جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه اصفهان

مشخصات کلی و برنامه دروس

کارشناسی ارشد مهندسی برق – کنترل
(Electrical Engineering - Control)

دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی برق

مصوب هفدهمین جلسه شورای دانشگاه

مورخ ۱۴۰۲/۳/۲۱

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس

کارشناسی ارشد مهندسی برق – کنترل
(Electrical Engineering - Control)

فهرست مطالب شماره صفحه

مشخصات کلی برنامه درسی مهندسی برق گرایش کنترل ۵

۱- مقدمه ۶

۲- اهداف ۶

۳- اهمیت و ضرورت ۷

۴- نقش، توانایی و شایستگی دانش آموختگان ۷

۵- تعداد و نوع واحدهای درسی ۷

جدول عناوین و مشخصات دروس ۸

جدول ۱: جدول نوع دروس ۹

جدول ۲: دروس تخصصی ۱۰

جدول ۳: دروس اختیاری ۱۱

جدول ٤: دروس جبرانی ۱۲

ویژگیهای هریک از دروس (هدف و سرفصل دروس) ۱۳

دروس تخصصی ۱٤

کنترل غیرخطی ۱۵

کنترل چندمتغیره ۱۷

کنترل بهینه ۱۹

شناسایی سیستم‌ها ۲۱

روش تحقیق ۲۳

سمینار ۲۵

دروس اختیاری ۲٦

فرایندهای تصادفی ۲۷

کنترل فازی ۲۹

یادگیری تقویتی ۳۱
شبکه‌های عصبی ۳۳
کنترل غیرخطی پیشرفته ۳۵
کنترل تطبیقی ۳۷
کنترل مقاوم ۳۹
کنترل در رباتیک ۴۱
رباتیک پزشکی ۴۳
مدل‌سازی سیستم‌های زیستی ۴۵
رباتیک ۴۷
ابزاردقیق پیشرفته ۴۹
کنترل صنعتی پیشرفته ۵۱
دستگاه‌های دینامیکی ۵۳
روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته ۵۴
مباحث ویژه در کنترل ۱ ..... ۵۶
مباحث ویژه در کنترل ۲ ..... ۵۷
پیوست ۵۸
جدول تطبیقی دروس تخصصی ۶۰
جدول تطبیقی دروس اختیاری ۶۱

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی مهندسی برق گرایش کنترل

۱- مقدمه

در راستای تحقق اهداف کلی برگزاری دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق – کنترل و با توجه به پیدایش روش‌های نوین و نیازهای صنعتی، لزوم بازنگری در برنامه‌ریزی دروس این دوره احساس می‌گردید. بنابر این مجموعه حاضر با هدف ایجاد منبعی مناسب برای برنامه‌های آموزشی و پژوهشی دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی برق ـ کنترل تهیه شده است. در این مجموعه ضمن تفکیک دروس در مجموعه‌های اصلی مربوط به کارشناسی ارشد رشته‌ی برق ـ کنترل برای هر درس تعداد واحد نظری یا عملی، دروس پیش نیاز و هم زمان، هدف از ارائه درس و رئوس مطالبی که بایستی پوشش داده شود، نحوه ارزیابی، بازدیدهای عملی و منابع و مراجع مربوطه به طور مفصل ارائه شده است. امید است تهیه این مجموعه گامی مؤثر در دستیابی بهتر و کامل‌تر دانش آموختگان این دوره به اهداف تعیین شده باشد تا بتوانند قابلیت‌های خود را در مراکز دانشگاهی و صنایع مختلف به کار گیرند.

۲- اهداف

به طور کلی دوره تحصیلات تکمیلی برق – کنترل یکی از دوره های آموزش عالی است که در پی پیشرفت و گسترش تئوری علم کنترل و نیز کاربردهای صنعتی آن تعریف شده است. این دوره به تکمیل دروس نظری و امور پژوهشی در زمینه کنترل پرداخته و سعی در تربیت نیروی انسانی متخصص جهت ارتقای سیستم‌های تولید از سنتی به خطوط اتوماسیون، بهره‌گیری از روشهای کنترل نوین، بهینه سازی، توسعه، نظارت، مدیریت، نگهداری از سیستم‌های الکتریکی، بهره‌گیری از فناوری‌های ربات‌ها و هوشمندسازی سیستم‌های صنعتی دارد. دروس پیش‌بینی شده به همراه تعداد واحدی که برای تحقیقات و پژوهش درنظر گرفته می‌شود به گونه‌ای است که دانش آموختگان این دوره هم قابلیت فعالیت در مراکز صنعتی درگیر با مسائل کنترل مانند صنایع الکترونیک ایران (صا ایران)، نیروگاه‌های برق، مجتمع فولاد مبارکه، پتروشیمی و ذوب آهن اصفهان و ... را داشته و هم بتوانند با ادامه تحصیلات آکادمیک به امور آموزشی و پژوهشی بپردازند.

۳- اهمیت و ضرورت

تربیت کارشناسان مهندسی کنترل با توجه به موارد زیر از ضرورت‌های غیر قابل صرفنظر کردن در دنیای مدرن است:

- گسترش و نفوذ روزافزون فناوری و دانش مهندسی برق در ابعاد صنعتی، تولیدی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و خدماتی
- بروز رسانی دانش مهندس‌ها جهت ارتقای کیفی
- توسعه توانایی بهره‌برداری از مواهب و استعدادها در این زمینه
- لزوم همگامی با پیشرفته‌های جهانی در این زمینه

۴- نقش، توانایی و شایستگی دانش آموختگان

دانش آموختگان این دوره آمادگی و مهارت‌های زیر را به دست خواهند آورد:

- مهارت کافی در شناخت، نحو عملکرد و چگونگی نگهداری و بهره‌برداری سیستم‌ها، کنترل و اجرای پروژه‌ها بخصوص به صورت گروهی و کسب توانایی‌های لازم جهت تجزیه و تحلیل سیستم‌ها و طراحی آنها
- فراگیری مستمر، شناسایی و بهره‌برداری تکنولوژی‌های جدید و ارزیابی آنها به منظور کاربرد در طراحی، توسعه و نوآوری
- شرکت در پروژه‌های صنعتی، تحقیقاتی و بررسی‌های فنی در زمینه‌های تخصصی کنترل

۵- تعداد و نوع واحدهای درسی

تعداد کل واحد در نظر گرفته شده برای دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق، گرایش کنترل برابر ۲۹ واحد علاوه بر دروس جبرانی است که طبق جدول (۱) شامل دروس تخصصی (۱۴ واحد)، اختیاری (۹ واحد) و پروژه کارشناسی ارشد (۶ واحد) است.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول ۱: جدول نوع دروس

ردیف	نوع واحد درسی	تعداد واحد
۱	تخصصی	۱۴
۲	اختیاری	۹
۳	پایان‌نامه	۶
جمع		۲۹

جدول ۲: دروس تخصصی

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		پیش نیاز یا هم نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	کنترل غیرخطی	۳		۴۸		---
۲	کنترل چندمتغیره	۳		۴۸		---
۳	کنترل بهینه	۳		۴۸		---
۴	شناسایی سیستم	۳		۴۸		---
۵	سمینار	۱		۱۶		---
۶	روش تحقیق	۱		۱۶		---
جمع کل		۱۴		۲۲۴		

جدول ۳: دروس اختیاری

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		پیش نیاز یا هم نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	فرآیندهای تصادفی	۳		۴۸		---
۲	کنترل صنعتی پیشرفته	۳		۴۸		---
۳	رباتیک	۳		۴۸		---
۴	ابزاردقیق پیشرفته	۳		۴۸		---
۵	شبکه‌های عصبی	۳		۴۸		---
۶	کنترل فازی	۳		۴۸		---
۷	رباتیک پزشکی	۳		۴۸		---
۸	کنترل در رباتیک	۳		۴۸		---
۹	یادگیری تقویتی	۳		۴۸		---
۱۰	مدل‌سازی سیستم‌های زیستی	۳		۴۸		---
۱۱	کنترل تطبیقی	۳		۴۸		---
۱۲	کنترل غیرخطی پیشرفته	۳		۴۸		کنترل غیرخطی
۱۳	کنترل مقاوم	۳		۴۸		---
۱۴	دستگاه‌های دینامیکی	۳		۴۸		---
۱۵	روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته	۳		۴۸		---
۱۶	مباحث ویژه در کنترل I	۳		۴۸		---
۱۷	مباحث ویژه در کنترل II	۳		۴۸		---
۱۸	اخذ دو درس از دروس دیگر گرایش‌ها و رشته‌های مرتبط	۶		۹۶		---
	جمع کل	۵۷		۹۱۲		

دانشجویان باید ۹ واحد از ۵۷ واحد اختیاری را اخذ نمایند.

