برنامه آموزشی و سرفصل درس‌های مقطع کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق- گرایش کنترل

دی ماه ۱۳۹۲

فهرست

برنامه آموزشی مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق – گرایش کنترل ۱

درس‌های جبرانی ۱

درس‌های الزامی ۱

درس‌های انتخابی ۱

درس‌های اختیاری ۳

سمینار کارشناسی ارشد ۳

پروژه کارشناسی ارشد ۳

جمع واحدها ۳

سرفصل درس‌ها ۳

ابزار دقیق پیشرفته ٤

اتوماسیون صنعتی ٥

برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی ٦

بهینه‌سازی محدب ۷

پردازش تکاملی و هوش جمعی ۸

تشخیص و شناسایی خطا ۹

دینامیک سیستم‌ها ۱۰

رباتیک ۱۱

ربات‌های موازی ۱۲

ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱۳

سیستم‌ها و کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری ۱٤

سیستم‌های ترکیبی ۱٥

سیستم‌های کنترل تطبیقی ۱٦

سیستم‌های کنترل چندمتغیره ۱۷

سیستم‌های کنترل شبکه‌شده ۱۸

شناسایی سیستم‌ها ۱۹

کنترل بهینه ۲۰

کنترل پیش‌بین ۲۱

کنترل دیجیتال ۲۲

کنترل عصبی ۲۳

کنترل غیرخطی ۲٤
کنترل فازی..... ۲۵
کنترل فرآیندهای اتفاقی ۲٦
کنترل فرآیند پیشرفته ۲۷
کنترل مدرن ۲۸
کنترل مقاوم ۲۹
مدل‌سازی و شبیه‌سازی ۳۰
معماری سیستم‌ها و طراحی مهندسی..... ۳۱
مهندسی آنالیز ریسک و عدم قطعیت..... ۳۲
نامساوی‌های خطی ماتریسی ۳۳
نظریه بازی‌ها ۳٤
نظریه گراف و تحلیل شبکه‌ها..... ۳۵

برنامه آموزشی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی برق – گرایش کنترل

در این گزارش برنامه درسی بازنگری شده مقطع کارشناسی ارشد مهندسی برق – گرایش کنترل ارائه می‌شود. کلیات این برنامه طی جلسات تخصصی در وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مورد تصویب قرارگرفته است. در ابتدا به اختصار این برنامه آموزشی توضیح داده شده و سپس جزئیات مربوط به سرفصل دروس در این برنامه به تفصیل بیان می‌گردد.

فارغ التحصیلان مقطع کارشناسی مهندسی برق (الکترونیک، مخابرات، قدرت، کنترل)، مهندسی کامپیوتر، مهندسی پزشکی، مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی و سایر رشته‌های مهندسی و علوم که مطابق با مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مجاز به انتخاب گرایش کنترل هستند، می‌توانند درآزمون ورودی این گرایش شرکت نموده و مشروط بر پذیرفته شدن در آزمون ورودی تحصیلات تکمیلی در مقطع کارشناسی ارشد در این گرایش ادامه تحصیل دهند. گرایش کنترل در دانشگاه‌های کشور گرایشی واحد بوده که با نام گرایش کنترل شناخته می‌شود، اما با توجه به پتانسیل‌های آموزشی و پژوهشی موجود در دانشگاه‌های کشور این گرایش می‌تواند در زمینه‌های مختلف تخصصی قابل گسترش باشد. در این گزارش به عنوان نمونه سه زمینه تخصصی سیستم-های کنترل، اتوماسیون صنعتی و مهندسی سیستم معرفی می‌شود. برنامه آموزشی مربوط به این سه گرایش به صورت مختصر در جدول ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که برنامه آموزشی تمامی زمینه‌های تخصصی گرایش کنترل در درس‌های جبرانی، الزامی، انتخابی، سمینار و پروژه یکسان بوده و تنها در درس‌های اختیاری متفاوت خواهد بود. بدین ترتیب دانشجویان می‌توانند با توجه به زمینه تخصصی مورد نظر خود واحدهای اختیاری لازم را مرتبط با آن زمینه اخذ نموده و همچنین موضوع سمینار و پروژه پایانی خود را نیز در آن زمینه تخصصی انتخاب نمایند.

- **درس‌های جبرانی**

دانشجوی پذیرفته‌شده در مقطع کارشناسی ارشد گرایش کنترل که دارای مدرک کارشناسی در یکی از گرایش‌های رشته مهندسی برق به جز گرایش کنترل بوده و درس‌هایی نظیر کنترل مدرن و کنترل دیجیتال را نگذرانده، لازم است حداقل شش واحد درس جبرانی را بگذراند. درس جبرانی اصلی، کنترل مدرن به ارزش سه واحد بوده و درس جبرانی سه واحدی دیگر توسط استاد راهنمای دوره به دانشجو پیشنهاد می‌شود. درس جبرانی دوم از میان درس‌های کنترل دیجیتال، کنترل صنعتی، ابزار دقیق، مقدمه‌ای بر مهندسی سیستم و شناخت و از قبیل آن با توجه به سوابق تحصیلی دانشجو و زمینه تخصصی مورد نظر وی انتخاب می-گردد. اما چنانچه دانشجوی پذیرفته شده دارای مدرک کارشناسی در رشته‌ای به جز مهندسی برق باشد، با توجه به نظرگروه و سوابق تحصیلی دانشجو درس‌های جبرانی تا حداکثر سه درس (معادل نه واحد) می تواند افزایش یابد. این درس‌ها توسط استاد راهنمای دوره به دانشجو پیشنهاد می‌شود.

- **درس‌های الزامی**

درس‌های الزامی برای کلیه زمینه‌های تخصصی گرایش کنترل دو درس کنترل غیرخطی و کنترل چند متغیره به ارزش شش واحد درسی است.

- **درس‌های انتخابی**

دانشجویان بایستی با توجه به زمینه تخصصی انتخابی خود دو درس از مجموع چهار درس کنترل بهینه، شناسایی سیستم‌ها، اتوماسیون صنعتی و ابزار دقیق پیشرفته را اخذ نمایند.

جدول ۱- برنامه آموزشی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی برق- گرایش کنترل در سه زمینه تخصصی سیستم‌های کنترل، اتوماسیون صنعتی و مهندسی سیستم

نام گرایش: کنترل		
درس‌های جبرانی (۶ واحد)		
کنترل مدرن		
یک درس جبرانی دیگر به انتخاب استاد راهنما با توجه به تخصص مورد علاقه دانشجو		
درس‌های الزامی (۶ واحد)		
کنترل غیر خطی		
کنترل چندمتغیره		
درس‌های انتخابی (۶ واحد)		
کنترل بهینه		
شناسایی سیستم‌ها		
دینامیک سیستم ها		
اتوماسیون صنعتی		
ابزاردقیق پیشرفته		
درس‌های اختیاری (۱۲ واحد)		
زمینه تخصصی سیستم‌های کنترل	**زمینه تخصصی اتوماسیون صنعتی**	**زمینه تخصصی مهندسی سیستم**
بهینه‌سازی محدب	تشخیص و شناسایی خطا	برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی
پردازش تکاملی و هوش جمعی	رباتیک	بهینه‌سازی محدب
تشخیص و شناسایی خطا	ربات‌های موازی	پردازش تکاملی و هوش جمعی
رباتیک	ریاضیات مهندسی پیشرفته	تشخیص و شناسایی خطا
ربات‌های موازی	سیستم‌های کنترل از دور	دینامیک سیستم‌ها
ریاضیات مهندسی پیشرفته	سیستم‌های ترکیبی	ریاضیات مهندسی پیشرفته
سیستم‌ها و کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری	سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی	تصمیم گیری در سیستم‌های با مقیاس بزرگ
سیستم‌های ترکیبی	سیستم‌های کنترل زمان حقیقی	سیستم‌های پیچیده
سیستم‌های کنترل تطبیقی	سیستم‌های کنترل شبکه‌شده	سیستم‌های ترکیبی
سیستم‌های کنترل شبکه‌شده	سیستم‌های وقایع گسسته	سیستم‌های کنترل شبکه‌شده
کنترل پیش‌بین	کنترل پیش‌بین	کنترل عصبی
کنترل عصبی	کنترل فرایند پیشرفته	سیستم‌های فازی
کنترل فازی	کنترل محرکه‌های الکتریکی	کنترل فرایندهای تصادفی
کنترل فرایندهای تصادفی	مدل‌سازی و شبیه‌سازی	کنترل مقاوم
کنترل فرایندهای پیشرفته	مکاترونیک ۱	مدل‌سازی و شبیه‌سازی
کنترل مقاوم	مهندسی آنالیز ریسک و عدم قطعیت	معماری سیستم‌ها و طراحی مهندسی
نامساوی‌های خطی ماتریسی		مهندسی آنالیز ریسک و عدم قطعیت
نظریه بازی‌ها		نظریه بازی‌ها
هدایت و ناوبری		نظریه گراف و تحلیل شبکه ها

* تعداد و عناوین درس‌های زمینه های تخصصی می تواند با توجه به تخصص های موجود در هر دانشگاه تغییر یابد. این لیست پیشنهادی بر اساس پتانسیل های موجود در دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی تهیه شده است.

به صورت متداول پیشنهاد می‌شود که درس‌های کنترل بهینه و شناسایی سیستم‌ها در زمینه‌های تخصصی سیستم‌های کنترل، درس-های شناسایی سیستم‌ها و دینامیک سیستم ها در زمینه‌های تخصصی مهندسی سیستم و درس‌های اتوماسیون صنعتی و ابزار دقیق پیشرفته در زمینه تخصصی اتوماسیون صنعتی توسط دانشجویان اخذ گردد. بدیهی است دو درس دیگری که دانشجو به عنوان درس انتخابی اخذ ننموده است با نظر استاد راهنما می تواند به عنوان دروس اختیاری اخذ شود.

درس‌های اختیاری

دانشجویان لازم است چهار درس اختیاری (معادل حداقل دوازده واحد) را با توجه به زمینه تخصصی انتخابی و موافقت استاد راهنما از لیست دروس اختیاری ارائه شده در جدول ۱ اخذ نمایند. علاوه بر درس‌های ذکر شده در این جدول دانشجویان در هر زمینه تخصصی می‌توانند حداکثر یک درس (معادل سه واحد) را با نظر استاد راهنما و تصویب گروه از لیست دروس انتخابی و یا دروس اختیاری سایر زمینه‌های تخصصی و حتی در صورت نیاز از سایررشته‌ها اخذ نمایند. لازم به ذکر است که بر اساس تخصص‌های موجود در هر دانشگاه لیست درس‌های انتخابی می‌تواند گسترش یافته و تغییر یابد.

- **سمینار کارشناسی ارشد**

دانشجویان لازم است درس سمینار کارشناسی ارشد به ارزش دو واحد درسی را قبل از اخذ پروژه کارشناسی ارشد اخذ نمایند. در این درس دانشجویان علاوه بر فراگیری روش‌های متداول تحقیق و روش‌های ارائه کتبی و شفاهی نتایج تحقیق خود، چگونگی تدوین پیشنهاد پروژه را فرا گرفته و در حین گذراندن این درس مراحل مقدماتی تحقیق بر روی پروژه خود را انجام خواهند داد.

- **پروژه کارشناسی ارشد (پایان نامه)**

پروژه کارشناسی ارشد دانشجویان به ارزش شش واحد پس از گذراندن موفق درس سمینار و ارائه و تصویب پیشنهاد پروژه دانشجو در گروه، توسط دانشجو به انجام می‌رسد. موفقیت در این درس منوط به انجام تحقیق مناسب در زمینه انتخابی، ارائه پایان-نامه به صورت کتبی و ارائه شفاهی مراحل انجام پروژه و نتایج آن در جلسه دفاع از پایان نامه می‌باشد.

- **جمع واحدها**

در مجموع تعداد کل واحدهایی که دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد گرایش کنترل بایستی بگذرانند ۳۲ واحد است که این تعداد شامل ۶ واحد درس‌های الزامی، ۶ واحد درس‌های انتخابی، ۱۲ واحد درس‌های اختیاری، ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پروژه می‌باشد. واحدهای جبرانی اضافه بر ۳۲ واحد بوده و در معدل دانشجو محسوب نخواهند شد.

سرفصل درس‌ها

در این بخش سرفصل درس‌های جبرانی، الزامی، انتخابی و برخی از درس‌های اختیاری ارائه شده در جدول ۱ آورده می‌شود. ترتیب درس‌ها بر اساس فهرست الفبایی آنها در نظر گرفته شده است.

ابزار دقیق پیشرفته

Advanced Instrumentation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با ساختارسیستم‌های ابزاردقیق پیشرفته، روش‌های جدید اندازه‌گیری وتحولات جدید فن‌آوری در خصوص به‌کارگیری ادوات ابزار دقیق در سیستم‌های کنترلی آشنا می‌شوند.

