition, By Jacob Fraden, Springer 2003. - OPTICAL BIOSENSORS: Today and Tomorrow, Edited by FRANCES S LIGLER and CHRIS ROWE TAITT, 2nd edition, Elsevier 2008.

نام درس: پردازش سیگنال‌های مغزی EEG

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

در این درس، دانشجویان با پردازش سیگنال‌های مغزی الکتروانسفالوگرام (EEG) آشنا می‌شوند. بدین منظور مراحل مختلف پردازش سیگنال‌های مغزی، شامل ثبت، پیش‌پردازش‌ها، حذف نویز و آرتیفکت، محاسبه ارتباطات مغزی، مکان‌یابی منابع مغزی و اعمال آزمون‌های آماری معرفی شده و استفاده از این سیگنال‌ها در کاربردهای مختلف مانند پردازش سیگنال‌های صرعی، سیگنال‌های خواب، رابط‌های مغز-رایانه و ... مورد بررسی قرار می‌گیرد. در هر یک از این بخش‌ها همراه با یادگیری الگوریتم‌ها و مباحث تئوری، پیاده‌سازی همه مراحل و بررسی نتایج بر روی داده‌های واقعی انجام خواهد شد.

سرفصلها:

- مقدمه: سیگنال‌های مغزی، تولید، ثبت و ویژگی‌ها
- دو دیدگاه پردازش سیگنال‌های مغزی: تصادفی و آشوبی
- نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال‌های مغزی و روش حذف آنها
- الگوهای سیگنال‌های مغزی و روش‌های تشخیص آنها
- ارتباطات مغزی (Brain Connectivity)
- مکان‌یابی منابع مغزی
- آزمون‌های آماری
- برخی از کاربردهای مهم
  - رابط‌های مغز-رایانه (BCI)
  - نوروفیدبک
  - پردازش سیگنال‌های صرعی (تشخیص تشنج و پیشگویی تشنج)
  - پردازش سیگنال‌های مرتبط با خواب و بیهوشی
  - تشخیص ناهنجاری‌ها و بیماری‌های مختلف (آلزایمر، افسردگی، پارکینسون و ...)

مراجع:

[1] Sanei, Saeid. "Adaptive processing of brain signals." John Wiley & Sons, 2013.

[2] Cohen, Mike X. Analyzing neural time series data: theory and practice. MIT press, 2014.

[3] Clerc, Maureen, Laurent Bougrain, and Fabien Lotte, eds. Brain-Computer Interfaces 1: Methods and Perspectives. John Wiley & Sons, 2016.

[4] Clerc, Maureen, Laurent Bougrain, and Fabien Lotte, eds. Brain-Computer Interfaces 2: Technology and Applications. John Wiley & Sons, 2016.

نام درس: شبکه‌های نورونی

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: سیستمهای دینامیکی در علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

هدف این درس، ارائه مدل‌های ریاضی برای شبکه‌های نورونی با ساختارهای پیچیده است. تحلیل آنها به‌خصوص در زمانی که سیستم مورد مطالعه همراه با نویز است، مستلزم استفاده از معادلات دیفرانسیل تصادفی است. در کنار آن ارائه مدل‌های تقریبی پیوسته از شبکه‌های نورونی وقتی تعداد نورون‌ها خیلی زیاد می‌شود، کمک بزرگی در بررسی کارکرد آن دارد.

سرفصل‌ها:

- مدل‌های ریاضی برای شبکه‌های نورونی: مدل‌های تک سلولی، اتصالات سیناپسی، ساختار شبکه، الگوهای نرخ شلیک، همگامی، معادلات ویلسون-کاون، معادلات تأخیری.
- نویز: آشنایی با معادلات دیفرانسیل تصادفی، فرآیند وینر، انتگرال تصادفی، فرمول ایتو، معادلات فوکر-پلانک، فرآیند پوآسون، مدل‌های تصادفی نرخ شلیک، مدل‌های تصادفی اسپایک.
- میدان‌های نورونی: شبکه‌های پیوسته نورونی، موج‌های رونده، موج‌های ایستا، Bumps، دینامیک مرز، الگوهای فضایی، مسائل وارون در میدان‌های نورونی.

مراجع:

[1] Ermentrout G.B. and Terman D.H, Mathematical Foundations of Neuroscience, Springer 2010.

[2] Coombes, S., beim Graben, P., Potthast, R., Wright, J., Neural fields theory and applications, Springer 2014.