جدول ٤: دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		پیش نیاز یا هم نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	کنترل مدرن	۳		۴۸		---
۲	کنترل دیجیتال	۳		۴۸		---
جمع کل		-		-		

شرایط اخذ دروس جبرانی:

- در صورت عدم اخذ این درس‌ها در مقطع کارشناسی، برای دانشجویان کارشناسی ارشد کنترل دو درس جبرانی (ارائه شده در جدول شماره ۴) با واحد معادل صفر از دوره‌ی کارشناسی در نظر گرفته شده، که بایستی با موفقیت گذرانده شوند.

فصل سوم

ویژگیهای هریک از دروس (هدف و سرفصل دروس)

دروس تخصصی

کنترل غیرخطی

(Nonlinear Control)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: -
نوع درس: تخصصی	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس، توصیف و تحلیل پایداری سیستم‌های غیرخطی و طراحی برخی کنترل‌کننده‌ها برای اینگونه سیستم‌ها مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

- مقدمه: معرفی سیستم غیرخطی، ویژگیهای سیستم‌های غیرخطی.
- مقدمات ریاضی: معادلات توصیف کننده، وجود و یکتایی جواب، شرط لیپشیتز.
- آنالیز سیستم‌های غیرخطی در صفحه فاز: معرفی پرتره فاز، نقاط تعادل، سیکل حدّی، آنالیز صفحه فاز سیستم خطی شده.
- تئوری لیاپانف: مفهوم پایداری یک نقطه تعادل، خطی‌سازی و پایداری محلی، روش مستقیم لیاپانف، قضیه لیاپانف برای پایداری محلی و فراگیر، قضیه لاسل، آنالیز لیاپانف برای سیستم‌های LTI ، معکوس قضیه لیاپانف.
- تئوری پایداری پیشرفته: پایداری سیستم‌های غیرخطی تغییرپذیر بازمان، لم باربالت، Comparison Functions، کرانداری پاسخ سیستم، آشنایی با پایداری ورودی به حالت (ISS) و لینک آن با پایداری نمایی سراسری (GES) و پایداری مجانبی سراسری (GAS).
- تابع توصیفی: معرفی، محاسبه تابع توصیفی برخی از المانها، پیش بینی سیکل حدی با استفاده از تابع توصیفی.
- کلیاتی بر طراحی کنترل‌کننده‌های غیرخطی: طراحی بر اساس تابع لیاپانف.
- روش طراحی خطی‌سازی با فیدبک: خطی‌سازی Input-State ، خطی‌سازی ورودی–خروجی، دینامیک صفر (The Zero –Dynamics).
- کنترل مد لغزشی: معرفی صفحه لغزش، طراحی کنترل‌کننده، مسئله چترینگ.
- روش بازگشت به عقب (Backstepping) .

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : ـ

منابع اصلی:

1- J. Slotine and W. Li, “Applied Nonlinear Control”, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1991.
2- H. K. Khalil, “Nonlinear Systems”, 3rd Edition, Prentice Hall Inc, Newjersy, 2002.
3- H. K. Khalil, “Nonlinear Control”, Pearson Education Limited, 2014.

منابع فرعی:

1- Isidori, “Nonlinear Control Systems”, 3rd Edition. Springer Verlag, 1995.
2- S.S. Sastry, Nonlinear Systems: Analysis stability and control, springer-verlag 1999.

کنترل چندمتغیره

(Multivariable Control)

تعداد واحد نظری : ۳	تعداد واحد عملی : – حل تمرین : –
نوع درس : تخصصی	پیش نیاز : –

هدف درس:

در این درس به معرفی ابزارهای لازم جهت نمایش، تحلیل، طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل چند ورودی– چندخروجی پرداخته می‌شود.

رئوس مطالب:

- آشنایی با سیستم‌های کنترل چندمتغیره: تفاوت‌های سیستم‌های تک ورودی– تک خروجی با سیستم‌های چندمتغیره، مفاهیم مربوط به صفرها و قطب‌های سیستم.
- نمایش سیستم‌های چندمتغیره: روش فضای حالت، ماتریس تابع انتقال، فرم اسمیت– مک میلان
- تحلیل سیستم‌های چندمتغیره: قضیه پایداری داخلی و آرایه‌های نایکویست
- پایداری و عملکرد مقاوم سیستم‌های چندمتغیره: معیارهای رفتار نامی و مقاوم سیستم، معیار تسلط قطری، روش‌های کاهش اثر اختلال و نویز و تحلیل پایداری مقاوم.
- کنترل سیستم‌های چند ورودی–چند خروجی: روش‌های کاهش مرتبه در سیستم‌های دینامیکی، مسئله جایابی صفر، آرایه بهره نسبی برای تخصیص ورودی–خروجی، راهبردهای متمرکز و غیرمتمرکز، طراحی به روش حلقه بستن ترتیبی، طراحی کنترل‌کننده تناسبی– انتگرال گیر و روشهای مستقیم و معکوس نایکوئیست.

روش ارزشیابی

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : –

منابع اصلی:

1- J. M. Maciejowski, “Multivariable Feedback Design”, Wesley, 1989.
2- S. Skogestad, I. Postlethwaite, Multivariable Feedback Control, Wiley, 2005
3- A. Khaki-Sedigh, B. Moaveni, Control Configuration Selection in Multivariable Plants, Springer, 2009.

۴- خاکی صدیق، ع (۱۳۹۹). تحلیل و طراحی سیستمهای کنترل چندمتغیره (ویراست ششم)، انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

کنترل بهینه

(Optimal Control)

تعداد واحد نظری : ۳	تعداد واحد عملی : – حل تمرین : دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس کاملا ریاضی است و در آن برای درک بهتر مطالب درسی، تمرین‌های متنوع کامپیوتری و غیره مطرح می‌شود.
نوع درس : تخصصی	پیش نیاز : –

هدف درس:

در این درس معرفی ابزارهای لازم جهت بهینه‌سازی توابع هزینه مطرح در تئوری کنترل و تحلیل، طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل بهینه مطرح می‌شود.

رئوس مطالب:

- مقدمه ای بر بهینه سازی استاتیکی، شرایط Karush-Kuhn- Tucker و مسئله دوگان
- حساب تغییرات: مبانی ریاضی بهینه‌سازی، یافتن نقاط بهینه توابع، مفهوم تابعک و محاسبه اکسترمال، معرفی انواع شرایط مرزی در حل مسائل بهینه‌سازی و مسائل مرتبط.
- کنترل بهینه LQR : معرفی توابع هدف در کنترل بهینه، معرفی تابع همیلتونین، تنظیم‌کننده‌های مربعی خطی، انتخاب ماتریسهای وزنی، حل مسئله LQR با استفاده از تابع همیلتونین، حل مسئله LQR با تعریف معادله دیفرانسیل ریکاتی، معرفی معادله جبری ریکاتی.
- برنامه‌ریزی پویا: استراتژی پیش‌رو و پس‌رو، تکنیک برنامه‌ریزی پویا در حالت پیوسته و گسسته، گسسته سازی معادلات سیستم.
- بهینه‌سازی مقید و نامقید: اصل حداقل‌یابی پونتریاگن، اعمال قید روی ورودی کنترلی، وجود قید روی کران حالتهای سیستم، حل مسائل بهینه‌سازی مقید.
- آشنایی با سیستم‌های کنترل بهینه مقید: معرفی مسئله حداقل انرژی، مسئله حداقل سوخت، مسئله حداقل زمان.
- روش LQG : کنترل بهینه در حضور نویز خارجی.
- تخمین بهینه حالت‌ها و فیلتر کالمن: معرفی معیار تخمین بهینه، معرفی فیلتر کالمن، شرایط اعمال شده روی نویز خارجی برای طراحی فیلتر
- معرفی کنترل پیش‌بین