شرح درس: مقدمه شامل مبانی سیستم‌های کنترلی، حلقه‌های کنترل فیدبکی و اجزا تشکیل دهنده آنها، روش‌های کنترل فرآیند در سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق، تحولات سیستم‌های کنترل و ابزاردقیق و مشخصه‌های ادوات ابزار دقیق در آنها. خطا و حساسیت شامل انواع خطا در سیستم‌های ابزار دقیق، دقت و صحت، عوامل ایجاد خطا، تحلیل حساسیت سیستم ابزار دقیق به عوامل بوجود آورنده خطا. معرفی انواع سیستم‌های ابزار دقیق پیشرفته شامل سیستم‌های ابزار دقیق نوری و لیزری، شتاب‌سنج‌های MEMS، ژیروسکوپ‌های لیزری، ادوات اندازه‌گیری مبتنی بر امواج فراصوت، تداخل امواج و اصل داپلر، حسگرهای هوشمند، حسگرهای بدون سیم، شبکه حسگرها، حسگرهای بینایی، حسگرهای گاز و بینی مصنوعی و امثال آن. DCS و FCS. انواع پروتکل‌های سیستم‌های ابزار دقیق در شبکه، شامل HART، Fieldbus، Profibus، Interbus، Modbus و CAN. معرفی نرم افزارهای ارتباط با کاربر در سیستم‌های ابزار دقیق. طراحی حسگر نرم، ترکیب اطلاعات حسگرهای سریع و کند، مشکلات و راه‌کارهای کاربرد حسگر نرم در حلقه کنترل. این درس با انجام یک تحقیق در زمینه روش‌های نوین ابزار دقیق در صنعت کامل می‌شود.

منابع:

1) Intelligent Sensing, Instrumentation and Measurements, S. C. Mukhopadhyay, Springer, Berlin, New York, 2013.
2) Methods and Instrumentations: Results and Recent Developments, A.S. Marfunin, Springer, Berlin, 1995.
3) Fieldbus Technology: Industrial Network Standards for Real-time Distributed Control, N.P. Mahalik, Springer, Berlin, New York, 2003.
4) Catching the Process Fieldbus: An Introduction to PROFIBUS for Process Automation, J. Powel and H. Vandelinde, Momentum Press, 2013.

اتوماسیون صنعتی

Industrial Automation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف: اتوماسیون اولین و مهمترین موضوعی است که فارغ‌التحصیلان مهندسی کنترل در صنعت با آن مواجه می‌شوند. در این درس با رویکردی علمی مبانی و فناوری‌های به کار رفته در اتوماسیون صنعتی بررسی می‌شوند.

شرح درس: مقدمه شامل نگاهی اجمالی به یک فرایند صنعتی، مروری بر مفهوم اتوماسیون در سیستم‌های کنترل صنعتی، نگاه کلی به ساختار و لایه‌های سیستم اتوماسیون فرایندهای صنعتی، مستندات صنعتی و P&ID، سیستم‌های کنترل گسترده (Distributed Control System -DCS) و لایه‌های سیستم اتوماسیون صنعتی، انواع کنترل در سیستم اتوماسیون و کنترل دسته‌ای (Batch Control)، کنترل گسترده دستگاه (Plant wide Control)، ارزیابی کارایی سیستم اتوماسیون صنعتی. استاندارد مدل‌سازی و طراحی سیستم کنترل. معرفی استاندارد ANSI-ISA S88.01 شامل آشنایی با مدل فیزیکی، فرایندی و کنترلی و ارتباط آنها با یکدیگر، سلسله مراتب سطوح سیستم کنترل فرآیند، طراحی پایه (Basic Engineering) و طراحی جزئیات (Detail Engineering) در سیستم‌های کنترل و اتوماسیون. سیستم‌های کنترل گسترده (DCS) شامل کنترل با کامپیوتر و PLC، DCS، Field Control Systems (FCS)، آشنایی با استاندارد OPC. سیستم‌های انتقال داده در محیط‌های صنعتی (Field Bus) شامل مقدمه‌ای بر شبکه‌های کامپیوتری، معرفی چند شبکه کامپیوتری صنعتی: (Profibus, Foundation Fieldbus, CAN, HART) بلوک‌های توابع کنترلی برای کنترل گسترده بر روی شبکه‌های صنعتی، مروری بر اثرات مخابرات شبکه‌ای بر عملکرد حلقه‌های کنترل و شیوه‌های تحلیل و مقابله با این اثرات. رابط انسان- ماشین (Human-Machine Interface, HMI) شامل آشنایی با یک نرم‌افزار HMI، ملاحظات طراحی HMI صنعتی، بررسی برخی پژوهش‌های انجام یافته در HMI (مانند مدل‌سازی رفتار انسان در حلقه کنترل، اعتماد اپراتور به سیستم کنترل، محدودیت‌های انسان در کنترل فرایند)، معرفی نمونه‌های صنعتی از کاربرد اتوماسیون صنعتی.

منابع:

1) Plant wide Process Control, K.T. Erickson and J.L. Hedrick, John Wiley, 1999.
2) Practical Industrial Data Networks: Design, Installation and Troubleshooting, S. Mackay, Elsevier, 2004.
3) Handbook of Industrial Automation, R. L Shell and E. L. Hall, Marcel Dekker Inc., New York, 2000.
4) Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance, J. Berge, ISA, 2002.
5) Human and Nature Minding Automation, S. G. Tzafestas, Springer, 2010.
6) Applying S88: Batch Control from a User's Perspective, J. Parshall and L. Lamb, ISA, 1999.

برنامه ریزی خطی و غیر خطی

Linear & Nonlinear Programing

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس توجه اصلی بر تلفیق سازگار مفاهیم و روش‌های حل مسأله و مدل‌سازی آنها در فضای خطی و غیرخطی است.

شرح درس: مفاهیم عمومی در مبحث بهینه‌سازی سیستم‌ها، زمینه‌ها و روش حل مسأله شامل مختصری درتاریخچه بهینه‌سازی سیستم‌ها، تعریف فضاهای عمومی در بهینه‌سازی سیستم‌ها، مبانی علمی تصمیم‌گیری سیستماتیک. برنامه ریزی خطی Linear Programing شامل مبانی برنامه‌ریزی خطی، انواع مدل‌های برنامه‌ریزی خطی، بررسی رفتار متغیرها در یک مدل برنامه‌ریزی خطی و روابط بین متغیرها، فرموله نمودن چندین مسأله در زمینه‌های مختلف سیستم‌ها با مقیاس بزرگ (تولید، بازاریابی، حمل و نقل و ...) وهمچنین سیستم‌های فیزیکی، بررسی قوت‌ها و محدودیت‌های برنامه‌ریزی خطی، روش‌های حل مدل‌های خطی شامل مباحث پیشرفته در روش سیمپلکس Simplex، مسأله مزدوج (Duality)، روش Dual Simplex، روش تجدیدنظر شده Revised) (Simplex Method، تجزیه و تحلیل بهترین جواب (Post Optimality Analysis)، تجزیه و تحلیل حساسیت Sensitivity) (Analysis، روش کوتاهترین مسیر (Shortest Rout)، روش حداقل مسافت (Minimal Spanning Tree)، آشنایی با مبانی شبکه‌ها (Networks). برنامه‌ریزی غیرخطی Nonlinear Programing شامل نمونه‌هایی از کاربرد برنامه‌ریزی غیرخطی، بررسی فضاهای غیرخطی و نمایش هندسی آنها، سیستم‌های غیرخطی و انواع متفاوت الگوریتم‌های برنامه‌ریزی غیرخطی، برنامه‌ریزی غیرخطی در شرایط نامحدود، برنامه‌ریزی غیرخطی با توابع درجه دو، برنامه‌ریزی غیرخطی با توابع Concave، Separable و Non-concave، روش‌های Bisection و Newton، بررسی رفتار سیستم‌های واقعی در مقیاس بزرگ (Large Scale) با روابط غیرخطی. حل چند مسأله نمونه.

منابع:

1) Principals of systems, J. W. Forrester, MIT Press, USA, 1967.
2) Introductions to Operation Research, H. Lieberman, McGraw-Hill, USA, 2005.
3) Applied System Analysis: Engineering Planning & Technology Management, R. de Neufuille, MIT Press, USA, 1990.
4) An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making, D. R. Anderson, D. J. Sweeney and T. A. Williams, West Publishing Company, 1994.
5) Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo, G.P. Richardson and A.L. Puch, MIT Press, 1981.

بهینه‌سازی محدب
Convex Optimization

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس با نظریه بهینه سازی در سیستم‌های محدب و روشهای تحلیلی و عددی حل این گونه سیستم‌ها آشنا خواهیم شد. این درس پایه ریاضی لازم برای روش‌های بهینه‌سازی که در کاربردهای مختلف گرایش کنترل و سیستم به کار می‌رود، را بنا می‌نماید.

شرح درس: مقدمه شامل بهینه سازی ریاضی، روش‌های کمترین مربعات خطا و برنامه‌ریزی خطی، بهینه‌سازی محدب، بهینه‌سازی غیرخطی، مجموعه‌ها و توابع محدب شامل مجموعه‌های شبه‌خطی و محدب، توابع محدب، خواص کلی توابع محدب، مثال‌های کاربردی، عملیات حافظ محدبیت، توابع مزدوج محدب، توابع شبه محدب، نامعادلات تعمیم‌یافته، ابر صفحه‌های جداساز، مخروط‌های دوگان و نامعادلات تعمیم یافته، محدب بودن و نامعادلات تعمیم‌یافته. بهینه‌سازی محدب شامل تشریح مسائل بهینه-سازی و بهینه‌سازی محدب، بهینه‌سازی خطی، بهینه‌سازی مربعی، برنامه‌سازی هندسی، بهینه‌سازی مقید با نامعادلات تعمیم‌یافته، بهینه‌سازی برداری. دوگانی شامل تابع دوگان لاگرانژ، مسائل دوگان لاگرانژ، بیان هندسی دوگانی، معرفی نقطه زینی، قضایای شرایط بهینگی، تحلیل اغتشاشات و حساسیت، مسائل کاربردی، سایر قضایای بهینگی مقید با نامعادلات تعمیم یافته. کاربردهای بهینه‌سازی محدب شامل معرفی برخی مسائل بهینه‌سازی محدب، مسائل بهینه‌سازی محدب شدنی، تخمین و فیلترسازی – تخمین پارامتریک و غیر پارامتریک، مسائل بهینه‌سازی هندسی– تصویرسازی بر روی یک مجموعه، فاصله دو مجموعه، فاصله اقلیدسی و زاویه، ابر بیضی‌گون‌ها، دسته‌بندی و مکان‌یابی. الگوریتم‌های حل مسأله بهینه‌سازی محدب شامل روش‌های عددی GDM، SDM، NM ، روش‌های عددی بهینه‌سازی مقید با معادلات غیرخطی شامل روش‌های Newton، ISNM، روش‌های عددی نقطه داخلی، بهینه‌سازی مقید با نامعادلات تعمیم یافته، روش‌های دوگان. این درس با انجام چند پروژه توسط دانشجویان در طول کلاس کامل می‌شود.

منابع:

1) Convex Optimization, S. Boyd and L. Vandenberghe, Cambridge University Press, 2004.
2) Convex Analysis and Nonlinear Optimization: Theory and Examples, J. M. Borwein and A. S. Lewis, Springer, New York, 2006.
3) A mathematical View of Interior Point Methods in Convex Optimization, J. Renegar, SIAM, Mathematical Programming Society, Philadelphia, 2001.

پردازش تکاملی و هوش جمعی

Evolutionary Processing and Swarm Intelligence

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف در این درس دانشجویان با انواع روش‌های بهینه‌سازی سراسری با اهداف تک هدفه و چند هدفه آشنا شده و این روش‌ها را با روش‌های بهینه‌سازی محلی مقایسه خواهند نمود. در این راستا الگوریتم ژنتیک وکوانتم ژنتیک ارائه می‌شود. در ادامه به الگوریتم‌های هوش جمعی که بر اساس رفتار موجودات زنده طراحی شده‌اند پرداخته می‌شود و در نهایت به انواع استراتژی‌های چند هدفه با مفهوم غلبه‌کنندگی و نخبه‌گرایی پرداخته می‌شود.