نام درس: یادگیری در مغز و ماشین ۱

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳ درس ۱
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

بسیاری از روش‌های هوش مصنوعی برگرفته از مدل‌های محاسباتی مغز در پردازش و ادراک داده‌ها می‌باشند. از سوی دیگر، پیشرفت چشمگیر در ابداع و ارائه روشهای نوین یادگیری ژرف در حوزه هوش مصنوعی منجر به معرفی مدل‌ها و معماری های جدیدی برای توصیف نحوه تعامل لایه‌های مختلف مغز در پروسه‌های پردازش و ادراک به‌صورت سرتاسری شده است. هدف از این درس معرفی مدل های محاسباتی و یادگیری برگرفته از مباحث علوم اعصاب و هوش مصنوعی و مرور تناظرها و تفاوت های میان ساختارهای پردازشی دو متدولوژی با هدف بهینه‌سازی مدل های یادگیری می باشد.

سرفصلها:

در این درس ابتدا مدل‌های محاسباتی و یادگیری مبتنی بر دینامیک تعاملی در شبکه‌های نورونی مغز معرفی می‌شوند. این مدل‌ها شامل موارد زیر می‌باشند:

- معرفی روش محاسبه و یادگیری در مغز، نورانها و اسپایکها، سیناپس ها و شبکه عصبی، انعطاف پذیری سیناپسی، یادگیری هب، نقشه های محاسباتی، کدگزاری عصبی، خوشه‌بندی و یادگیری رقابتی، یادگیری سرپرستی شده و خودکار، شبکه‌های رو به جلو و بازگشتی، تعبیر حلقه فیدبک و پایداری، مدل دینامیک غیر خطی، مدل‌های گسسته و پیوسته برای متغیرهای شبکه، تصمیم سازی باینری و رگرسیون و استنتاج بیزی.

سپس مدل‌های یادگیری ژرف و ویژگی‌های محاسباتی و کاربردی آنها مورد بررسی قرار خواهند گرفت. سرفصل مطالب این قسمت شامل موضوعات زیر می‌باشد:

- شبکه های هوپفیلد و جذب کننده، ماشین بولتزمن، حافظه و نقشه های شناختی، مدل های پرسپترون چندلایه، شبکه‌های ژرف عصبی برای طبقه‌بندی و رگرسیون، شبکه‌های کانوولوشنی، شبکه‌های بازگشتی، شبکه‌های ژرف و نقش لایه‌های پنهان، روشهای یادگیری وزن‌ها، نقش بلوک‌های غیر خطی در

لایه‌های پنهان، حافظه‌های بلند کوتاه‌مدت، شبکه‌های بیزین، فرایادگیری و مدل‌های گرافیکی ژرف، اتو انکودرها، شبکه‌های متخاصم و تفسیر پذیری در شبکه های ژرف.

مراجع:

[1] Neuronal Dynamics: From single neurons to networks and models of cognition, Wulfram Gerstner, Werner M. Kistler, Richard Naud and Liam Paninski, Cambridge University Press, 2014.

[2] Fundamentals of Computational Neuroscience, Thomas Trappenberg, Oxford, 2009.

[3] Dynamical Systems in Neuroscience: The Geometry of Excitability and Bursting, Eugene M. Izhikevich, The MIT Press, 2010.

[4] Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems, Dayan, Peter, and L. F. Abbott, The MIT Press, 2004.

[5] Deep Learning, Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016.

نام درس: یادگیری در مغز و ماشین ۲

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: : یادگیری در مغز و ماشین ۱	همنیاز: ندارد

اهداف:

در این درس پس از معرفی ابزارهای محاسباتی و آماری مورد نیاز، نظریه ها، مدل‌ها و معماری های جدید برای کارکرد مغز در پردازش سرتاسری داده‌های تصویری مورد بررسی قرار خواهند گرفت. مباحث مورد ارائه در این درس شامل موارد زیر است:

- بررسی نظریه های GLOM و Thousand Brain در مدل سازی و یادگیری داده های تصویری، مدل های ژنراتیو برای تخمین تحریک ورودی، مدل های ژنراتیو ژرف برای تولید تصاویر، تخمین بیزین پسین، روش‌های بیشینه‌سازی توقع، مدل‌های تقسیم کار بین نورون‌ها مبتنی بر کدگذاری تکین، پردازش تصویر بر اساس فیلترهای برآمده از مدل تکین، توازن بین مدل‌های مبتنی بر کمینه خطای بازسازی و محدودیت تکین سازی، تعبیر خروجی لایه‌های پنهان ابتدائی پردازش در مغز با فیلترهای مشتق‌گیر جهت‌دار، بررسی نقش هریک از لایه‌های پردازش داده‌های تصویری در مغز، نقش فیدبک و معرفی مدل‌های کدینگ پیش‌بینانه و انرژی آزاد، تشکیل حافظه بر مبنای تنظیم اتصالات شبکه‌های نورونی در مدل هاپفیلد، بازسازی تجربه بصری از داده‌های گرفته شده از مغز.