روش ارزشیابی

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : –

منابع اصلی:

1- D.S. Naidu, “Optimal control systems”, CRC Press, 2003.
2- S. A. Jasbir, “Introduction to optimum design”, 4th Edition, Academic Press, 2016
3- D. E. Kirk, “Optimal Control Theory”, Dover Pub., 2004.
4- F. L. Lewis, D. Vrabie, V. L. Syrmos, “Optimal Control”, 3rd Edition, Wiley, 2012

منابع فرعی:

1- K. Zhou, “Robust and Optimal Control”, Prentice-Hall, 1996.
2- L. Fortuna, M. Frasca, A. Buscarino, “Optimal and Robust Control: Advanced Topics with MATLAB”.2nd Edition, CRC Press, 2021
3- D. Bertsekas, “Dynamic Programming and Optimal Control” 4th Edition, Athena Scientific, 2017

شناسایی سیستم‌ها

(System Identification)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس کاملا ریاضی است و در آن برای درک بهتر مطالب درسی، تمرین‌های متنوع کامپیوتری و غیره مطرح می‌شود.
نوع درس: تخصصی	پیشنیاز: –

هدف درس :

در این درس به آشنایی با مفاهیم و روش‌های کاربردی در شناسایی مدل سیستم‌ها به ویژه سیستمهای خطی تغییرناپذیر با زمان پرداخته می‌شود.

رئوس مطالب :

- مقدمه ای بر مدل‌سازی و شناسایی ، معرفی مدل استاندارد ، مراحل شناسایی و دسته‌بندی روشها، جمع‌آوری اطلاعات ورودی خروجی ، بررسی سیگنالهای تحریک در شناسایی سیستم و سیگنال PRBS
- مروری بر سیگنالهای قطعی و تصادفی و تبدیل FFT ، سیستمهای گسسته زمان و تبدیل z ، مبانی احتمال و متغیرهای تصادفی ، فرایندهای تصادفی و فرایندهای شبه ایستان
- روشهای غیرپارامتری شناسایی سیستم، مرور روشهای کلاسیک، فرایندهای تصادفی و سیستمهای LTI ، شناسایی به روش تابع همبستگی
- روش حداقل مربعات خطا (روش پارامتری) ، معادله رگرسیون خطی و محاسبه پارامتر، تفسیر برداری و روش WLS
- بایاس در تخمینگرهای خطی و روش LS ، روش IIV ، مروری بر مدلهای ARMAX و BJ ، کواریانس در تخمینگرهای خطی و روش LS
- روش‌های شرطی در شناسایی سیستم، بررسی روش‌های شناسایی پارامتر MLE و MAP ، نامساوی کرامر رائو
- روش‌های تکراری و بازگشتی در شناسایی سیستم، تکنیک PEM و روش بازگشتی حداقل مربعات خطا RLS
- مباحث تکمیلی در شناسایی سیستم ، ارزیابی مدل ، شناسایی سیستمهای حلقه بسته ، مروری بر شناسایی سیستمهای غیرخطی

روش ارزیابی :

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

منابع اصلی :

۱- م. کراری، شناسایی سیستم، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۸.
2- L. Ljung, “System Identification: Theory for the User”, 2nd Ed., Prentice Hall, 1998.
3- T. Soderstrom, P. Stoica, “System Identification”, Prentice Hall, 1989.

منابع فرعی:

1- J. Chen and G. Gu, “Control-oriented System Identification: An H_∞ Approach”, Wiley 2000.
2- K. J. Keesman, “System Identification: An Introduction (Advanced Textbooks in Control and Signal Processing)”, Springer, 2011.

روش تحقیق

(Research Methodology)

تعداد واحد نظری: ۱	تعداد واحد عملی: ــ حل تمرین: –
نوع درس: تخصصی	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس کسب مهارت در اصول و روشهای انجام تحقیق، اصول تهیه انواع ارائه های نوشتاری، مسائل مطرح در اجرای انواع ارائه های گفتاری و معرفی ابزارهای مربوطه مطرح می‌گردد.

رئوس مطالب:

- نحوه و اصول انجام تحقیق علمی
  - آشنایی با انواع مدارک علمی قابل استناد (انواع مقالات (علمی، مروری، نامه ای)، مقالات مجله، مقالات کنفرانسی)
  - آشنایی با جستجوی مدارک علمی
  - اعتبار سنجی مدارک علمی
- اصول ارائه شفاهی مطالب علمی
  - اصول اساسی در سخنرانی و ارائه مطالب
  - نحوه تهیه اسلاید
- اصول ارائه کتبی مطالب علمی
  - اصول کلی نگارش متون
  - اصول نوشتن پروپوزال، مقاله و پایان نامه
- اخلاقیات در انتشارات علمی
- آشنایی با انجمنهای علمی و همایشهای مختلف در حوزه تخصصی
- معرفی نرم افزارهای کاربردی (Word, PowerPoint, Excel, Visio, Endnote, …)

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
–	–	+	+

منابع اصلی:

۱- م. روحانی رانکوهی،شیوه ارائه مطالب علمی- فنی، انتشارات جلوه، ۱۳۹۲.
۲- ح. لسانی، روش تحقیق در فنی و مهندسی و علوم تجربی، انتشارات قائم، ۱۳۹۴.

سمینار

(Seminar)

تعداد واحد نظری: ۱	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: تخصصی	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس آموزش انجام یک پژوهش علمی و ارائه گزارش کتبی و شفاهی در مورد موضوع پژوهش انجام می‌گیرد.

رئوس مطالب:

دانشجویان باید بر روی یک موضوع که می‌تواند در خصوص موضوعات تحقیقاتی مختلف که در زمینه الکترونیک دیجیتال باشد تحقیق نموده و ضمن آشنایی و انجام مراحل یک تحقیق، گزارشی در این مورد تهیه و سپس طی جلسه ای با سخنرانی آن را ارائه نمایند.

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	–	–	+

دروس اختیاری

فرایندهای تصادفی

(Stochastic Processes)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس کاملا ریاضی است و در آن برای درک بهتر مطالب درسی، تمرین‌های متنوع کامپیوتری و غیره مطرح می‌شود.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس ارائه‌ی پایه‌های تئوریک برای بیان آماری فرایندهای تصادفی و تبیین ابزارهای ریاضی لازم برای تجزیه و تحلیل و پردازش‌های مربوط به فرایندهای تصادفی گسسته و پیوسته‌ی و کاربرد آنها در مخابرات و پردازش سیگنال مطرح می‌شود.

رئوس مطالب:

- مرور تئوری احتمالات و متغیرهای تصادفی گسسته و پیوسته
- بیان متغیرهای تصادفی برداری، بردارهای تصادفی توامان گوسی، تولید متغیرهای تصادفی برداری همبسته
- تعریف و بیان آماری فرایندهای تصادفی، معرفی میانگین‌های زمانی و آماری
- توابع همبستگی و چگالی طیف توان
- مفاهیم ایستانی به معنای دقیق، ایستانی با تسامح، ایستانی گردشی
- پیوستگی، مشتق و انتگرال فرایندهای تصادفی
- بسط‌های فرایندهای تصادفی بر حسب سیگنال‌های پایه
- معرفی رده‌های خاص از فرایندهای تصادفی شامل فرایندهای گوسی، پواسون، مارکف و مارتینگل
- بیان آماری نویز و معرفی انواع آن، انواع روش‌های فیلتر کردن آماری
- روش‌های مختلف تخمین
- معرفی زنجیره‌های مارکف

روش ارزیابی:

ارائه سمینار	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	–

بازدید : ـ

منابع اصلی:

1- A. L. Garcia, “Probability and Random Processes for Electrical Engineering”, Prentice Hall, 3rd Edition, 2008.
2- A. Papoulis, S. U. Pillai, “Probability, Random Variables and Stochastic Processes”, 4th Edition, McGraw-Hill, 2002.
3- G. R. Grimmett, D. R. Stirzaker, “Probability and Random Processes”, 4th Edition, Oxford University Press, 2020.