شرح درس: مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی هوشمند در مقایسه با بهینه‌سازی کلاسیک. الگوریتم ژنتیک شامل الگوریتم پایه پیوسته و گسسته، جمعیت اولیه، تابع شایستگی، عملگرهای برش، جهش و گزینش، فرآیند تولید نسل، پارامترهای کنترلی، مشتقات الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ژنتیک Niching، بررسی قیود، الگوریتم ژنتیک در محیط‌های پویا. برنامه نویسی ژنتیک و تکاملی شامل نمایش درختی الگوریتم، برنامه نویسی ژنتیک Building Block، عملگرهای برنامه نویسی تکاملی، پارامترهای استراتژیک، انواع برنامه نویسی تکاملی، برنامه نویسی تکاملی ترکیبی با الگوریتم بهینه‌سازی گروهی ذرات، برنامه نویسی تکاملی در محیط‌های پویا. استراتژی‌های تکاملی شامل الگوریتم، پارامترهای استراتژیک و خودتطبیقی، عملگرها وسایر استراتژی‌های تکاملی. تکامل تفاضلی شامل الگوریتم پایه، DE/x/y/z، سایر استراتژی های ترکیبی، تکامل تفاضلی در مسائل گسسته، الگوریتم تکامل تفاضلی باینری، تکامل تفاضلی در محیط‌های پویا. الگوریتم فرهنگی شامل معرفی فرهنگ و فرهنگ مصنوعی، الگوریتم پایه، فضای باور، الگوریتم فرهنگی فازی، الگوریتم فرهنگی در محیط‌های پویا و الگوریتم‌های تکاملی موازی. معرفی برخی از روشهای دیگر در هوش گروهی محاسباتی (مانند الگوریتم بهینه‌سازی گروهی ذرات، الگوریتم مورچگان، طراحی الگوریتم‌های هوش گروهی شامل الگوریتم بهینه‌سازی زنبورها، الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی، الگوریتم کرم شب‌تاب، الگوریتم ایمنی مصنوعی، الگوریتم فاخته، الگوریتم جستجوی هارمونیک، الگوریتم بهینه‌سازی عقاب، الگوریتم بهینه‌سازی گروهی گربه‌ها). بهینه‌سازی چند هدفه شامل الگوریتم گروهی ذرات، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم برنامه‌نویسی ژنتیک، الگوریتم استراتژی تکاملی، الگوریتم تکاملی تفاضلی، الگوریتم فرهنگی، الگوریتم زنبورها و الگوریتم مورچگان در حالت چند هدفه.

منابع:

1) Computational Intelligence, A. P. Engellbrecht, Second Edition, Wiley Publication, 2008.
2) Swarm Intelligence: Introduction and Applications, C. Blum and D. Merkle, Springer, 2008.
3) Introduction to Genetic Algorithms, S. Sivanandam and S. Deepa, Springer, 2008.
4) Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence, J. H. Holland, MIT Press, 1992.
5) Optimization through Evolution and Recombination: Self Organizing Systems, H. Bremermann, Spartan Books, 1962.
6) Introduction to Genetic Algorithms, S.N.Deepa, Springer, Berlin-Heidelberg, 2008.

تشخیص و شناسایی خطا
Fault Detection and Identification

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: کنترل مدرن**

هدف: در این درس دانشجویان با روش‌های تشخیص، شناسایی، جداسازی و آشکارسازی خطا در بخش‌های مختلف یک سیستم تحت کنترل شامل عملگر، سیستم و حسگر آشنا می‌شوند.

شرح درس: مقدمه شامل تعاریف اولیه، شناسایی اصول تشخیص و شناسایی خطا، خطای حسگر/ عملگر/ سیستم، اهداف خطایابی، اغتشاش و عدم قطعیت، تشخیص خطای مقاوم، معرفی انواع روش‌های تشخیص و شناسایی خطا، افزونگی سخت افزاری، روش-های مبتنی بر سیگنال و مدل. روش‌های مبتنی بر سیگنال شامل معرفی شناخت الگوی خطا، مسائل دسته‌بندی خطا و خوشه‌یابی، برخورد آماری با مسائل دسته‌بندی و خوشه‌یابی، روش‌های آماری، دسته بندی بیزی، تخمین تابع چگالی احتمال به روش‌های پارامتری و غیرپارامتری، دسته بندی خطا بر اساس روشهای طبقه بندی خطی، دسته بندی خطا بر اساس روشهای طبقه‌بندی غیرخطی همانند شبکه‌های عصبی. تحلیل کاهش بعد و انتخاب ویژگی شامل تحلیل مولفه اصلی، تحلیل تفکیک فیشر، کمترین مربعات جزیی، معرفی چند ویژگی پر کاربرد در استخراج ویژگی. تشخیص و آشکارسازی خطا بر اساس مدل شامل شناسایی سیستم و چگونگی بکارگیری آن در تشخیص و شناسایی خطا، روش‌های خطی و غیرخطی دینامیکی و استاتیکی. روش‌های تقریب پارامتر، کمترین مربعات بازگشتی، روش پریتی، روش رویتگر، روش عامل بندی H_∞ و H_2. تولید و ارزیابی مانده شامل آستانه‌گذاری مانده به صورت ثابت و تطبیقی و روش‌های متداول آن، بررسی اثرات عدم قطعیت، اغتشاش و کنترل‌کننده در روش‌های بیان شده بر اساس مدل. این درس با انجام چند پروژه توسط دانشجویان کامل می شود.

منابع:

1) Pattern Recognition, S. Theodoridis and K. Koutroumbas, Fourth Edition, Academic Press, 2009.
2) Fault-Diagnosis Systems: An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance, R. Isermann, Springer, 2006.
3) Robust Model-based Fault Diagnosis for Dynamic Systems, J. Chen and R. J. Pattan, Kluwer, 1999.
4) Model-based Fault Diagnosis in Dynamic Systems using Identification Techniques, S. Simani, C. Fantuzzi and R. J. Patton, Springer, 2003.
5) Model-based Fault Diagnosis Techniques Design Schemes, Algorithms, and Tools Model-based Fault Diagnosis Techniques, Steven X. Ding, Springer, 2008.

دینامیک سیستم‌ها

System Dynamics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس توسعه یک متدلوژی برای ادراک مسائل پیچیده در مهندسی، مدیریت و حل آنها ارائه می‌شود. در این درس توانایی‌ها و مهارت‌های دانشجو برای تجزیه و تحلیل مسائل بر پایه روش سیستمی مبتنی بر قانون علیت توسعه داده شده و روش-های لازم برای مدل نمودن پیچیدگی در سیستم‌ها ارائه می‌شود.

شرح درس: معرفی درس و چارچوب کلی آن شامل دیدگاه‌ها، روش‌ها و کاربردهای حرفه‌ای دینامیک سیستم‌ها. مفاهیم پایه شامل سیستم، طراحی مدل، بهینه‌سازی، تفکر سیستمی، تئوری سیستم‌ها، الگوی رفتاری رشد، الگوهای رفتاری هدف‌جو، الگوهای رفتاری S شکل، الگوهای رفتاری متناوب، حلقه‌های علی (Causal Loop)، حلقه‌های مثبت، حلقه‌های منفی، حلقه‌های ترکیبی، تأخیر زمانی در حلقه‌ها، دیاگرام جریان (Flow Diagram). روش‌های تحلیل دینامیک سیستم‌ها، روش‌های پیکربندی سیستم (System Structure) برای بررسی پدیده‌های دینامیکی، آشنایی با Dynamo و استفاده از آنها در مدل‌های دینامیکی، سیستم حلقه بسته، بازخورد، متغیرهای حالت، متغیرهای نرخ، مدل‌سازی در S.D، معادلات مدل و شبیه‌سازی کامپیوتری برای تصمیم‌گیری مبتنی بر مدل‌های دینامیکی. بررسی دینامیک در یک سیستم خاص شامل فرآیند مدل‌سازی، تعریف مسأله رفتار مرجع، ساختمان مدل، معادلات مدل، آزمایش مدل، طراحی سیاست و تصمیم با استفاده از مدل.

منابع:

1) Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo, G.P. Richardson and A.L. Puch, MIT Press 1981.
2) System Dynamics Methods: A Quick Introduction, C.W. Kirkwood, Arizona State University, 1998.
3) Study Notes in System Dynamics, M.R. Goodman, MIT Press, 1980.
4) Systems Engineering: Principles and Practice, A. Kossiakoff and W.N. Sweet, John Wiley and Sons, 2003.
5) Industrial Dynamics, J.W. Forrester, MIT, 1973.

رباتیک

Robotics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با اصول مدل‌سازی و کنترل بازوهای مکانیکی به عنوان مهم‌ترین سیستم‌های رباتیک صنعتی آشنا شده همچنین سینماتیک و دینامیک مستقیم و معکوس بازوهای مکانیکی و طراحی کنترل خطی و غیرخطی ربات‌ها را فرا می-گیرند.

شرح درس: مقدمه شامل معرفی بازوها و سیستم‌های رباتیک، و مقدمات ریاضی لازم برای بررسی دینامیک و کنترل بازوهای مکانیکی. تبدیلهای ریاضی شامل تعریف موقعیت، سرعت و جهت‌گیری، ماتریس دوران، ماتریس تبدیل و زوایای اویلر. سینماتیک مستقیم و معکوس شامل پارامترهای دناویت هارتنبرگ، فضای مفصلی و کارتزین، روش هندسی، روش‌های بازگشتی، قضیهٔ پفایفر، زیرفضاهای سینماتیکی. تحلیل ژاکوبین شامل سرعت زاویه‌ای، تعیین سرعت مفاصل، روش بازگشتی، تعریف ژاکوبین، تکینگی، رابطهٔ نیرو و گشتاور. دینامیک شامل شتاب خطی و زاویه‌ای، روش نیوتن- اویلر، روش‌های بازگشتی، روش لاگرانژ، روش بازگشتی لاگرانژ. تولید مسیر شامل روش‌های فضای مفصلی و کارتزین، منحنی‌های درجهٔ سه و منحنی‌های سهموی-خطی، روش‌های بهینهٔ زمانی. طراحی کنترل‌کننده خطی شامل سیستم‌های رستهٔ دو، مدل‌سازی و شناسایی خطی بازوهای مکانیکی با جعبه دنده، طراحی کنترل خطی بر اساس مدل شناسایی شده. طراحی کنترل‌کننده غیرخطی شامل روش‌های خطی-سازی با فیدبک، روش گشتاور محاسبه شده، روش‌های چند متغیره براساس ژاکوبین. کنترل‌های نیرو، امپدانس و هیبرید شامل معرفی روش‌های ترکیبی کنترل نیرو و موقعیت به صورت هم‌زمان.

منابع:

1) Robot Modeling and Control, M. W. Spong, S. Hutchinson and M. Vidyasagar, New York, Wiley, 2006.
2) Introduction to Robotics: Mechanics and Control و J.J. Craig, 3rd Edition, Mass., Addison Wesley, 2005.
۳) ترجمهٔ (چاپ دوم) کتاب فوق توسط دکتر علی مقداری و فائزهٔ میرفخرائی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف،۱۳۷۴.
4) Robot Analysis: the Mechanics of Serial and Parallel Manipulators, L. W. Tsai, New York, Wiley, 1999.
5) Robot Analysis and Control, H.Asada and J.E. Slotine, Wiley, 1989.

ربات‌های موازی

Parallel Robots

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با مدل‌سازی و کنترل ربات‌های موازی آشنا خواهند شد. ربات موازی از ساختار سینماتیکی حلقه بسته تشکیل شده است و نسل دوم ربات‌های صنعتی را تشکیل می دهد.

شرح درس: مقدمه شامل معیار گروبلر، معیار حرکت حلقه، دسته بندی ربات‌ها. تبدیل‌های ریاضی شامل تعریف موقعیت، سرعت و جهت‌گیری، ماتریس دوران، ماتریس تبدیل و زوایای اویلر. سینماتیک مستقیم و معکوس شامل سینماتیک ربات‌های موازی، روش حلقه‌های سرعت، روش‌های حل تحلیلی، روش‌های حل عددی حل سینماتیک مستقیم و معکوس چند ربات موازی نمونه. تحلیل ژاکوبین شامل سرعت‌های خطی و زاویه‌ای، تعریف ماتریس‌های ژاکوبین در ربات‌های موازی، تکینگی و افزونگی، تحلیل ژاکوبین بر روی چند ربات موازی، ارتباط نیرو- گشتاور و ژاکوبین، اصل کار مجازی، تعیین ماتریس سختی. دینامیک شامل شتاب خطی و زاویه‌ای، تحلیل شتاب‌های خطی و زاویه‌ای، روش نیوتن-اویلر، روش کار مجازی، روش لاگرانژ، تعیین فرم عمومی معادلات دینامیکی ربات‌های موازی، روش‌های شبیه‌سازی ربات‌های موازی. تولید مسیر شامل روش‌های طراحی مسیر در فضای مفصلی و کارتزین، طراحی مسیر بر اساس توابع درجه سه، منحنی‌های سهموی-خطی. طراحی کنترل‌کننده خطی و غیر-خطی شامل کنترل موقعیت ربات‌های موازی، روش دینامیک معکوس، کنترل مقاوم، کنترل تطبیقی و روش‌های Passivity. کنترل نیرو در ربات‌های موازی، کنترل سختی، کنترل مستقیم نیرو و کنترل امپدانس و هیبرید. این درس با انجام یک پروژه کامل می‌شود.

منابع:

1) Parallel Robots: Mechanics and Control, H. D. Taghirad, Taylor and Francis LLC., CRC Press, 2013.
2) Robot Analysis: the Mechanics of Serial and Parallel Manipulators, L. W. Tsai, Wiley, New York, 1999.
3) Parallel Robots, J.P. Merlet, MA: Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
4) Robot Modeling and Control, M. W. Spong, S. Hutchinson and M. Vidyasagar, Wiley, New York, 2005.

ریاضیات مهندسی پیشرفته

Advanced Engineering Mathematics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: ریاضیات مهندسی **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با حساب تغییرات، نرم‌ها، معادلات انتگرالی و مسأله اشتورم-لیوویل که از یک دیدگاه می‌توان آنها را مباحثی مرتبط با یکدیگر تلقی نمود آشنا می‌شوند.