در قسمت دوم درس به مباحث یادگیری تقویتی (Reinforcement Learning) در مدلسازی کارکرد مغز در حوزه هوش مصنوعی پرداخته خواهد شد. در این بخش، موضوعات زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- نظریه یادگیری تقویتی بر اساس نظریه یادگیری تعاملی در مغز انسان، نقش دوپامین در مغز به‌عنوان سیگنال خطای پیش‌بینی، مدل اکشن و پلیسی برای یادگیری، مسائل های تصمیم سازی مارکوف، توازن بین فعالیت اکتشافی و استفاده از دانش موجود، روش یادگیری عامل و منتقد. یادگیری Q، مدل‌های یادگیری بر مبنای شرطی‌سازی، استفاده از پاداش و جریمه به‌عنوان فیدبک، یادگیری مبتنی بر پیش‌بینی پاداش، مدل‌های یادگیری بر مبنای شرطی‌سازی، استفاده از پاداش و جریمه به‌عنوان فیدبک، یادگیری مبتنی بر پیش‌بینی پاداش، راهکارهای جدید در یادگیری تقویتی، کاربردهای یادگیری تقویتی.

مراجع:

[1] Reinforcement Learning: An Introduction, Richard S. Sutton, and Andrew G. Barto, The MIT Press, 2nd Edition, 2015.

[2] Algorithms for Reinforcement Learning, Csaba Szepesvari, Morgan and Claypool Publishers, 2010.

[3] Neuronal Dynamics: From single neurons to networks and models of cognition, Wulfram Gerstner, Werner M. Kistler, Richard Naud and Liam Paninski, Cambridge University Press, 2014.

[4] Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems, Dayan, Peter, and L. F. Abbott, The MIT Press, 2004.

[5] Fundamentals of Computational Neuroscience, Thomas Trappenberg, Oxford, 2009.

[6] Dynamical Systems in Neuroscience: The Geometry of Excitability and Bursting, Eugene M. Izhikevich, The MIT Press, 2010.

[7] Deep Learning, Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016.

نام درس: کنترل حرکتی

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: ثابت ۳
پیشنیاز: مبانی علوم اعصاب و مبانی ریاضی علوم اعصاب	همنیاز: ندارد

اهداف:

این درس بر پایه مدلسازی و کنترل سیستم حسگری و موتوری است و شامل مباحثی در خصوص سیستم عصبی-عضلانی، سینماتیک، دینامیک، کنترل، مدل‌ها و موضوعات مربوطه در علوم اعصاب می‌شود. در بخش مربوط به کاربرد این سیستم، به آزمایش‌های مشخصی در خصوص واسط مغز و رایانه در آزمایشگاه‌های مهندسی پزشکی و روباتیک و بینایی ماشین پرداخته می‌شود. مخاطبان این درس شامل دانشجویان سال آخر در مقطع کارشناسی و به‌ویژه دانشجویان دوره‌های تحصیلات تکمیلی می‌باشند که با اصول کنترل خطی، فیزیولوژی و بیواینسترومنت آشنا باشند. پروژه درس و برخی تمرین‌ها نیاز به آشنایی مناسب با نرم‌افزارهای رایج شبیه‌سازی و مدلسازی مانند MATLAB خواهند داشت.

سر فصل‌ها:

- مقدمه‌ای در خصوص سیستم‌های عضلانی و کنترل رفلکسی
- مدل ریاضی سیستم عصبی-عضلانی
- کنترل حسگری-موتوری از دیدگاه علوم اعصاب سیستمی
- سینماتیک
- دینامیک
- پایداری و توازن
- کنترل بهینه و کاربرد آن در سیستم حسگری-موتوری
- مدل‌های داخلی
- مکانیزم های یادگیری
- کاربردها

مراجع:

[1] Computational Neurobiology of Reaching and Pointing: A Foundation for Motor Learning, Shadmehr R, Wise SP, MIT Press, Cambridge MA.

[2] Principles of Neural Science, E.R. Kandel et al., 5th, McGraw-Hill

[3] Neuroscience, Purves et al, 3rd Edition, Sinauer Associates