منابع فرعی:

1- H. Stark, J. W. Woods, “Probability, Random Processes and Estimation Theory for Engineers”, 4th Edition, Prentice Hall, 2012.
2- W. A. Gardner, “Introduction to Random Processes”, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1990.

کنترل فازی

(Fuzzy Control)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس کاملا ریاضی است و در آن برای درک بهتر مطالب درسی، تمرین‌های متنوع کامپیوتری و غیره مطرح می‌شود.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس تحلیل و طراحی کنترل‌کننده‌ای که بتواند رفتار خود را در پاسخ به تغییرات سیستم و اغتشاشات وارد به آن با استفاده از نظریه فازی اصلاح نماید، طرح می‌شود.

رئوس مطالب:

- مقدمه (معرفی، جایگاه کنترل فازی در مقایسه با سایر روش‌های کنترلی، تعاریف، اصول و منطق فازی).
- ریاضیات فازی (مجموعه ها، توابع عضویت روابط، قوانین و متغییر های زبانی)
- سیستم های فازی (معادل سازی، فازی سازی و پایگاه قوانین و موتور استنتاج فازی).
- طراحی کنترل‌کننده های فازی (روش سعی و خطا، انواع کنترل‌کننده های فازی مانند انواع کنترل‌کننده PID، کنترل‌کننده لیاپونوفی، بهینه و...).
- طراحی فازی سیستم، شناسایی و تقریب زدن فازی سیستم با استفاده از داده های ورودی و خروجی.
- طراحی کنترل‌کننده فازی برپایه مدل سیستم مانند تاکاکی، سوگنو و کنگ (TSK)
- رویت‌کننده‌های فازی و انواع کنترل‌کننده های فازی بر پایه مدل

روش ارزیابی:

ارائه سمینار	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : ـ

منابع اصلی:

1- L. X. Wang, "A Course in Fuzzy Systems and Control", Prentice-Hall, 1997.
2- G. Feng, “Analysis and Synthesis of Fuzzy Control Systems: A Model-Based Approach”, CRC Press, 2010
3- Jan Jantzen, “Foundations of Fuzzy Control”, 2nd Edition, Wiley, 2013.

منابع فرعی:

1- K. M. Passino and S. Yurkovich, “Fuzzy Control”, Addison Wesley Longman, CA, 1998.
2- M. Ahmadieh Khanesar, O. Kaynak, E. Kayacan, “Sliding-Mode Fuzzy Controllers”, Springer, 2021

یادگیری تقویتی

(Reinforcement Learning)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس کاملا ریاضی است و در آن برای درک بهتر مطالب درسی، تمرین‌های متنوع کامپیوتری و غیره مطرح می‌شود.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس :

در این درس مفاهیم پایه و روش‌های پرکاربرد یادگیری تقویتی بعنوان الگوریتم‌هایی برای شناخت محیط و تصمیم‌گیری بهینه در راستای بیشینه‌سازی پاداش‌های دریافتی در حوزه مهندسی به تفصیل بررسی خواهد شد.

رئوس مطالب :

- مقدمه: تاریخچه و اهمیت یادگیری ماشین، معرفی و مقایسه روش‌های یادگیری نظارت شده، نظارت نشده و نیمه‌نظارتی
- معرفی و فرمول‌بندی یادگیری تقویتی مبتنی بر مفاهیم پایه: محیط (Environment)، عامل (Agent)، کنش (Action)، حالت (State)، سیاست (Policy)، تابع پاداش (Reward Function) و تابع ارزش (Value Function)
- فرآیندهای تصادفی: مروری بر تئوری احتمال، متغیرها و فرآیندهای تصادفی، تئوری تخمین، خاصیت مارکوف، خواص زنجیره مارکوف و فرآیند تصمیم‌گیری مارکوف
- روش‌های یادگیری تقویتی: روش‌های جدولی، برنامه‌ریزی پویا، روش‌های مونت کارلو و تفاضل موقتی
- الگوریتم‌های یادگیری تقویتی: سارسا (SARSA) ، یادگیری کیو (Q-Learning) و آرمکس (R-max)
- روش‌های تخمین و پیش‌بینی مبتنی بر سیاست‌های فعال (On-Policy) و سیاست‌های غیرفعال (Off-Policy)
- تحلیل یادگیری تقویتی مبتنی بر نظریه کنترل و بررسی مثال‌های کاربردی در حوزه مهندسی
- معرفی جعبه‌ابزارها و کتابخانه‌های پرکاربرد در نرم‌افزارهای یادگیری تقویتی

روش ارزیابی :

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

منابع اصلی :

1- Richard S. Sutton and Andrew G. Barto, “Reinforcement Learning: An Introduction”, MIT Press, Cambridge, MA, 2018.
2- Csaba Szepesvari, “Algorithms for Reinforcement Learning”, Morgan & Claypool Publishers, 2009.
3- Hao Dong, Zihan Ding and Shanghang Zhang “Deep Reinforcement Learning: Fundamentals, Research and Applications”, Springer, Singapore, 2020.
4- Christopher M. Bishop, “Pattern Recognition and Machine Learning”, Springer, New York, 2006.

شبکه‌های عصبی

(Neural Networks)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس تبیین و تحلیل انواع شبکه‌های عصبی و کاربردهای هریک به همراه توانایی‌ها و محدودیت انواع شبکه‌های عصبی مطرح می‌شود.

رئوس مطالب:

- مقدمه‌ای بر شبکه‌های مصنوعی، شبکه‌های عصبی بیولوژی، ساختار نرون بیولوژیکی، انتقال پالس عصبی، ساختار شبکه عصبی مغز، شبکه عصبی مصنوعی، مدلسازی ریاضی نرون، توابع تحریک، ساختارهای مختلف، مدلسازی یادگیری در شبکه‌های عصبی مصنوعی، بازشناسی الگو، تعاریف، ساختار کلی سیستم بازشناسی الگو، انواع روش‌های آن.
- پرسپترون تک لایه، ساختار اصلی، قانون یادگیری در حالت الگو به الگو و دسته‌ای، محدودیت‌ها، مثال‌ها.
- شبکه‌های عصبی انجمنی، تعاریف، یادگیری هب در حالت بدون ناظر، یادگیری هب در حالت با ناظر و آنالیز آن، یادگیری مبتنی بر کمینه سازی خطا.
- شبکه‌های عصبی رقابتی، شبکه عصبی همینگ، یادگیری رقابتی و مشکلات آن، نگاشت خود سازمانده، شبکه عصبی کوهنن.
- شبکه‌های عصبی بازگشتی، مدل هاپفیلد گسسته و عملکرد آن به عنوان حافظه انجمنی، مفهوم انرژی، قانون یادگیری، مثال ها.
- مبانی کمینه سازی، انواع نقاط بهینه، بررسی توابع درجه دوم، الگوریتم تندترین کاهش و مثال‌ها، شبکه عصبی آدالاین، حل تحلیلی، یادگیری LMS به صورت الگو به الگو و دسته‌ای، مثال ها و محدودیت ها.
- شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه، ساختار اصلی توانایی‌ها، پس انتشار خطا در حالت الگو به الگو و دسته‌ای، مثال‌ها، محدودیت‌های یادگیری مبتنی بر پس انتشار خطا، الگوریتم‌های یادگیری بهبود یافته، تقریب توابع، تعیین ساختار، تعمیم پذیری.
- شبکه‌های عصبی عمیق و یادگیری در آنها، شبکه‌های پیچشی و کاربردها، مثال هایی از انواع شبکه‌های عصبی عمیق متداول.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	–	+	+

بازدید : ـ

منابع اصلی:

1- K. Thippeswamy, “Artificial Neural Network: Incorporating Optimized Algorithm”, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2021.
2- F.M. Salem, “Recurrent Neural Networks: From Simple to Gated Architectures”, Springer, 2022.
3- B. Mehlig, “Machine Learning with Neural Networks: An Introduction for Scientists and Engineers”, New Edition, Cambridge University Press, 2021.
4- C.C. Agarwal, “Neural Networks and Deep Learning: A Textbook”, Springer, 2018.