شرح درس: مقدمه‌ای راجع به فضاهای خطی، فضاهای برداری، فضای توابع، اپراتورهای ماتریسی، دیفرانسیلی، انتگرالی، معادلات اپراتوری شامل معادلات ماتریسی ، معادلات دیفرانسیلی، حل تقریبی معادلات اپراتوری. آشنایی با حساب تغییرات شامل معرفی تابعی، معرفی اکسترمم توابع چندمتغیره، اکسترمم‌سازی تابعی در حالت‌های نامقید و مقید، ضرایب لاگرانژ، معادلات اویلر-لاگرانژ، تعمیم اکسترمم‌سازی تابعی به حالت چند متغیره و تعمیم آن به حضور مشتقات بالاتر در تابعی، بررسی اکسترمم‌سازی تابعی به شرایط حدی خاص، مثال‌های کاربردی در بهینه‌سازی، مدل کردن مسأله اکسترمم‌سازی تابعی به کمک هامیلتونین، کاربرد حساب تغییرات درحل عددی معادلات دیفرانسیل. آشنایی با نرم‌ها شامل تعریف نرم، نرم بردار، نرم ماتریس، نرم سیگنال، نرم سیستم، اشاره‌ای به نرم H_2، H_∞ و L_1، کاربرد نرم در توقف الگوریتم، مدل کردن یک مسأله حساب تغییرات به کمک نرم. آشنایی با معادلات انتگرالی شامل کلاس بندی، معرفی معادلات ولترا و فردهلم، تبدیل یک مسأله مقدار اولیه/مقدار مرزی به معادله انتگرالی، روش‌های حل شامل روش تکرار Neumann، روش ضرایب نامعین، تبدل لاپلاس، روش هسته جداپذیرو روش هسته حلال، حل عددی معادلات انتگرالی، مثال‌های کاربردی، معادله انتگرالی در شکل حساب تغییرات. آشنایی با مسأله اشتورم-لیوویل شامل بیان مسأله و یادآوری بعضی از مسائل مقدار مرزی مرسوم که منجر به جواب‌های متعامد می‌شوند، تعامد توابع، خصوصیات توابع حاصل از مسأله، بسط توابع به کمک مسأله، اشتورم-لیوویل خاص، کاربردها، ارتباط مسأله با معادلات انتگرالی همگن.

منابع:

1) Applied Mathematics for Physicists, G.B. Arfken and H.J. Weber, Academic Press, 1994.
2) Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, W. E. Boyce and R. C. Diprima, 10th Edition, Wiley, 2012.
3) Feedback Systems: Input-Output Properties, C. A. Desoer and M. Vidyasagar, Academic Press, New York, 1975.
4) Optimal Control Theory: An Introduction, D. E. Kirk, Prentice-Hall, 1970.
5) Foundation of Applied Mathematics, M. D. Greenburg, Prentice Hall, 1978.
6) Calculus of Variations, I. M. Gelfand and S. V. Fomin, Dover Publications, 2000.

سیستم‌ها و کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری

Fractional Order Systems and Controllers

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با ابزار حسابان کسری آشنا شده و اصول تحلیل و طراحی کنترل کننده‌های مرتبه کسری به منظور بکارگیری آن در کاربردهای کنترلی آموزش داده می‌شود.

شرح درس:

مقدمه: آشنایی با کلیات و محتوای درس، تاریخچه استفاده از ابزار حسابان کسری در کاربردهای کنترلی، مهمترین فعالیت‌های انجام شده در سال‌های اخیر. مفاهیم اولیه شامل توابع ویژه در حسابان کسری، تعاریف انتگرال و مشتق مرتبه کسری، تبدیل لاپلاس و فوریه عملگرهای مرتبه کسری و خواص آنها. معادلات دیفرانسیل مرتبه کسری شامل معرفی معادلات دیفرانسیل مرتبه کسری، بررسی شرایط وجود و یکتایی پاسخ، نوع شرایط اولیه مورد نیاز، روش‌های عددی برای حل این دسته از معادلات. سیستم‌های LTI مرتبه کسری زمان پیوسته شامل مدل‌های مرتبه کسری زمان پیوسته، تحلیل پاسخ زمانی و پاسخ فرکانسی، پایداری، کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری. سیستم‌های LTI مرتبه کسری زمان گسسته شامل آشنایی با نمایش‌های مختلف، تحلیل پاسخ، پایداری، کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری. کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری شامل کنترل‌کننده‌های خانواده PID مرتبه کسری، روش‌های مختلف طراحی و تنظیم کنترل‌کننده‌های PI، PD و PID مرتبه کسری ، جبران‌کننده‌های Lead/Lag مرتبه کسری و روش‌های طراحی این دسته از کنترل‌کننده‌ها،کنترل‌کننده CRONE (نسل‌های اول، دوم و سوم) و روش‌های طراحی آن. پیاده-سازی کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری شامل پیاده‌سازی پیوسته زمان، پیاده‌سازی گسسته زمان. برخی از کاربردهای عملی کنترل-کننده‌های مرتبه کسری شامل کاربرد در مکاترونیک، کاربرد در کنترل حرکت، کنترل کانال‌های هیدرولیکی، کنترل مبدل‌های قدرت. برخی از مباحث پیشرفته در زمینه سیستم‌ها و کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری.

منابع:

1) Fractional Differential Equations, I. Podlubny, Academic Press, San Diego, 1999.
2) Fractional-order Systems and Controls–Fundamentals and Applications, C.A. Monje, Y.Q. Chen, B.M. Vinagre, D. Xue, and V. Feliu, Advanced Industrial Control Series, Springer, London, 2010.
3) The Analysis of Fractional Differential Equations, K. Diethelm, Springer, Berlin-Heidelberg, 2010.
4) Distributed-Order Dynamic Systems: Stability, Simulation, Applications and Perspectives, Z. Jiao, Y.Q. Chen, and I. Podlubny, Springer, London, 2012.
5) Fractional-Order Nonlinear Systems Modeling, Analysis and Simulation, I. Petras, Springer, Berlin-Heidelberg, 2011.

سیستم‌های ترکیبی

Hybrid Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: هدف از این درس آشنایی با نحوه مدل‌سازی، تحلیل و کنترل سیستم‌های ترکیبی است که در آنها متغیرهای گسسته (از جمله حالت های نرم افزاری) و متغیرهای پیوسته (مانند کمیت‌های فیزیکی) با هم برهم‌کنش دارند.

شرح درس: معرفی سیستم‌های ترکیبی، چند مثال از سیستم‌های ترکیبی، مدل‌سازی، اتوماتون ترکیبی، پاسخ سیستم‌های ترکیبی (لرزش، مسیرهای زنو، ...)، قابل دسترس بودن، وجود و یکتایی پاسخ، نامعینی در مدل سیستم‌های ترکیبی، اتصال بین سیستم‌های ترکیبی، روش لیاپانوف برای سیستم‌های ترکیبی، سیستم‌های کلید زنی، کنترل بهینه سیستم‌های کلید زنی، مدل‌های زمان گسسته (اتوماتون زمان گسسته، سیستم‌های متناسب تکه‌ای، سیستم‌های دینامیکی منطقی)، ارتباط بین مدل‌های زمان گسسته، کنترل پیش بین و کاربرد آن برای کنترل مدل‌های زمان گسسته، بررسی یک مثال برای کنترل سیستم ترکیبی زمان گسسته، سیستم‌های گذار و قابلیت‌های آنها، رفتار در سیستم‌های گذار و معینی، ترکیب سیستم‌های گذار، روابط بین سیستم‌های گذار و مسائل مرتبط با آنها، رابطه شباهت بین سیستم‌های گذار، درست آزمایی سیستم‌های گذار، سیستم ترکیبی به عنوان سیستم گذار، اتوماتون زماندار، خواص دنباله‌ای، کنترل سیستم‌های گذار (با اهداف دستیابی، ایمنی، و غیره)، تجرید سیستم ترکیبی، امکان پذیری تجرید و گروه-های شناخته شده از سیستم‌های تجرید پذیر، تقریب سیستم‌های ترکیبی با سیستم‌های گذار حالت محدود، کنترل بهینه، نظریه بازی‌ها و سیستم‌های ترکیبی، تشخیص خرابی در سیستم‌های ترکیبی، مطالعه موردی.

منابع:

1) Verification and Control of Hybrid Systems, P. Tabuada, Springer, 2009.
2) Hybrid Systems: Foundations, Advanced Topics and Applications, J. Lygeros, S. Sastry, and C. Tomlin, To be published, currently available for download: http://control.ee.ethz.ch/~ifaatic/book.pdf, 2010.
3) Switching in Systems & Control, D. Liberzon, Birkhauser, Boston, 2003.
4) Logical Analysis of Hybrid Systems: Proving Theorems for Complex Dynamics, A. Platzer, Springer, 2010.

سیستم‌های کنترل تطبیقی
Adaptive Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با سیستم‌های نامعین و متغیر بازمان آشنا شده و رویکرد طراحی سیستم‌های کنترل برای این‌گونه سیستم‌ها را بر پایه روش‌های کنترل تطبیقی مطالعه می‌نمایند.

شرح درس: آشنایی با کنترل تطبیقی شامل جایگاه تعاریف و روش‌های کنترل تطبیقی، تاریخچه کنترل تطبیقی، کاربردهای عملی، کنترل مقاوم، هوشمند و تطبیقی. معرفی شناسایی روی خط سیستم های دینامیکی و روش حداقل مربعات خطا و مباحث مربوط به آن به همراه شناسایی در فضای حالت و رویت‌گرهای تطبیقی. تنظیم‌کننده‌های خود تنظیم جایاب قطب با فیدبک خروجی به صورت مستقیم و غیر مستقیم با حل مسأله اغتشاش. روش‌های مستقیم و غیر مستقیم طراحی تنظیم‌کننده‌های خود تنظیم حداقل واریانس و آشنایی با روش‌های پایش عملکرد. آشنایی با کنترل‌کننده‌های پیش بین و طراحی کنترل‌کننده‌های تطبیقی پیش بین. معرفی سیستم‌های کنترل تطبیقی مدل مرجع و تحلیل پایداری آنها با استفاده از روش‌های لیاپانف و نظریه ورودی-خروجی. کنترل کننده‌های خود تنظیم PID .کاربردها و ملاحظات عملی در پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های تطبیقی. آشنایی با سیستم‌های کنترل تطبیقی مقاوم.

منابع

1) Adaptive Control, K. J. Astrom, 2nd Edition, Wesley, 1995.
2) Adaptive Control Tutorial, P. Ioannou and B. Fidan, SIAM Advances in Design and Control, 2006
3) Model Predictive Control, E. F. Camacho and C. Bordons, Springer, 2006

سیستم‌های کنترل چند متغیره

Multivariable Control Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با مفاهیم نظری و کاربردی در حوزه تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل چند متغیره آشنا می‌شوند. این مهم در دو بخش در تحلیل سیستم‌های چند ورودی و چند خروجی و در طراحی سیستم‌های کنترلی ارائه می‌شود.

شرح درس: مقدمه شامل مسأله تداخل و مشکلات آن و ارائه مثال‌های عملی از سیستم‌های چندمتغیره. نمایش سیستم‌های خطی چندمتغیره در قالب توصیف فضای حالت، ماتریس تبدیل، ماتریس سیستم، و توصیف کسری- ماتریسی با مباحث جانبی آنها. قطب‌ها و صفرها در سیستم‌های چندمتغیره و تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل چندمتغیره در حوزه فضای حالت. پایداری و محدودیت‌های عملکردی در سیستم‌های چندمتغیره، تحلیل پایداری و عملکرد سیستم‌های چندمتغیره نامعین. طراحی سیستم‌های کنترل چندمتغیره با روش‌های کلاسیک شامل مقدمه‌ای بر طراحی، انتخاب ورودی و خروجی، انتخاب پیکربندی کنترل و طراحی سیستم‌های کنترل غیرمتمرکز، طراحی کنترل‌کننده‌های چندمتغیره به روش حلقه بستن ترتیبی، و طراحی ماتریس‌های پیش جبران-ساز برای حل دشواری کنترل. کنترل PI سیستم‌های چندمتغیره با تاکید بر روش‌های مبتنی بر ماتریس پاسخ پله‌ی سیستم، طراحی سیستم‌های کنترل مقاوم به روش فیدبک کمّی.

منابع:

۱) تحلیل و طراحی سیستم های کنترل چند متغیره، علی خاکی صدیق، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۲.

2) Multivariable Feedback Control, S. Skogestad and I. Postlethwaite, Wiley, 2005.
3) Linear Robust Control, M. Green and D. J. N. Limebeer, Prentice-Hall, 1995.
4) Multivariable Control System Design Techniques, G. F. Bryant and L. F. Yeung, Wiley, 1996.
5) Multivariable System Theory and Design, R. V. Patel and N. Munro, Pergammon Press, 1982.
6) Multivariable Feedback Design, J.M. Maciejowski, Wesley, 1989.
7) Quantitative Feedback Theory, C. H. Houpis and S. J. Rausmussen, M. Dekker, 1999.
8) Control Configuration Selection in Multivariable Plants, A. Khaki-Sedigh and B. Moaveni, Springer, 2009.