منابع فرعی:

1- D. Graupe, “Principles of Artificial Neural Networks, Advanced Series in Circuits and Systems”, Vol. 6, World Scientific, 2007.
2- S. Haykin, “Neural Networks: A Comprehensive Foundation”, 3rd Edition, Pearson Education, 2009.
۳- م. ب. منهاج، مبانی شبکه های عصبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ دوازدهم، ۱۳۹۷.

کنترل غیرخطی پیشرفته

(Advanced Nonlinear Control)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین:
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: کنترل غیرخطی

هدف درس:

در این درس در بخش نخست مباحث پیشرفته مربوط به تحلیل پایداری مطرح می‌گردد. در بخش دوم نیز طراحی کنترل‌کننده برای سیستم‌های غیرخطی بر اساس روشهای غیرخطی مقاوم و نیز مبتنی بر طراحی رویتگر ارائه می‌شود.

رئوس مطالب:

- قضایای وجود و یکتایی جواب برای سیستم‌های غیرخطی
- قضیه منیفلد مرکزی
- مقدمه‌ای بر پدیده دوشاخگی یا انشعاب
- پایداری لیاپانوف سیستم‌های ناخودگردان
- بررسی پایداری مجانبی و پایداری نمایی سیستم‌های غیرخطی بر اساس Converse Theorems
- پایداری سیستم‌های مختل شده
- پایداری ورودی– حالت و پایداری ورودی–خروجی
- کنترل بر اساس Passivity
- خطی‌سازی فیدبک برای سیستمهای چند ورودی–چند خروجی
- خطی‌سازی فیدبک مقاوم
- مباحث پیشرفته در کنترل مد لغزشی
- روش پسگام (Backstepping)
- رویتگرهای غیرخطی و کنترل مبتنی بر رویتگر
- رویتگر اغتشاش

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : ــ

منابع اصلی:

1. H. K. Khalil, Nonlinear systems, 3rd Edtion, Prentice Hall, 2002.
2. S. H. Li, J. Yang, and W.H. Chen, Disturbance Observer Based Control Methods and Applications. USA: CRC Press, 2014.
3. Y. Shtessel, C. Edwards, L. Fridman, and A. Levant, Sliding Mode Control and Observation, Birkhäuser Basel, 2014.

منابع فرعی:

1. Isidory, Nonlinear Control Systems, Springer 1995.
2. S. S. Sastry, Nonlinear Systems: Analysis Stability and Control, Springer-Verlag 1999.
3. M. Vidyasagar, Nonlinear Systems Analysis, 2nd Edtion, Prentice Hall, 1993.
4. L. Perko, Differential Equation & Dynamical System, Springer-Verlag, 2001.

کنترل تطبیقی

(Adaptive Control)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: -

هدف درس:

در این درس ارائه روشهای تخمین پارامترها و شناسایی سیستم‌های نامعین، طراحی سیستم‌های کنترل تطبیقی و کاربردهای آن طرح می‌گردد.

رئوس مطالب:

- جایگاه و ضرورت کنترل تطبیقی و تاریخچه تکامل آن
- معرفی روش حداقل مربعات خطا جهت تخمین پارامترها و شناسایی سیستم
- طراحی جایابی قطب بر اساس مدل تابع انتقال سیستم و معرفی رگلاتورهای خود تنظیم حداقل واریانس
- طراحی رگولاتورهای خود تنظیم به روش مستقیم و غیرمستقیم
- اصول روش زمان‌بندی بهره
- کنترل‌کننده‌های تطبیقی تصادفی
- تخمین پارامترها بر اساس مدل فضای حالت و طراحی رویتگر حالت تطبیقی
- طراحی سیستم‌های کنترل تطبیقی مدل مرجع
- سیستم‌های کنترل تطبیقی در حضور اغتشاشات و طراحی کنترل‌کننده تطبیقی مقاوم
- کاربردهای عملی کنترل‌کننده‌های تطبیقی

روش ارزیابی:

ارائه سمینار	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : ـ

منابع اصلی:

1. K. J. Astrom, “Adaptive Control”, 2nd Edition, Addison-Wesley, 2008.
2. G. C. Goodwin, K. S. Sin, “Adaptive Filtering Prediction and Control”, Dover Publications, 2009.
3. P. Ioannou, B. Fidan, “Robust Adaptive Control”, SIAM, 1996.

منابع فرعی:

1- I.D. Landau, R. Lozano, M. M'Saad, A. Karimi, “Adaptive Control: Algorithms, Analysis and Applications”, 3rd Edition, Springer, 2022.
2- E. F. Camacho, C. Bordons, “Model Predictive Control”, Springer, 2006.

کنترل مقاوم

(Robust Control)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: ـ حل تمرین: -
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس

در این درس تحلیل پایداری و عملکرد سیستم‌ها در حضور نامعینی مدل و اغتشاشات خارجی و طراحی کنترل‌کننده مقاوم برای سیستم‌های نامعین بیان می‌شود.

رئوس مطالب

- معرفی نامعینی در مدل سیستم و قضیه خاریتانف
- زیرفضاهای خطی، نرم بردارها و نرم ماتریس‌ها، فضاهای H_2 و H_∞، رابطه بین نرم سیگنال‌ها و نرم سیستم‌ها
- مفاهیم پایداری و عملکرد نامی، معرفی توابع وزنی و محدودیتها و مشخصه های رفتاری
- پایداری داخلی و معرفی قضیه بهره کوچک، پایداری و عملکرد مقاوم
- تبدیل کسری–خطی و معرفی نمایش LFT جهت طراحی کنترل‌کننده مقاوم
- خانواده کنترل‌کننده‌های پایدارساز، تجزیه کوپرایم و مفهوم پارامتری کردن کنترل‌کننده
- مسئله کنترل H_2 استاندارد و حل معادلات ریکاتی
- فرمول‌بندی مسئله H_∞ و جوابهای مسئله، کنترل H_∞ با خاصیت انتگرالی و مسئله حساسیت مرکب
- معرفی مقادیر استثنایی ساختار یافته و تحلیل و سنتز μ
- مفهوم شکل دهی حلقه و انتخاب توابع وزنی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه و تحقیق
+	+	+	+

منابع اصلی

1- K. Zhou, J. C. Doyle, K. Glover, “Robust and Optimal Control”, Prentice- Hall, 1996.
2- K. Zhou, J. C. Doyle, “Essentials of Robust Control”, Prentice- Hall, 1997.
3- J. C. Doyle, B Francis, A. Tannenbaum, “Feedba
4- ck Control Theory”, McMillan Publishing, 1990.

منابع فرعی:

1- User Manual, “Robust Control Toolbox”, The MathWorks Inc, 2022.
۲- تقی راد، ح و فتحی، م (۱۳۹۸). کنترل مقاوم H_∞ (ویراست چهارم)، انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

کنترل در رباتیک

(Control in Robotics)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس کاملا ریاضی است و در آن برای درک بهتر مطالب درسی، تمرین‌های متنوع کامپیوتری و غیره مطرح می‌شود.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس بررسی تئوری‌ها، استراتژی‌ها و روش های کنترل در رباتیک و ارزیابی روش‌های معرفی شده با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری طرح می‌گردد.

رئوس مطالب:

- مقدمه ای بر سینماتیک و رباتیک: انواع رباتها و کاربردهای آنها، معرفی سینماتیک و ژاکوبین رباتها، معادلات دینامیکی ربات و خواص آن
- کنترل موقعیت: کنترل PD با جبران سازی جاذبه، کنترل دینامیک معکوس، کنترل دینامیک معکوس مقاوم و تطبیقی، کنترل مبتنی بر انفعال، کنترل مبتنی بر انفعال مقاوم و تطبیقی، کنترل در فضای کارتزین.
- کنترل نیرو: کنترل امپدانس و کنترل سختی، کنترل موازی، کنترل هیبرید موقعیت و نیرو.
- کنترل سیستم‌های تله رباتیک: معرفی، پایداری و شفافیت، انواع معماری، اثر تاخیر زمانی، سیستم‌های تله رباتیک چند کاربره، سیستم‌های تله رباتیک غیرخطی، تحلیل پایداری با آنالیز ورودی به حالت و آنالیز انفعال.
- کنترل ربات‌های کم عملگر: ربات‌های با مفاصل یا بازوهای انعطاف پذیر، ربات‌های با نقص عملگر.
- کنترل بر مبنای فیدبک تصویری: پردازش تصویر، تشخیص ویژگی، تفسیر تصاویر، تخمین موقعیت، کالیبراسیون دوربین، کنترل بینا مبنا

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : ـ

منابع اصلی:

1- M. W. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar, “Robot Modeling and Control”, 2nd Edition, Wiley, 2020.
2- J. J. Craig, “Introduction to Robotics: Mechanics and Control”, 4th Edition, Upper Saddle River: Pearson Education, 2018.
3- H. D. Taghirad, “Parallel robots: mechanics and control”, CRC press, 2013.