سیستم‌های کنترل شبکه شده

Networked Control Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در سیستم کنترل شبکه شده، زیر سیستم‌ها به منظور کنترل با هم تعامل دارند. تحلیل و طراحی سیستم به منظور دستیابی به کارایی مطلوب با در نظر گرفتن چگونگی برقراری و تبادل اطلاعات در این درس مورد توجه قرار می‌گیرد.

شرح درس: مقدمه‌ای بر سیستم‌های شبکه شده و کاربردهای آن. شبکه‌های مخابراتی و اثرات آنها بر سیستم شبکه شده. مقدمه‌ای بر نظریه سیستم‌های دارای جهش مارکوفی. تحلیل تأخیر کوچک، تأخیر گسسته و اتلاف داده‌ها. مسأله محدودیت در دسترسی به منبع مخابراتی، لرزش در نمونه برداری و شبکه های CSMA. تخمین زمان گسسته و کنترل LQG بر روی شبکه. پیچیدگی‌های ناشی از اثرات هم زمان و پیوندهای مخابراتی متعدد. مدل‌سازی سیستم شبکه شده به صورت سیستم تأخیردار و محدودیت‌های آن. تأخیر متغیر با زمان و روش‌های حوزه فرکانس، تخمین تأخیر در اینترنت. مقدمه‌ای بر نظریه سیستم‌های تأخیردار. کاربرد روش‌های سیستم‌های تأخیردار برای سیستم‌های شبکه شده و شبکه‌های دینامیکی پیچیده. سیستم‌های تعامل‌کننده گسترده بر روی شبکه. سیستم شبکه شده به عنوان سیستم ترکیبی. کاربرد نظریه سیستم‌های غیرفعال شامل سیستم‌های عملیات از دور و مسأله تأخیر، روش متغیرهای موج. جدول بندی سیستم‌های شبکه شده.

منابع:

1) Networked Control Systems: Theory and Applications, F. Y. Wang and D. Liu, Springer, 2008.
2) Stability of Time Delay Systems, K. Gu, V. L. Kharitonov and J. Chen, Birkhauser, 2003.
3) Discrete-Time Markov Jump Linear Systems, O. L. V. Costa, M. D. Fragoso and R. P. Marques, Springer, 2005.
4) Graph Theoretic Methods in Multiagent Networks, M. Mesbahi and M. Egerstedt, Princeton University Press, 2010.

شناسایی سیستم‌ها
System Identification

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با لزوم مدل‌سازی و شناسایی سیستم‌ها آشنا می‌شوند و انواع روش‌های شناسایی سیستم‌ها اعم از روش‌های پارامتری و غیرپارامتری مورد مطالعه واقع می‌شود.

شرح درس: مقدمه شامل تعریف شناسایی سیستم‌ها، لزوم مدل‌سازی و شناسایی، انواع مدل‌ها، فرآیند شناسایی. روش‌های شناسایی غیرپارامتری شامل شناسایی بر اساس توصیف حوزه زمانی پاسخ سیستم‌ها، شناسایی بر اساس توصیف تابع تبدیل سیستم‌ها و شناسایی بر اساس توابع Correlation و Power Spectral Density. برازش مدل بر اساس حداقل مربعات خطا شامل تخمین حداقل مربعات و تحلیل خواص آن، حداقل مربعات وزن‌یافته، بهترین تخمین خطی بدون بایاس (BLUE)، تعیین بعد مدل، خواص آماری تخمین‌گرها، بایاس و کواریانس تخمین‌گرها. سیگنال‌های ورودی شامل سیگنال‌های ورودی رایج و خواص آنها، مشخصه‌های طیفی، تحریک پایا. پارامتری کردن مدل‌ها شامل طبقه بندی مدل‌ها، ساختار کلی سیستم‌های خطی، بررسی قابلیت شناسایی. روش‌های بر اساس خطای پیش بینی شامل روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته، توصیف روش‌های خطای پیش‌بینی، تخمین بهینه. روشهای Instrumental Variable شامل توصیف عمومی این روش‌ها، تحلیل نظری و محاسباتی این روش‌ها، ماتریس کواریانس تخمین در این روش، مقایسه تخمین بهینه IV و تخمین‌های روش خطای پیش‌بینی. روش‌های شناسایی برگشتی شامل روش حداقل مربعات برگشتی، شناسایی زمان واقعی، روش IV برگشتی، روش خطای پیش‌بینی برگشت، تحلیل نظری و عملی این روش‌ها. شناسایی سیستم‌ها در کنترل حلقه بسته شامل ملاحظات شناسایی پذیری، شناسایی مستقیم، شناسایی غیر مستقیم. برآورد مدل و تعیین ساختار مدل شامل آزمون‌های برآورد مدل، بررسی‌های لازم قبل و حین فرآیند تخمین، بررسی‌های لازم بعد از فرآیند تخمین ،بررسی بر روی داده‌های ثبت‌شده، پارامترهای تخمینی، مانده‌ها. مقدمه ای بر روش‌های شناسایی سیستم‌های غیرخطی، مدل NARMAX، مدل‌های شبکه عصبی پیش‌خور، تخمین‌های محلی، مدل Hammerstein، مدل وینر، سایر مدل‌ها.

منابع:

1) System Identification, T. Soderstrom and P. Stoica, Prentice Hall, 1989.
2) An Introduction to Identification, J. P. Norton, Academic Press, New York, 1986.
3) System Identification, L. Ljung, Prentice Hall, 1987.
4) Time Series Analysis Forecasting and Control, G. E. Box and G. M. Jenkins, Holden-Day, 1976.

کنترل بهینه

Optimal Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن، ریاضیات مهندسی پیشرفته **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان ضمن آشنایی با انواع مسائل کنترل بهینه با مفاهیمی چون تابعی معیار و ارزشیابی عملکرد برای مسائل حداقل زمان، کنترل وضعیت نهایی، کنترل حداقل تلاش، مسائل ردیابی و تنظیم در کنترل کننده‌ها آشنا می‌شوند.

شرح درس: مبانی ریاضیات لازم، مقدمه و آشنایی با اهداف درس و مسأله کنترل بهینه. تابعی معیار و ارزشیابی عملکرد برای مسائل حداقل زمان، کنترل وضعیت نهایی، کنترل حداقل تلاش، مسائل ردیابی و تنظیم در کنترل کننده‌ها. مبانی بهینه‌سازی پارامتری شامل راهکار کلاسیک و راهکار فضای حالت، بهینه‌سازی ساختاری شامل تعیین ورودی به کمک حساب تغییرات و استفاده از فیدبک داخلی(LQR). برنامه‌ریزی پویا، اصل بهینگی بلمن، معادله هامیلتون-ژاکوبی-بلمن. بهینه‌سازی استاتیک بدون قید و با وجود قید، ضرایب لاگرانژ، شاخص عملکرد دو مجذوری. GM و PM تضمین‌شده در تنظیم‌کننده‌های مربعی خطی. رسم مکان هندسی قطب‌های حلقه بسته در طراحی LQR.کنترل‌کننده بهینه غیرخطی زمان گسسته، هامیلتونین. تنظیم‌کننده بهینه خطی زمان گسسته، معادله ریکاتی زمان گسسته، حالت نهایی آزاد، حالت نهایی مشخص. کنترل بهینه حالت دائم، فیدبک زیر بهینه، معادله جبری ریکاتی، سیستم هامیلتونین، قضایای مربوط به شرایط وجود و یکتایی جواب معادله ریکاتی، حل تحلیلی معادله ریکاتی، کنترل بهینه در حوزه فرکانس. کنترل بهینه سیستم‌های زمان پیوسته در حالت کلی، فیدبک حالت و کنترل بهینه، حالت نهایی آزاد، حالت نهایی مشخص. کنترل بهینه سیستم‌های خطی زمان پیوسته در حالت کلی با معیار دو مجذوری، معادله ریکاتی پیوسته، فیدبک حالت و کنترل بهینه، حالت نهایی آزاد، حالت نهایی مشخص. سیستم‌های ردیاب (مسائل سرو، مسائل ردیابی، مسائل ردیابی خروجی یک مدل)، تنظیم‌کننده با تابعی مشخص از حالت نهایی، معادلات کنترل بهینه با وجود کنترل آشفتگی، تخمین زن بهینه و فیلتر کالمن LQG و LTR.

منابع:

1) Optimal Control, F. L. Lewis, D. Vrabie and V. L. Syrmos, 3rd Edition, John Wiley and Sons, 2012.
۲) مقدمه ای بر تئوری کنترل بهینه، تالیف دی. ای. کرک، ترجمه دکتر سید کمال الدین نیکروش، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۶۹.
3) Optimal Control Theory: An Introduction, D. E. Kirk, Prentice-Hall, 1970.
4) Optimal Control: Linear Quadratic Methods, B. D. O. Anderson and J. B. Moore, 1987.
5) Applied Optimal Control, A. E. Bryson and Y. C. Ho, Hemisphere, 1975.
6) Linear Optimal Control Systems, H. Kwakernaak, S. Sivan, Wiley, 1972.

کنترل پیش‌بین
Predictive Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس به تحلیل و طراحی کنترل‌کننده پیش‌بین پرداخته می شود. این نوع کنترل کننده از جمله پرکاربردترین انواع در کنترل سیستم‌های فرآیندی از جمله پلایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها است و در کنترل سیستم‌های مقید، تاخیردار و غیرخطی موفق بوده است.

شرح درس: مقدمه شامل معرفی پیشبینی‌کننده‌ها، کنترل مبتنی بر مدل پیش‌بین و ویژگی‌های کلی آن. پیش‌بینی‌کننده‌ها شامل پیش‌بینی‌کننده اسمیت، پیش‌بینی‌کننده PIP، مقاوم‌سازی ساختار اسمیت، پیشبینی‌کننده Moore. تخمین تاخیر شامل مشکلات کنترل فرآیندهای تاخیردار، تخمین تاخیر برای سیستم‌های خطی، تخمین تاخیر در سیستم‌های غیرخطی. بهینه‌سازی مقید شامل مقدمه‌ای بر حل مسأله برنامه‌ریزی مرتبه دو و غیرخطی، معرفی روش‌های ضرایب لاگرانژ و گرادیان نزولی. کنترل‌کننده پیش‌بین تعمیم‌یافته (Generalized Predictive Control- GPC) شامل مقدمه و روابط پایه، استخراج فرمول بسته، نحوه اضافه کردن قیود، تحلیل پایداری و افزایش مقاومت کنترل‌کننده، GPC در فضای حالت. کنترل ماتریس دینامیکی (Dynamic Matrix Control - DMC) شامل معرفی ساختار و استخراج روابط، نحوه تنظیم پارامترها. کنترل پیش‌بین غیرخطی شامل معرفی شبکه عصبی MLP، ساختار مدل شبکه عصبی برای پیشبینی چندگام به جلو و استخراج روابط پیش‌بینی‌کننده، ساختار حذف اغتشاش و حل مسأله بهینه‌سازی، ارائه مثال‌هایی از کاربرد صنعتی کنترل‌کننده‌های پیش‌بین.

منابع:

5) Model Predictive Control, E. F. Camacho and C. B. Alba, 2nd Edition, Springer, 2004.
6) Numerical Optimization, J. Nocedal and S. Wright, 2nd Edition, Springer Series in Operations Research and Financial Engineering, Springer, 2006.
7) Non-Linear Predictive Control: Theory & Practice, C. Jessel, M. Cannon and B. Kouvaritakis, Institution Electrical Engineers (IET), Control Engineering Series, 2001.

کنترل دیجیتال
Digital Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل خطی **هم‌نیاز: کنترل مدرن**

هدف: در این درس دانشجویان با روش‌های طراحی و پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های دیجیتال بر اساس روش‌های پایه و فضای حالت آشنا می‌شوند.

شرح درس: مقدمه شامل معرفی سیستم‌های کنترل دیجیتال و کامپیوتری، گذار از زمان پیوسته به گسسته، نمایش سیگنال نمونه‌ها در حوزهٔ پیوسته و در حوزهٔ گسسته، قضیه نمونه برداری(Shanon)، بازسازی سیگنال اصلی از سیگنال نمونه برداری شده، پدیده اختلاط فرکانسی، لاپلاس سیگنال نمونه برداری شده، مدل‌سازی مبدل دیجیتال به پیوسته (D/A) یا نگهدار مرتبهٔ صفر(ZOH)، نگهدار مرتبه یک، به دست آوردن اطلاعات بین نمونه‌ها. نمایش و تحلیل خصوصیات سیستم‌های دیجیتال (رقمی) شامل نمایش سیستم‌ها توسط تبدیل Z، معادل گسستهٔ مدل‌های پیوسته از روی معادلات حالت (از معادلات حالت در حوزهٔ پیوسته به معادلات حالت در حوزهٔ گسسته)، محاسبهٔ تابع نمایی ماتریس(تابع انتقال حالت)، قضایای کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری، معرفی تحقق‌های گوناگون برای یک تابع تبدیل، پایداری و ناپایداری برای مدل‌های گسسته و آزمون‌های آن. روش‌های طراحی پایه شامل استفاده از تقریب‌های گسستهٔ جبران‌سازهای پیوسته، فیلترهای ضد اختلاط فرکانسی، طراحی به کمک روش مکان هندسی ریشه‌ها، طراحی در حوزهٔ فرکانس، طراحی به روش حداقل نمودن زمان نشست (بهینهٔ زمان)، طراحی با استفاده از ویژگی‌های چند جمله-ای‌ها. روش‌های طراحی در فضای حالت شامل طراحی با استفاده از مفاهیم تحقق‌ها (رؤیتگری و بازخور حالت، روش جایابی قطب)، کنترل‌کننده‌های فضای حالت بهینه، فیلترهای کالمن، عملکرد ردیابی. آشنایی با روش‌های پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های دیجیتال شامل بررسی روش‌های پیاده‌سازی کنترل دیجیتال در صنعت، بررسی نمونه صنعتی کنترل‌کننده دیجیتال.

منابع:

1) Computer Controlled systems, K.J. Astrom and B. Wittenmark, Addison-Wesley, 1998.

۲) ترجمهٔ کتاب فوق توسط دکتر علی خاکی صدیق، انتشارات دانشگاه تهران.

3) Discrete Time Control Systems, K. Ogata, Prentice Hall, 1987.

کنترل عصبی
Neuro Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: کنترل مدرن**

هدف: در این درس دانشجویان با شبکه‌های عصبی به عنوان شناساگر و پیش‌بینی کننده سیستم‌ها وهمچنین روش‌های تحلیل و طراحی کنترل‌کننده‌های مبتنی بر شبکه عصبی آشنا خواهند شد.

شرح درس: مقدمه‌ای بر ساختار شبکه‌های عصبی و روش‌های مختلف آموزش آن. شناسایی و پیش بینی شامل شبکه‌های عصبی به عنوان شناساگر، شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی سیستم‌ها. کنترل‌کننده عصبی شامل کنترل‌کننده عصبی تقلیدگر، کنترل‌کننده و شناساگر مستقیم، کنترل‌کننده و شناساگر معکوس، کنترل معکوس تطبیقی، کنترل مدل داخلی غیرخطی، کنترل تطبیقی عصبی، نقاد تطبیقی، کنترل‌کننده PID خود تنظیم، شبکه عصبی به عنوان جبرانگر، کنترل‌کننده تطبیقی مدل مرجع عصبی مستقیم، کنترل مدل پیش بین و پایداری شبکه‌های عصبی شناساگر و کنترل‌کننده. کنترل‌کننده ترکیبی شامل کنترل‌کننده ترکیبی از کنترل ساختار متغیر و کنترل عصبی، کنترل تطبیقی مستقیم پایدار، خطی‌سازی فیدبک تطبیقی عصبی، کنترل‌کننده ترکیبی از کنترل فیدبک و کنترل عصبی، آموزش خطای پسخور، کنترل‌کننده ترکیبی از کنترل بهره ثابت و کنترل عصبی، کنترل‌کننده شبکه عصبی بر پایه مُد لغزشی، کنترل‌کننده بهینه عصبی.

منابع:

1) Neural Network Design, M. T. Hagan, H. B. Demuth and M. Beale, PWS Publishing Company, 1996.
2) Neural Network: A Comprehensive Foundation, S. Haykin, Prentice Hall, 1999.
3) Application of Neural Networks to Adaptive Control of Nonlinear Systems, G. W. Ng, Wiley, 1997.
4) Intelligent Control Based on Flexible Neural Networks, M. Teshnehlab, K. Watanabe, Kluwer Academic Publication, 1999.
5) Nonlinear System Identification (from Classical Approaches to Neural Network and Fuzzy Models), O. Nelles, Springer, 2001.

کنترل غیرخطی

Nonlinear Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با روش‌های تحلیل سیستم‌های غیرخطی و طراحی کنترل‌کننده‌های متداول غیرخطی آشنا می‌شوند. علاوه بر آن با انجام یک پروژه نظری توسط دانشجویان، تحقیق در خصوص روش‌های کارآمد طراحی و تحلیل سیستم‌های غیر خطی صورت می‌پذیرد.

شرح درس: معرفی سیستم‌های غیر خطی، معادلات حالت، نقطهٔ تعادل، خصوصیات بارز سیستم‌های غیرخطی و تعریف چرخه حدّی. آنالیز فاز شامل خصوصیات سیستم‌های غیرخطی مرتبه دو، ترسیم نمودار فاز، نقاط تکین، روش‌های ترسیمی، روش‌های عددی، تحلیل نمودار فاز. تحلیل پایداری مقدماتی شامل تعاریف پایداری، قضایای لیاپانوف مستقیم، غیر مستقیم و پایداری فراگیر و قضیهٔ لاسال. تحلیل پایداری پیشرفته شامل قضایای پایداری سیستم‌های متغیر با زمان، قضایای ناپایداری، و معیار دایره و پوپوف در تحلیل پایداری سیستم‌های غیرخطی. تحلیل چرخه حدی شامل تعریف و خصوصیات چرخه حدّی، قضایای وجود، تعریف توابع توصیفی، نمونه‌هایی از توابع توصیفی برای اشباع و منطقهٔ مرده، تحلیل پایداری چرخه حدّی با استفاده از توابع توصیفی. طراحی کنترل‌کننده لیاپانوف شامل روش‌های مستقیم و روش گام به عقب. طراحی کنترل‌کنندهٔ خطی‌ساز با فیدبک شامل ریاضیات لازم و جبر Lie، روش‌های خطی‌سازی ورودی- حالت، روش‌های خطی‌سازی ورودی- خروجی، دینامیک صفر، مثال‌های کاربردی. طراحی کنترل‌کنندهٔ مد لغزشی: شامل تعریف سطوح لغزش، قانون کنترلی کلیدزنی، قانون کنترلی مد لغزشی، حذف تواتر نامنظم با لایهٔ مرزی، طراحی کنترل‌کننده برای سیستم مرتبه دو.

منابع:

1) Nonlinear Systems, H. K. Khalil, 3rd Edition, Prentice Hall, NewYork, 2002.
2) Applied Nonlinear Control, J.J. Slotine and W. Li, Prentice Hall, NewYork, 1991.
3) Nonlinear Control Systems, A. Isidori, Springer, Berlin, 1995.
4) Nonlinear System Analysis, M. Vidyasagar, Prentice-Hall, New York, 1993.

کنترل فازی

Fuzzy Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: کنترل مدرن**

هدف: در این درس علاوه بر آشنایی با مبانی منطق و سیستم‌های فازی، کنترل‌کننده‌های فازی معرفی و اصول طراحی این نوع کنترل‌کننده بیان می‌شود.

شرح درس: مبانی سیستم‌های فازی شامل مجموعه‌های فازی، عملگرهای فازی، روابط فازی، قوانین اگر-آنگاه، اصل توسعه، سیستم استنتاج فازی، فازی‌سازی و فازی‌زدایی، موتور استنتاج، سیستم‌های فازی سوگنو. مدل‌سازی فازی شامل تخمین تابع غیرخطی معلوم با سیستم فازی، تخمین تابع برمبنای داده‌های ورودی خروجی با روش جدول جستجو و گرادیان نزولی، تخمین توابع دینامیکی با سیستم‌های فازی. کنترل‌کننده‌های فازی شامل جدول قواعد، استخراج قواعد فازی از تجربه اپراتورها، استخراج قواعد کنترل‌کننده فازی برای تنظیم کنترل‌کننده PID، طراحی کنترل‌کننده فازی پایدار برای سیستم با دینامیک غیرخطی معلوم. جبرانساز موازی گسترده (Parallel Distributed Compensator- PDC) شامل توصیف سیستم غیرخطی با معادلات حالت فازی، استخراج شرایط پایداری، مقدمه‌ای بر نامعادلات ماتریسی خطی (Linear Matrix Inequality- LMI)، طراحی کنترل‌کننده فازی با فیدبک حالت فازی، در نظر گرفتن قید در ورودی و خروجی. طراحی کنترل‌کننده فازی با الگوریتم‌های تکاملی شامل معرفی الگوریتم ژنتیک، نحوه کاربرد الگوریتم ژنتیک در طراحی کنترل‌کننده‌ها، طراحی کنترل‌کننده فازی با کمک الگوریتم ژنتیک. خوشه‌بندی فازی شامل خوشه‌بندی، الگوریتم C-Means، الگوریتم خوشه‌بندی Fuzzy C- Means، الگوریتم گوستافسون-کسل. شبکه‌های فازی-عصبی شامل توصیف سیستم‌های فازی با شبکه‌های عصبی، ANFIS، آموزش شبکه‌های فازی-عصبی. سیستم-های فازی نوع دو شامل معرفی این دسته از سیستم‌ها، سیستم‌های کنترل مبتنی بر سیستم فازی نوع دو، کاهش اثر نویز.

منابع:

۱) سیستمهای فازی و کنترل فازی، لی وانگ، ترجمه دکتر محمد تشنه لب، نیما صفارپور و داریوش افیونی، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۱.

2) Fuzzy Control, K. M. Passino, S. Yurkovich S., Addison-Wesley Longman, 1998.
3) Fuzzy Control Systems Design and Analysis: A Linear Matrix Inequality Approach, K.Tanaka, H. O. Wang H.O., Wiley-Interscience, 2001
4) Genetic Fuzzy Systems: Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy Knowledge Bases, O. Cordon, F. Herrera, F. Hoffmann, L. Magdalena, World Scientific, 2001.

کنترل فرآیندهای تصادفی
Control of Stochastic Processes

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان ضمن آشنایی و مروری بر نظریه احتمالات، متغیرها و فرآیندهای تصادفی و خواص آنها، با انواع عدم قطعیت‌ها و چگونه مدل‌سازی آنها آشنا می‌شوند و به تحلیل سیستم‌های تصادفی و کنترل بهینه تصادفی می‌پردازند.

شرح درس: مقدمه شامل احتمالات، متغیرهای تصادفی، تابع چگالی احتمال، خواص آماری متغیرهای تصادفی، امید ریاضی، گشتاورها، متغیرهای تصادفی چندبعدی، تابع توزیع توام، خواص آماری متغیرهای تصادفی توزیع‌شده توام، متغیرهای تصادفی گوسی. فرآیندهای تصادفی شامل تابع Cross Correlation، تابع Auto Correlation، تخمین تابع Auto Correlation با استفاده ازنمونه‌های زمانی و تکنیک‌های حوزه فرکانس، چگالی طیف. مدل‌های ریاضی شامل شکل‌های مختلف مدل، انواع مدل‌های عدم قطعیت، معرفی مدل تصادفی پایه، تعمیم انواع مدل‌های تابع تبدیل، فضای حالت، سری زمانی، غیر سفید، استاتیکی، دینامیکی و ... به مدل پایه. آنالیز سیستم‌های تصادفی خطی شامل پاسخ سیستم‌های خطی به ورودی‌های تصادفی، معادلات دیفرانسیل میانگین، تابع همبستگی و ماتریس کواریانس سیستم‌های تصادفی خطی، معادلات میانگین و کواریانس سیستم‌های تصادفی خطی در حالت ماندگار. تخمین سیستم‌های خطی استاتیک بهینه شامل تخمین Bayesian، تخمین Fisher و ارتباط آن با Bayesian، تخمین حداقل مربعات، تخمین غیر بهینه، خطای تخمین. تخمین سیستم‌های دینامیکی خطی زمان گسسته بهینه شامل پیش‌بینی و فیلترسازی بر اساس تخمین Bayesian و Fisher، درون‌یابی بر اساس تخمین Bayesian و Fisher، هموارسازی، تخمین حداقل مربعات، تحلیل تخمین غیر بهینه، خطای تخمین، فیلترکالمن. فیلترسازی غیرخطی شامل فیلتر کالمن توسعه‌یافته مبنا، فیلتر کالمن توسعه‌یافته مرتبه دو. کنترل تصادفی بهینه شامل انواع مسایل کنترل تصادفی، کنترل حلقه باز، کنترل حلقه بسته، کنترل دوگان، کنترل تطبیقی، کنترل بهینه تصادفی LQG پیوسته با زمان و گسسته با زمان.

منابع:

1) Stochastic Optimal Linear Estimation and Control, J. S. Meditch, McGraw-Hill, 1994.
2) Discrete- time Stochastic Systems, T. Soderstrom, Prentice-Hall, 1994.
3) Optimal Control and Estimation, R. F. Stengel, Dover, 1994.
4) Optimal Estimation, F. L. Lewis, John Wiley & Sons, 1986.
5) Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering, R. G. Brown and P. Y. C. Hwang, 1997.
6) Introduction to Probability and Random Processes, J. I. Aunon and V. Chandrasekar, McGraw-Hill, 1998.

کنترل فرآیند پیشرفته

Advanced Process Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: کنترل مدرن**

هدف: بخش مهمی از کاربرد سیستم‌های کنترلی در کنترل فرآیندهای صنعتی می‌باشد. این فرآیندها اکثراً شامل سیستم‌هایی هستندکه در آنها عملیات شیمیایی بر روی سیالات انجام شده و یا عملیات فیزیکی جهت تبدیل انرژی صورت می‌پذیرد. نمونه‌هایی از این فرآیندها در صنایع نفت، صنایع معدنی، نیروگاه‌ها و صنایع غذایی وجود دارند. در این درس، هدف آشنایی با چند نمونه از این نوع فرآیندها و نحوه کنترل آنها است.