منابع فرعی:

1- C. Canudas de Wit, B. Siciliano, G. Bastin, “Theory of robot control”, Springer Science & Business Media, 2012.
2- S. Arimoto. “Control Theory of Nonlinear Mechanical Systems”, Oxford University Press Inc., 1996.

رباتیک پزشکی

(Medical Robotics)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس کاملا ریاضی است و در آن برای درک بهتر مطالب درسی، تمرین‌های متنوع کامپیوتری و غیره مطرح می‌شود.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس به بررسی کاربردهای مختلف رباتیک در پزشکی و جراحی و معرفی زمینه‌های تحقیقاتی مربوطه و ارزیابی مباحث تئوری معرفی شده با استفاده از شبیه‌سازی پرداخت می‌شود.

رئوس مطالب:

- مقدمه ای بر سیستم‌های رباتیک پزشکی: معرفی و کاربردهای عملیات از دور، معرفی تکنولوژی هپتیک، انواع فیدبک
- تکنولوژی هپتیک و عملیات از دور: معرفی سیستم‌های عملیات از دور، پایداری و شفافیت، انواع معماری ها
- جراحی با استفاده از رباتیک: مقایسه جراحی باز و جراحی کم تهاجمی، جراحی کم تهاجمی با استفاده از رباتیک، جراحی لاپاروسکوپی با استفاده از ربات، جراحی های داخل چشم با استفاده از ربات، جراحی قلب تپنده.
- سیستم‌های هپتیک چند کاربره: معرفی سیستم‌های هپتیک چند کاربره، کاربرد در آموزش جراحی و توانبخشی، استفاده از ضریب تسلط در تخصیص اختیار کاربران، چالش های کنترلی سیستم‌های هپتیک چند کاربره
- پایداری سیستم‌های هپتیک: ضرورت پایداری، تحلیل پایداری در حالت خطی، تحلیل پایداری غیرخطی با آنالیز پایداری ورودی به حالت، تحلیل پایداری غیرخطی با استفاده از روش پسیویتی، پایداری سیستم غیرخطی در حضور تاخیر زمانی
- پروتزها و توانبخشی: معرفی انواع پروتز ها، طراحی و کنترل پروتزهای حرکتی، ملاحظات مربوط به کنترل سنسوری–موتوری انسان، توانبخشی، معرفی ربات‌ها و استراتژی های توانبخشی، ربات اگزواسکلتون

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : ـ

منابع اصلی:

1- J. P. Desai, “Encyclopedia of Medical Robotics”, World Scientific, 2018.
2- M. Tavakoli, R. V. Patel, M. Moallen, A. Aziminejad, “Haptics for teleoperated surgical robotic systems”, World Scientific, 2008.
3- B. Siciliano, O. Khatib, “Springer handbook of robotics” 2th Edition, springer, 2017.

مدل‌سازی سیستم‌های زیستی

(Modeling of Biological Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس کاملا ریاضی است و در آن برای درک بهتر مطالب درسی، تمرین‌های متنوع کامپیوتری و غیره مطرح می‌شود.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس ابتدا انواع روش‌ها و ابزارهای ریاضی متداول در مدل‌سازی سیستم‌های فیزیولوژیکی مطرح شده و به روش‌های نوین مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده زیستی اشاره می‌گردد.

رئوس مطالب:

- کلیات تعاریف اولیه و اصطلاحات، انواع مدل‌ها، روش های مدل‌سازی(تحلیلی و تجربی)
- مدل‌سازی تحلیلی سیستم‌های (آنالوگ الکتریکی، مکانیکی، شیمیایی)، مدل‌های فشرده و گسترده، مدل‌های غیر خطی
- مروری بر احتمالات و آماری، متغیرهای تصادفی، فرآیندهای اتفاقی، مدل های آماری و آزمون فرضها
- مدل‌سازی تجربی (شناسایی سیستم)، روش‌های کلاسیک زمانی و فرکانسی (پاسخ ضربه، پاسخ پله، پاسخ فرکانسی)، روش آنالیز همبستگی، روش تخمین طیف، روش‌های پارامتری.
- روشهای تخمین پارامترها، روش حداقل مربعات، روش متغیرهای ابزاری، روش ماکزیمم احتمال، روش خطای پیش بینی
- مدل‌سازی در فضای حالت
- انتقال مواد در بدن و مدل های آن، انتقال مواد توسط جریان سیال، انتقال مواد توسط نفوذ، مدل‌های بخشی
- نمونه هایی کاربردی از مدل‌سازی سیستم‌های زیستی و فیزیولوژیک، مدل‌سازی سیستم گردش خون (مدل پالسی، مدل غیر پالسی)، مدل‌سازی سیستم تنفسی (فیزیولوژی تنفس، مدل مکانیکی، مدل الکتریکی)، مدل‌سازی سیستم انتقال حرارت بدن (مکانیزم های انتقال حرارت، مدل انتقال حرارت)، مدل‌سازی سیستم کنترل حرکات بدن انسان
- مباحث جدید در خصوص مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی و زیستی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : ـ

منابع اصلی:

۱- ف، توحیدخواه، گ، بغدادی، مدل‌سازی سیستم‌های زیستی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۴۰۰

2- J.W. Haefner, "Modeling Biological Systems: Principles and Applications" Springer Science & Business Media, 2005

3- N.V. Dokholyan, “Computational modeling of biological systems: from molecules to pathways” Springer Science & Business Media, 2012.

منابع فرعی:

1- A.P Bernard, “Modeling biological systems from heterogeneous data” Duke University, 2008.

2- V.S.H. Rao, P.R.S. Rao, “Dynamic models and control of biological systems”, Springer Science & Business Media, 2009.

3- Rideout, V.C., “Mathematical and computer modeling of physiological systems”, Prentice Hall, 1991.

4- S. JD, “BASIC Microcomputer Models in Biology”, Addison-Wesley, 1982.

رباتیک

(Robotics)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس کاملا ریاضی است و در آن برای درک بهتر مطالب درسی، تمرین‌های متنوع کامپیوتری و غیره مطرح می‌شود.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس آشنایی با مدل‌سازی سیستم‌های رباتیک و چگونکی حرکت و کنترل آنها مطرح می‌شود.

رئوس مطالب:

- مقدمه: معرفی بازوها وسیستم‌های رباتیک، و مقدمات ریاضی لازم برای بررسی دینامیک وکنترل بازوهای مکانیکی.
- تبدیل‌های ریاضی: تعریف موقعیت، سرعت وجهت‌گیری، ماتریس دوران، ماتریس تبدیل و زوایای اویلر.
- سینماتیک مستقیم و معکوس: پارامترهای دناویت هارتنبرگ، فضای مفصلی وکارتزین، روش هندسی، روش‌های بازگشتی، قضیهٔ پفایفر، زیرفضاهای سینماتیکی.
- ژاکوبین: سرعت زاویه‌ای، تعیین سرعت مفاصل، روش بازگشتی، تعریف ژاکوبین، تکینگی، رابطهٔ نیرو و گشتاور.
- دینامیک: شتاب خطی و زاویه ای، روش نیوتن - اویلر، روش‌های بازگشتی، روش لاگرانژ، روش بازگشتی لاگرانژ.
- تولید مسیر: روش‌های فضای مفصلی وکارتزین، منحنی‌های درجهٔ سه و پاروبولیک، روش‌های بهینهٔ زمانی.
- طراحی کنترلر خطی : سیستم‌های رستهٔ دو، مدلسازی و شناسایی خطی بازوهای مکانیکی با جعبه دنده، طراحی کنترل خطی براساس مدل شناسایی شده.
- طراحی کنترلر غیرخطی: روش‌های خطی‌سازی با فیدبک، روش گشتاور محاسبه شده، روش‌های چندمتغیره براساس ژاکوبین.
- اشاره‌ای بر کنترل کننده‌های ملهم از بیولوژی، کنترلهای نیرو، امپدانس و هیبرید: معرفی روش‌های ترکیبی کنترل نیرو و موقعیت به صورت هم‌زمان.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید : دارد