شرح درس: معرفی سیستم‌های فرآیندی شامل آشنایی با ویژگی‌های چند نمونه فرآیند صنعتی از جمله راکتور CSTR، ستون تقطیر، مدل تنسی ایستمن و معرفی بانک مدل‌های پیشنهادی در تحقیقات کنترل فرآیند. مباحث پیشرفته در فیدبک رله‌ای شامل تخمین مدل، طراحی کنترل‌کننده برای سیستم‌های غیر مینیمم فاز و سیستم‌های چند متغیره. جبران‌سازها شامل تاثیر تاخیر در حلقه کنترل، تخمین تاخیر، کنترل‌کننده Smith، کنترل پیش‌بین Moore، کنترل PIP، معرفی کنترل پیش‌بین GPC و نحوه در نظر گرفتن قیود فرآیند در مسأله GPC. پایش عملکرد (Performance Assessment) شامل کنترل مینیمم واریانس و اندیس هریس، اندیس تعمیم‌یافته هریس، اندیس هریس در سیستم‌های چند متغیره. ارزیابی حلقه کنترل با معیارهای تولیدشامل مصرف انرژی و کیفیت تولید. بهینه‌سازی زمان حقیقی (Real Time Optimization- RTO) در فرایندهای غیرخطی، انتخاب بهینه نقطه کار با محدودیت‌های فنی و اقتصادی بر اساس مدل استاتیکی، مسأله کنترل جستجوی نقطه کار بهینه (Extremum Seeking Control) و ملاحظات حفظ پایداری دینامیکی در RTO. سنسور نرم شامل روش‌های مبتنی بر شناسایی سیستم خطی و غیر خطی، روش‌های آماری مبتنی بر تئوری بیز، طراحی سنسور نرم جهت افزایش زمان نمونه‌برداری، طراحی سنسور نرم به عنوان جایگزین سنسور خراب، ترکیب اطلاعات سنسورهای سریع و کند، مشکلات و راه‌کارهای کاربرد سنسور نرم در حلقه کنترل.

منابع:

1) Process Modeling Simulation and Control for Chemical Engineers, W. L. Luyben, 2nd Ed., McGraw-Hill, 1989.
2) Model Predictive Control, E. F. Camacho and C. B. Alba, 2nd Ed., Springer, 2004.
3) Process Control Performance Assessment: From Theory to Implementation, A. Ordys, D. Uduehi and M. A. Johnson (Editors), Springer, Advances in Industrial Control Series, 2007.
4) Soft Sensors for Monitoring and Control of Industrial Processes, L. Fortuna, S. Graziani, A. Rizzo, and M. G. Xibilia, Springer, Advances in Industrial Control series, 2006.

کنترل مدرن

Modern Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل خطی **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با مفاهیم فضای حالت آشنا شده و روش‌های طراحی کنترل‌کننده در این فضا را فرا می‌گیرند.

شرح درس: مقدمه شامل آشنایی با نمایش‌های داخلی (تابع تبدیل) و خارجی (فضای حالت) سیستم‌های کنترل و مزایای به کارگیری متغیرهای حالت و نمایش فضای حالت، چند مثال عملی، تعاریف اولیه، مروری بر مفاهیم جبر خطی و مدل‌سازی سیستم‌ها، خطی‌سازی ریاضی، عدم قطعیت در مدل‌سازی. نمایش سیستم‌های خطی شامل خواص سیستم‌های خطی، جواب معادلات دیفرانسیل سیستم‌های خطی. نمایش فضای حالت شامل انتخاب متغیرهای حالت، حل معادلات فضای حالت، روش‌های بدست آوردن ماتریس انتقال حالت، لاپلاس، حالت دینامیکی، روش هامیلتون، روش سیلوستر، تبدیل همانندی، قطری‌سازی، فرم کانونیکال جردن. کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری، شامل تعاریف و شرایط کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری، دوگانی سیستم‌های خطی، کنترل‌پذیری خروجی و تابعی، ترکیب کانونیکال کالمن. نظریه تحقق و پایداری، تحقق کاهش ناپذیر، تحقق سیستم‌هایSISO، SIMO, MISO، تعاریف پایداری، پایداری درونی، پایداری BIBO ، معادله ماتریسی لیاپانوف. سیستم‌های کنترل فیدبک حالت شامل محاسبه بهره فیدبک حالت، سیستم‌های چند ورودی، اثرات فیدبک حالت، طراحی سیستم‌های ردیاب، روش‌های جایابی قطب، جایابی قطب برای سیستم‌های MIMO، رفع اغتشاش، فیدبک حالت با کنترل انتگرالی. رویت‌گرهای حالت شامل ساختار و خواص رویت‌گرهای مرتبه کامل و مرتبه کاهش‌یافته، سیستم‌های کنترل فیدبک حالت با رویت‌گر، طراحی جایابی قطب با فیدبک خروجی، فیدبک حالت با رویت‌گر، قضیه جداسازی، فیدبک حالت با تخمین اغتشاش، عملکرد حلقه بسته. آشنایی با کنترل بهینه شامل فیدبک حالت بهینه LQR ، انتخاب بهره اعمالی، رویت‌گر حالت بهینه LQE ، فیلتر کالمن.

منابع:

۱) اصول کنترل مدرن، علی خاکی صدیق، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.

۲) مقدمه ای بر کنترل مدرن، حمید رضا تقی راد، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۲.

3) Linear System Theory and Design, C. T. Chen, 3rd edition, Oxford Universiy Press, 1999.

4) Modern Control Theory, W. L. Brogan, Prentice Hall, 1991.

کنترل مقاوم
Robust Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس با مفاهیم عدم قطعیت در مدل‌سازی، تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل آشنا می‌شویم. با استفاده از روش‌های تعبیر عدم قطعیت به صورت ساختار یافته و غیر ساختار یافته، روش‌های طراحی کنترل‌کنندهٔ مقاوم H_∞ وسنتز μ معرفی می‌گردد.

شرح درس: مقدمه شامل تعبیر نامعینی و مقاوم بودن نسبت به عدم قطعیت در مدل، تعریف تابع حساسیت و ارتباط آن با قوام، تعریف مسأله عمومی تنظیم، قضیهٔ بهرهٔ کوچک. مقدمه‌ای بر نرم‌ها شامل نرم سیگنال‌ها و سیستم‌ها، ارتباط بین نرم سیگنال و نرم سیستم، روش محاسبهٔ نرم دو و نرم بینهایت، نرم در سیستم‌های چند متغیره MIMO. معرفی قوام شامل تعیین نامعینی‌های مختلف در مدل‌سازی، تعریف پایداری مقاوم، عملکرد نامی، عملکرد مقاوم و قضایای مرتبط، پارامتریزه کردن کنترل کنندهٔ مقاوم توسط فاکتورهای به هم اول، محدودیت‌های جبری و تحلیلی در طراحی کنترل‌کنندهٔ مقاوم. پاسخ مسأله پایداری مقاوم و عملکرد نامی شامل معرفی روش Model Matching و حل آن، طراحی کنترل‌کننده برای عملکرد نامی، طراحی کنترل‌کننده برای پایداری مقاوم، تحلیل و سنتز μ ، حل مسأله حساسیت مخلوط بر مبنای نرم H_2 ، H_∞ و حل مسأله ترکیبی H_2/H_∞ . برخی از روش‌های ساده‌سازی کنترل‌کننده. مقدمه ای بر LMI و کاربرد آن در حل مسائل مختلف کنترلی. بررسی و حل مثال‌های کاربردی در تعیین پاسخ‌های مورد نظر با روش‌های تحلیلی و عددی و استفاده از جعبه ابزار Robust Control، جعبه ابزار lmi Control و جعبه ابزار تحلیل و سنتز μ در نرم افزار MATLAB. این درس با انجام یک پروژه توسط دانشجویان کامل می‌شود.

منابع:

1) Feedback Control Theory, J. Doyle, B. Francis, A. Tannenbaum, Macmillan Publishing, 1990.
2) Essentials of Robust Control, K. Zhou and J. Doyle, Prentice Hall, 1998.
3) Multivariable Feedback Control, S. Skogestad and I. Postlethwaite, John Wiley & Sons, 1996.
4) A course in Robust Control Theory: A convex Approach, G.E. Dullerud and F. Paganini, Springer, 1991

مدل‌سازی و شبیه‌سازی

Modeling and Simulation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: کنترل مدرن**

هدف: در این درس دانشجویان با روش‌های سیستماتیک ساخت مدل‌های ریاضی در سیستم‌های دینامیکی اعم از الکتریکی، مکانیکی، هیدرولیکی و غیره بر اساس قوانین فیزیکی حاکم و داده‌های اندازه‌گیری‌شده آشنا می‌شوند. همچنین آشنایی با ابزارهای شبیه‌سازی مربوطه به منظور مدل‌سازی و شبیه‌سازی صورت می‌پذیرد.

شرح درس: مقدمه‌ای بر مدل‌سازی و شبیه‌سازی، تعاریف و انواع آن، کاربرد آن در مهندسی کنترل و سایر زمینه‌های مهندسی. اصول پایه مدل‌سازی فیزیکی، سیستم‌های الکتریکی/ مکانیکی/ هیدرولیکی، یک روش ابتدایی مدل‌سازی سیستم‌های چندحوزه‌ای، مکاترونیکی، اعتبارسنجی مدل‌سازی، ساده‌سازی مدل. مدل‌سازی و شبیه‌سازی شی‌گرا، تعاریف مقدماتی، مدل‌سازی بر اساس دیاگرام بلوکی، حلقه جبری و مشکلات آن، ساخت کتابخانه مدل، مدل‌سازی بر اساس معادلات، مدل‌سازی سلسله مراتبی و غیر سلسله مراتبی، بکارگیری Modelica. مدل‌سازی و شبیه‌سازی باند گراف، تعاریف اجزای بکاررفته، منابع، انواع باندها، اتصالات سری و موازی، علیت، تقابل علیت، استخراج معادلات فضای حالت، آشنایی با 20sim. معادلات دیفرانسیل معمولی، جبری و پاره‌ای، ارتباط با مدل‌سازی. شبیه‌سازی بر اساس مدل‌سازی فیزیکی شامل روش‌های حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی، جبری و پاره‌ای، سیستم‌های گسسته، شبیه‌سازی در Matlab و جعبه‌ابزارهای شبیه‌سازی آن در حوزه‌های الکترونیک/ مکانیک / هیدرولیک. آشنایی با نرم‌افزارهای شبیه‌ساز متداول. مدل‌سازی بر اساس داده، شناسایی پارامتریک بر اساس مدل‌های خطی و غیر خطی به صورت جعبه خاکستری، تخمین پارامترها، شناسایی غیرپارامتریک، آنالیزگذرا، آنالیز وابستگی و آنالیز طیف و فوریه. شناسایی بر اساس جعبه سیاه مدل‌های دینامیکی و استاتیکی، آشنایی با جعبه افزارهای شناسایی خطی در MATLAB و مقدماتی از شناسایی غیرخطی. این درس با انجام چند پروژه توسط دانشجویان کامل می‌شود.

منابع:

1) Modellbygge och Simulering, L. Ljung and T. Glad, Studentlitteratur, 2004.
2) Modeling of Dynamic Systems: An Introduction, L. Ljung and T. Glad, Prentice- Hall, 1994.
3) System Modeling and Simulation: An introduction, F. L. Severance, Wiely, 2001.
4) System Dynamics: Modeling and Simulation of Mechatronic Systems, D. C. Karnopp, D.L. Margolis and R.C. Rosenberg, 4th Edition, Willey, 2012.
5) Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural Networks and Fuzzy Models, O. Nelles, Springer, Berlin, 2001.

معماری سیستم‌ها و طراحی مهندسی

Systems Architecture & Engineering Design

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف: توجه اصلی این درس بر روی آموزش اصول و روش‌های معماری سیستم‌ها برای طراحی مهندسی است. در این درس افزایش توانایی‌های دانش‌محور دانشجویان در فرآیند هدف‌گذاری، تعیین مرزها و تعریف ساختار محیط سیستم‌ها در شرایط چند-وجهی، متنوع، پیچیده و غیرقطعی مد نظر قرار گرفته و کاربرد این روش‌ها در طراحی بهینهٔ نمونه‌های واقعی در حوزه‌های مختلف مهندسی مورد تاکید قرارمی‌گیرد.