منابع اصلی:

1- John J. Craig, “Introduction to Robotics, Mechanics and Control”, 4rd Edition, Pearson Education Inc., 2017.
2- M. W. Spong, S. Hutchinson, and M. Vidyasagar, “Robot Modeling and Control”, 2nd Edition, Wiley, 2020.
3- Peter Corke, “Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB”, Springer, 2017

منابع فرعی:

1- Saeed B. Niku, “Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications”, 3rd Edition, Wiley, 2019.
2- R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, “Introduction to Autonomous Mobile Robots” The MIT Press, 2004.
3- HR. Everett, “Sensors for Mobile Robots: Theory and Application”, AK Peters Ltd, 1995.

ابزاردقیق پیشرفته

(Advanced Instrumentations)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

در این درس به بررسی ساختار، اجزا، مشخصات فنی و کار دستگاه‌های اندازه‌گیری مختلف صنعتی مورد کاربرد در صنایع پرداخته می‌شود.

رئوس مطالب:

- مبانی عملکرد سیستم‌های ابزاردقیق پیشرفته.
- ابزارهای اندازه‌گیری (۱): فرکانس متر، اندازه‌گیری زمان و فرکانس، تاکومتر، فازمتر، ظرفیت سنج، ابزار اندازه‌گیری دیجیتال.
- آنالیزکننده‌ها: Wave Analyzer ، اعوجاج‌های هارمونیکی، Spectrum Analyzer .
- ابزارهای اندازه‌گیری (۲): اندازه‌گیری توان خروجی، اندازه‌گیری شدت میدان، امپدانس سنج، Q–متر، پل LCR ، RX سنج، اندازه‌گیری توان RF ، اندازه‌گیری توان خطوط انتقال.
- ضبط‌کننده‌ها: ابزارهای صنعتی ضبط و ذخیره اطلاعات.
- مبدل‌ها: سینکروها، مبدل‌های خازنی، Load Cells ، پیزوالکتریک، IC های حسگر حرارتی، پیرومتر، مبدل‌های حرارتی آلتراسونیک، مبدل‌های مکانیکی و مغناطیسی دبی متر.
- Data Acqusition and Conversion: سیستم‌های دریافت و تبدیل داده، آماده‌سازی سیگنال، Data Logger.
- انتقال داده: واسطه‌های سنکرون، مونیتورینگ خط data، استاندارد RS232، استاندارد Bus 488، USB.
- اصول مقدماتی MEMS.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	+

بازدید:دارد

منابع اصلی:

1- E. U. Doeblin, “Measurement Systems: Application & Design”, 4th Edition, McGraw-Hill, 2003.

2- A.F.P Van Putten, Lawrence K. Wang (Editor), Yung-Tse Hung (Editor), Howard H. Lo (Editor), Constantine Yapijakis (Editor), “Electronic Measurement Systems: Theory and Practice”, Routledge, 2019.

3- A. S. Morris, R. Langari, “Measurement and Instrumentation: Theory and Application”, 2nd Edition, 2015

کنترل صنعتی پیشرفته

(Advanced Industrial Control)

تعداد واحد نظری : ۳	تعداد واحد عملی : – حل تمرین : -
نوع درس : اختیاری	پیشنیاز : –

هدف درس:

در این درس به موضوعات صنعتی مانند حلقه‌های کنترل منطقی و ترتیبی، ساختار ارتباطی بین بخش‌های مختلف سیستم کنترل در فرآیندهایی در ابعاد یک کارخانه و چگونگی ارتباط بین انسان (اپراتور) و ماشین (سیستم) پرداخته می‌شود.

رئوس مطالب :

- سیستم‌های کنترل گسترده (DCS): اصول سیستم‌های کنترل گسترده، کنترل با کامپیوتر و PLC
- Field Control Systems (FCS) ، رابط انسان– ماشین (Human-Machine Interface).
- سیستم‌های انتقال داده در محیط‌های صنعتی (Fieldbus, Profinet, Profibus)
- سیستم‌های ترکیبی (Hybrid Systems): مدلسازی سیستم ها به صورت ترکیب سیستم‌های گسسته پیشامد و حالت پیوسته.
- مثالهایی از سیستم‌های Multiagent ، Switching systems ، بررسی پایداری سیستم‌های ترکیبی.
- کنترل پیش‌بین (Model Predictive Control-MPC) : مسئله کنترل بهینه روی خط (On-line) ، مسئله کنترل افق محدود و نامحدود بهینه و پایداری MPC، کنترل پیش‌بین در حالت چند متغیره و گسترده.

روش ارزیابی :

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

منابع اصلی :

1- R. L Shell & E. L. Hall, “Handbook of Industrial Automation”, Marcel Dekker, Inc., New York, 2000.
2- S. Li, Yi Zheng, “Distributed Model Predictive Control for Plant-Wide Systems”, John Wiley, 2017.
3- M. P. Groover, “Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing”, 5th Edition, Pearson, 2018.

منابع فرعی:

1- G. D. Anderson, “Industrial Network Basics: Practical Guides for the Industrial Technician”, Anderson, 2021.
2- S. K. Lahiri, “Multivariable Predictive Control: Applications in Industry”, Wiley, 2017.

دستگاه‌های دینامیکی

(Dynamical Systems)

تعداد واحد نظری : ۳	تعداد واحد عملی : – حل تمرین : –
نوع درس : اختیاری	پیشنیاز : –

هدف درس:

هدف از ارائه‌ی این درس معرفی و تحلیل رفتارهای مختلف سیستم‌های غیرخطی از جمله انشعاب و آشوب است که در عمل می‌تواند در مهندسی مورد استفاده قرار گیرد و یا به عنوان رفتار نامطلوب، کنترل گردد.

رئوس مطالب :

- مفهوم نقاط تعادل در سیستم‌های دینامیکی
- تحلیل رفتار سیستم‌های غیرخطی در فضای حالت
- پایداری و انواع آن در مورد نقاط تعادل سیستم
- مفهوم چندگانگی نقاط تعادل و معرفی انواع آن
- تحلیل انشعاب نقاط تعادل و تشخیص آن در سیستم‌های دینامیکی
- مفهوم آشوب و شرایط به وجود آمدن آن
- کنترل و همزمان سازی پدیده آشوب

روش ارزیابی :

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

منابع اصلی :

1- J. K. Hale, H. Kocak, “Dynamics and Bifurcations”, Springer-Verlag, 1991.
2- F. Colonius, L. Grüne “Dynamics, Bifurcations and Control”, Springer, 2002.
3- S. H. Strogatz, “Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering”, CRC Press, 2014.
4- A. C. J. Luo, “Bifurcation and Stability in Nonlinear Discrete Systems”, Springer, 2020

روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته

(Advanced Optimization Methods)

تعداد واحد نظری : ۳	تعداد واحد عملی : – حل تمرین : –
نوع درس : اختیاری	پیشنیاز : –

هدف درس:

در این درس مفاهیم و روش‌های اساسی بهینه‌سازی، دانش و بینش لازم برای ورود به مباحث پیشرفته و حل مسایل مختلف بهینه‌سازی و امادگی برای کاربرد روش‌های بهینه‌سازی مقید با قیود خطی و غیر خطی در حل مسایل کاربردی معرفی می‌گردد.

رئوس مطالب :

- معرفی انواع مختلف مسایل بهینه‌سازی
- مدل‌بندی مسایل واقعی به فرم مسایل بهینه‌سازی
- تعاریف مجموعه محدب و توابع محدب و خواص انها
  مسایل بهینه‌سازی محدب، مسایل بهینه‌سازی خطی، مسایل بهینه‌سازی درجه دو
- مسایل بهینه‌سازی هندسی
- دوگانگی در مسایل بهینه‌سازی: تابع لاگرانژ، نقاط زینی، شرایط بهینگی، اختلال، تحلیل حساسیت
- تقریب و برازش: مسایل کمترین نرم، تقریب نرم
- برنامه ریزی صحیح و کاربرد آن در مدل بندی مسایل کاربردی
- روش‌های عددی و معرفی الگوریتم‌ها: روش‌های کاهشی، روش نیوتن، روش نقطه درونی، روش ناحیه اعتماد، روش شاخه و کران
- معرفی مسایل بهینه‌سازی چند هدفه و روش‌های حل انها
- مسایل بهینه‌سازی نیم نامتناهی

روش ارزیابی :

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

منابع اصلی :

1- S. S. Rao, "Engineering Optimization Theory and Practice", 5th Edition, John Wiley, 2019.
2- E.K. Chong, S. H. Zak, “An Introduction to Optimization”, John Wiley, 2011.
3- Ravindran, K. M. Ragsdell, and G. V. Reklaitis, “Engineering Optimization”, John Wiley, 2006.
4- S. Boyd, L. Vandenberghe, “Convex Optimization”, Cambridge University press, 2009.

مباحث ویژه در کنترل ۱

(Special Topics in Control I)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیش نیاز: –

هدف درس:

با توجه به اهمیت و گستردگی رشته‌ی مهندسی برق– مخابرات، پیشرفت‌های روزافزون علمی و فنی در آن و تحولات گوناگون ناشی از آن، در صورت نیاز در این درس مباحث جدید ارائه خواهد شد.

رئوس مطالب:

با توجه به هدف مطرح شده برای این درس، مدرس مربوطه، رئوس مطالب را آماده کرده و با در نظر گرفتن زمان‌بندی دقیق، مراجع مورد استفاده و تکالیف در نظر گرفته برای درس، برنامه‌ی خود را به گروه ارائه می‌کند. در برنامه‌ی پیشنهادی موارد زیر بایستی لحاظ شود:

- مقدمه‌ای بر موضوع انتخاب شده و هدف از ارائه‌ی آن
- مرور مطالب اساسی مطرح شده
- نتایج و توان‌مندی‌های حاصل از گذراندن این درس
- تحلیل دقیق و یا شهودی مطالب در نظر گرفته شده
- در صورت لزوم شبیه‌سازی و مشاهده‌ی نتایج حاصل در محیط‌های نرم‌افزاری مناسب

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی: –

مباحث ویژه در کنترل ۲

(Special Topics in Control II)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیش نیاز: –

هدف درس:

با توجه به اهمیت و گستردگی رشته‌ی مهندسی برق–کنترل، پیشرفت‌های روزافزون علمی و فنی در آن و تحولات گوناگون ناشی از آن، در صورت نیاز در این درس مباحث جدید ارائه خواهد شد.

رئوس مطالب:

با توجه به هدف مطرح شده برای این درس، مدرس مربوطه، رئوس مطالب را آماده کرده و با در نظر گرفتن زمان‌بندی دقیق، مراجع مورد استفاده و تکالیف در نظر گرفته برای درس، برنامه‌ی خود را به گروه ارائه می‌کند. در برنامه‌ی پیشنهادی موارد زیر بایستی لحاظ شود:

- مقدمه‌ای بر موضوع انتخاب شده و هدف از ارائه‌ی آن
- مرور مطالب اساسی مطرح شده
- نتایج و توان‌مندی‌های حاصل از گذراندن این درس
- تحلیل دقیق و یا شهودی مطالب در نظر گرفته شده
- در صورت لزوم شبیه‌سازی و مشاهده‌ی نتایج حاصل در محیط‌های نرم‌افزاری مناسب

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی: –

پیوست

علت بازنگری برنامه درسی:

مطابق با برنامه درسی مصوب بهار ۱۳۹۳، برخی دروس تحت عنوان مباحث ویژه ارائه می‌شد که در این برنامه در جداول اختیاری آمده است. دروس جدیدی که مطابق با توسعه های فناوری و نیازهای تحقیقاتی بروز است، اضافه شدند. دروس مدلسازی و شبیه سازی، برنامه ریزی خطی و غیر خطی، ریاضی مهندسی پیشرفته و جبر خطی پیشرفته از لیست دروس اختیاری حذف شدند. درس کنترل دیجیتال به دروس جبرانی منتقل شد.

جدول تطبیقی دروس تخصصی

دروس قدیم			دروس جدید			استاد بازنگری کننده درس	توضیحات
نام درس	تعداد واحد		نام درس	تعداد واحد			
	نظری	عملی		نظری	عملی		
کنترل غیرخطی	۳		کنترل غیرخطی	۳		محمد عطایی	به روز رسانی مراجع و محتوی
کنترل چندمتغیره	۳		کنترل چندمتغیره	۳		حمید رضا کوفی گر	اصلاح سرفصل، به روز شدن مراجع
کنترل بهینه	۳		کنترل بهینه	۳		مهدی ادریسی	بروز کردن محتوا و مراجع
شناسایی سیستم	۳		شناسایی سیستم	۳		محسن اکرامیان	اصلاح سرفصل، به روز شدن مراجع
سمینار	۲		سمینار	۱		مهدی نیرومند	درس ۲ واحدی به ۱ واحد تبدیل شد و مباحث اندکی مختصر شد
---			روش تحقیق	۱		مهدی نیرومند	درس جدید اضافه شده و سرفصل جدید طراحی شده است.

جدول تطبیقی دروس اختیاری

دروس قدیم			دروس جدید			استاد بازنگری کننده درس	توضیحات
نام درس	تعداد واحد		نام درس	تعداد واحد			
	نظری	عملی		نظری	عملی		
فرآیندهای تصادفی	۳		فرآیندهای تصادفی	۳		محمد صابر علی	بروز رسانی مراجع و محتوا
کنترل صنعتی پیشرفته	۳		کنترل صنعتی پیشرفته	۳		مهدی ادریسی	بروز رسانی مراجع و سرفصل
رباتیک	۳		رباتیک	۳		مهدی ادریسی	بروز رسانی مراجع و سرفصل
ابزاردقیق پیشرفته	۳		ابزاردقیق پیشرفته	۳		مهدی ادریسی	بروز رسانی مراجع و سرفصل
شبکه‌های عصبی	۳		شبکه‌های عصبی	۳		پیمان معلم	بروز رسانی مراجع و سرفصل
سیستم‌های کنترل فازی	۳		کنترل فازی	۳		مهدی ادریسی	بروز رسانی مراجع و سرفصل
			رباتیک پزشکی	۳		محمد مطهری فرد	اضافه شدن درس
			کنترل در رباتیک	۳		محمد مطهری فرد	اضافه شدن درس
			یادگیری تقویتی	۳		نگین صیاف	اضافه شدن درس
مدل‌سازی سیستم‌های زیستی	۳		مدل‌سازی سیستم‌های زیستی	۳		مهدی ادریسی	بروز رسانی مراجع و سرفصل

سیستم‌های کنترل تطبیقی	۳		کنترل تطبیقی	۳		حمید رضا کوفیگر محمد عطایی	بروز رسانی مراجع و سرفصل
کنترل غیر خطی پیشرفته	۳		کنترل غیر خطی پیشرفته	۳		محمد عطایی محسن اکرامیان	بروز رسانی مراجع و سرفصل
کنترل مقاوم	۳		کنترل مقاوم	۳		حمید رضا کوفیگر	بروز رسانی مراجع و سرفصل
دستگاه‌های دینامیکی	۳		دستگاه‌های دینامیکی	۳		مهدی ادریسی	بروزکردن مراجع
روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته	۳		روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته	۳		دکتر نوبختیتان	بروز رسانی مراجع و سرفصل
کنترل دیجیتال	۳						انتقال به جبرانی
جبر خطی پیشرفته	۳						حذف درس
ریاضی مهندسی پیشرفته	۳						حذف درس
برنامه‌ریزی خطی و غیر خطی	۳						حذف درس
مدل‌سازی و شبیه سازی	۳						حذف درس