شرح درس: مفاهیم پایه، سیستم، مدل، تفکر سیستمی، پیچیدگی، عدم قطعیت، تنوع، محیط سیستم‌ها، طراحی، فضای طراحی، شبکه سیستم، بهینه‌سازی و نظریه سیستم‌ها درک جامع یک نیازمندی و روش‌های فرمول‌سازی نیازمندی‌ها با توجه به ابعاد و مولفه‌های آن، بررسی روندهای میان مدت و بلند مدت و آنالیز رفتار عناصر موجود در شبکه سیستم، برنامه‌ریزی شطرنجی برای سازماندهی اطلاعات نسبت به زمان، بررسی دیدگاه‌های مربوط به ساختار محیط‌های تولیدی آتی، روش‌های پیکربندی گزینه‌های واقعی در شرایط غیرقطعی و پیچیده، مبانی علوم سیستم‌ها و ساختارهای سلسله مراتبی در اهداف، وظایف، فرآیند وساختار سیستم‌ها، فرآیندهای سلسله مراتبی درتصمیم‌گیری، روش‌های تصمیم‌گیری مارکوف، روش‌های جستجوی سیاست (Cost-to-Go Function) در طراحی سیستم‌ها، فرآیند هدف‌گذاری در طراحی سیستم‌ها، فرآیند حل مسأله، فرآیند مهندسی سیستم‌های محصول محور، فرآیند محور و ساختار محور شامل معماری سیستم، طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌ها، تجزیه و تحلیل ریسک و عدم قطعیت، شناخت منابع ریسک و عدم قطعیت و معیارهای ارزیابی آنها، آنالیز گزینه‌های واقعی، انطعاف‌پذیری و درجه آزادی در طراحی سیستم‌ها، روش‌های مطالعه جریان مالی (Cash Flow) در عملیات سیستم‌ها، مدل نمودن توابع تولید و هزینه در سیستم‌ها، اندازه اقتصادی در طراحی سیستم ها، آنالیز شبکه‌های پیچیده و تصمیم‌گیری، بهینه‌سازی شبکه‌ها. دینامیک سیستم‌های باز و مدل نمودن پیچیدگی با روش Flow Diagram Dynamo, System Structure، آشنایی با اصول و فرآیندهای طراحی (محصول، سیستم‌های عملکردی و کنترلی). آشنایی با روش‌های اندازه‌گیری کارایی سیستم‌ها و طراحی به منظور بهبود.

منابع:

1) Architecting the Art of Systems, E. Rechtin and M.W. Maier, Boca Raton, FL: CRC Press, 2000.
2) Product Design and Development, U. Karl, and S. Eppinger, 3rd Ed., New York, NY: McGraw-Hill, 2004.
3) System Dynamics Methods: A Quick Introduction, C.W. Kirkwood, Arizona State University, 1998.
4) Applied Systems Analysis, R. de Neufville, McGraw-Hill, New York, 1990.
5) Graph Theory in Practice: Part I & Part II, H. Brian, American Scientist, 2000.

مهندسی آنالیز ریسک و عدم قطعیت

Risk & Uncertainty Analysis Engineering

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با ماهیت غیر قطعی محیط‌های مهندسی، شناخت منابع ریسک و کارکرد آن‌ها در طراحی سیستم-ها و پروژه‌های مهندسی، ارزیابی و اندازه‌گیری ریسک‌های احتمالی، آشنایی با متدلوژی‌های تصمیم‌گیری در محیط‌های پر ریسک، ارزیابی چند معیاره و انتخاب گزینه‌های مطلوب در طراحی و کنترل سیستم‌ها آشنا می‌شوند.

شرح درس مفاهیم اساسی محیط‌های پر ریسک، منابع ریسک و قواعد مهندسی سیستم‌ها شامل تاریخچه تحول مهندسی سیستم‌ها در توسعه روش‌های طراحی، اصول تصمیم‌گیری تحت شرایط ریسک ، دسته‌بندی ریسک‌های داخلی و محیطی سیستم‌ها، مفاهیم سیستم‌های پیچیده (Complex Systems) و درهم تنیده (Complicated Systems) و چگونگی کنترل ریسک در سیستم‌های با مقیاس بزرگ. مبانی نظریه آمار و احتمال، آشنایی با طبیعت سیستم‌های پیچیده و مدیریت غیر منتظره، مثال‌هایی از کارکرد ریسک در حوزه های متفاوت علوم، علوم اجتماعی، مهندسی و زیست محیطی. مدل‌سازی ریسک و عدم قطعیت شامل ریسک و تصمیم‌گیری، مدل‌های تصمیم‌گیری چند مرحله‌ای، ارزش اطلاعات رقابتی، اصول رفتار منطقی، ریسک گریزی، مقدمه‌ای بر مطلوبیت، نظریه مطلوبیت چند مشخصه‌ای، مقایسه گزینه‌های ممکن و ارزش زمانی پول، مدل‌سازی ریسک و عدم قطعیت در پروژه‌ها، شبیه سازی مونت کارلو. ریسک در طراحی سیستم‌ها، منحنی‌های ریسک و تعیین سناریوهای حادثه، مدل‌سازی وابستگی در طراحی بر اساس قابلیت اطمینان، مدل‌سازی بر اساس انعطاف‌پذیری، مدل‌سازی بر اساس تغییر شکل‌پذیری، مدل‌سازی مدولار بر اساس رفتار کوانتمی.

منابع:

1) Applied Systems Analysis, R. de Neufville, MIT, McGraw-Hill Publishing Company, 1990.
2) Uncertainty Analysis with High Dimensional Dependence Modeling, D. Kurowicka and R. Cooke, John Wiley& Sons Ltd, England, 2006.
3) Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Basic Principles, A.H. Ang and W.H. Tang, Vol. 1, Wiley, New York, NY, 1975.
4) Uncertainty and Surprise in complex Systems, R.R. McDaniel, Springer, Berlin-Heidelberg, 2005.

نامساوی‌های خطی ماتریسی

Linear Matrix Inequalities (LMI)

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: کنترل مدرن **هم‌نیاز: کنترل مقاوم**

هدف: در این درس دانشجویان علاوه بر یادگیری مفاهیم و روش‌های عددی متداول برای حل مسأله نامساوی‌های خطی ماتریسی با کاربردهای متنوع کنترل مقاوم که به نوعی قابل تبدیل به این مسأله می‌باشد، آشنا می‌شوند. همچنین با توجه به تحقیقات جدید انجام شده در زمینه نامساوی‌های خطی ماتریسی و بررسی کاربردهایی که تاکنون منجر به مسأله نامساوی‌های خطی ماتریسی شده‌اند، کاربردهای بالقوه‌ای که قابل تبدیل به چنین مسأله‌ای هستند استخراج خواهند شد.

شرح درس: مقدمه شامل معرفی کاربردهای کنترل مقاوم با نگاه نامساوی‌های خطی ماتریسی. روش‌های متداول حل مسأله بهینه-سازی محدب شامل برنامه‌سازی نیمه معین، برنامه‌سازی نیمه معین- درجهٔ دو، روش‌های عددی Interior-Point-Method. تحلیل کاربردی مسائل نامساوی‌های خطی ماتریسی شامل توابع لیاپانوف پارامتریک در سیستم‌های نامعین، بهینه‌سازی با قیدهای انتگرالی درجهٔ دو، تحلیل مسأله H_2 مقاوم. طراحی در کاربردهای مسائل نامساوی‌های خطی ماتریسی شامل طراحی کنترل H_2 مقاوم، طراحی کنترل مقاوم بهینه با شاخص بهینه‌سازی مخلوط H_2/H_∞، روش‌های طراحی کنترل‌کنندهٔ زمان‌بندی بهره برای سیستم‌های نامعین. این درس با انجام یک پروژه توسط دانشجویان کامل می‌شود.

منابع:

1) Advances in Linear Matrix Inequality Methods in Control, L. EL Ghaoui and S. I. Niculescu, SIAM, Philadelphia, 2000.
2) Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory, S. Boyd, L. El Ghaoui, E. Feron and V. Balakrishnan, SIAM, Philadelphia, 2000

نظریه بازی‌ها

Game Theory

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس دانشجویان با روش‌های تصمیم‌گیری در سیستم‌های چند عاملی آشنا شده و قادر خواهند شد در فضاهای رقابتی به طراحی بهینه سیستم‌ها به منظور بیشینه نمودن کارایی سیستم بپردازند.

شرح درس: مفاهیم کلی و مبانی تصمیم‌گیری شامل سیستم و روش‌های سیستمی در حل مسائل، فرآیند حل مسأله و مدل‌سازی، شبکه یک سیستم، محیط یک سیستم، انواع مدل‌سازی سیستم‌ها، تصمیم‌گیری، مدل‌های تصمیم‌گیری و ارزش اطلاعات در تصمیم‌گیری، تابع ارزش و تابع مطلوبیت، اندازه‌گیری مطلوبیت (یک بعدی وچند بعدی)، تصمیم‌گیری گروهی. مبانی نظری و مدل‌سازی بازی‌ها شامل آشنایی با بازی‌ها و شرائط محیطی، بازی‌ها در فرم استراتژیک (مفاهیم و روش‌ها)، بازی‌های ماتریسی و پیوسته، استراتژی‌های غلبه، منطق‌گرایی، تعادل نش (وجود و یکتایی، تعادل مخلوط و هم‌بسته)، بازی‌های مدولار و ابرمدولار، بازی‌های نیرومند و انبوه. بازی‌های گسترده با اطلاعات کامل شامل بازگشت استقرایی، تعادل کامل زیربازی، کاربرد در بازی با معاملات سودمند، راه حل معامله سودمند نش. بازی‌های تکراری شامل بازی با تکرار محدود و نامحدود، استراتژی‌های واکنش برانگیز، نظریه‌های دسته جمعی، تعادل عمومی رقابتی، موقعیت غیر رقابتی. بازی در شرایط کمبود اطلاعات شامل استراتژی‌های رفتاری و مخلوط، تعادل نش بیزین، کاربرد در حراج، فرمت‌های متفاوت حراج ، بازده و اثربخشی دارایی‌های حراج‌های متفاوت. یادگیری در بازی‌ها شامل یادگیری مایوپیک، اجرای تخیلی، یادگیری بیزین، استراتژی‌های تحول پایدار، محاسبات تعادل نش در بازهای ماتریسی. طراحی مکانیزم شامل حراج بهینه، نظریه بازده همسنگ، دیدگاهای اجتماعی، نتایج غیر ممکن، اصول آشکار-سازی، سازش انگیزشی، مکانیزم‌های VCG، مکانیزم‌ها در شبکه‌سازی، مکانیزم‌های غیر متمرکز. اثر بازی روی شبکه‌ها شامل تخصیص منابع مبتنی بر مطلوبیت، برون داد منفی و مثبت، مسیریابی خودخواهانه، تعادل نش و واردراپ، مسیریابی بهینه جزئی، قیمت‌گذاری شبکه‌ای، رقابت و درگیری روی عملیات شبکه‌ای.

منابع:

1) Games and Information: An Introduction to Game Theory, E. Rasmusen, 3rd Edition, Blackwell, 2001.
2) Introducing Game Theory and Its Applications, E. Mendelson, CRC Press LLC, 2004.
3) Game Theory with Economic Applications, H. S. Biermann and L. Fernandez, Addison-Wiley, 1998.
4) Games & Decision Making, C. D. Aliprantis and S.K. Chakrabarti, Oxford University Press, 2000.
5) Games and Decisions, R. D. Luce and H. Raiffa, John-Wiley and Sons, 1957.
6) Game Theory, D. Fudenberg and J. Tirole, MIT Press, 1991.
7) Algorithmic Game Theory, N. Nisan, et al, the Cambridge University Press, 2007.
8) Game of Strategy: Theory and Application, M. Dresher, Prentice-Hall, 1961.
9) Applied Systems Analysis: Engineering Planning and Technology Management, R. Neufville, McGraw-Hill, New York, 1990.

نظریه گراف و تحلیل شبکه‌ها

Graph Theory & Network Analysis

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: - **هم‌نیاز: -**

هدف: در این درس با تلفیق پایه‌های ریاضی و روش‌های تحلیلی برای مدل‌سازی شبکه‌ها دانش و مهارت مورد نیاز دانشجویان به طراحی و کنترل سیستم‌ها با کارکرد شبکه‌ای در حوزه‌های متفاوت مهندسی فراهم می‌شود.

شرح درس: مفاهیم اولیه گراف، زیر گراف، گراف‌های مرتبط و نا مرتبط، مجموعه برش، فضاهای برداری وابسته به یک گراف،گراف صفحه ای (Planar)، گراف ایزومورفیسم، گروه اتومورفیسم‌های یک گراف و کاربرد آنها در شمارش، مدارهای اویلری و هامیلتونی ، طیف یک گراف، مسأله رنگ در گراف، نظریه شبکه‌ها، مدل‌های جریان شبکه‌ای، درخت ریشه‌ای، الگوریتم‌های کوتاه ترین مسیر، حداقل مسافت و حداکثر جریان در شبکه، مسأله جریان شبکه با حداقل هزینه، شبکه با پایانه‌های چندگانه ، شبکه با چند جریان، آنالیز یک مورد شبکه عملیاتی (Case Review)، شبیه‌سازی شبکه‌ها،کاربرد نظریه گراف در تحلیل شبکه‌ها در حوزه‌های متفاوت مهندسی.

منابع:

1) Graph Theory with Applications, J.A. Bondy and U.S.R Murty, 2nd Edition, Springer, 2008.
2) Discrete and Combinatorial Mathematics, R. Grimaldi, 5th Edition, Addison Wesley, 2003.
3) Introduction to Graph Theory, D. West, 2nd Edition, Prentice Hall, 2000.
4) Network Flows, R.K. Ahuja and T.L. Magnanti, Printice Hall, 1993.