

## **Automatické řízení (AŘSZ)**

(výběr libovolných 3 povinně volitelných předmětů spadajících do oblasti „Automatického řízení) - výběr provádí student)

### **Úvod do robotiky a mechatroniky (URM)**

1. Definujte základní rozdělení manipulátorů podle jejich mechanického uspořádání (sériové/paralelní manipulátory) a jejich výhody nevýhody.
2. Reprezentace obecného pohybu v robotice (reprezentace pozice a orientace, matice rotace, homogenní transformační matice, skládání transformací, možné reprezentace orientace, reprezentace rychlosti/zrychlení translačního/rotačního pohybu).
3. Úmluva pro popis kinematiky manipulátoru (Denavit-Hartenbergova úmluva, použití, výhody, příklady).
4. Přímý a inverzní geometrický problém (charakteristiky, problémy, řešení pro sériové/paralelní manipulátory).
5. Řešení inverzního geometrického problému pro sériové manipulátory (metody řešení pro dané třídy manipulátorů, kinematická dekompozice, obecný přístup k řešení).
6. Přímá a inverzní okamžitá kinematická úloha, singulární polohy (jakobián zobrazení, závislosti mezi rychlostmi/zrychleními, metody výpočtu, singulární polohy manipulátoru: definice, diagnostika, související problémy).

### **Systémová analýza (SYA)**

1. Systémová analýza – vymezení obsahu, základní pojmy, obecné principy
2. Strukturované metody systémové analýzy - SA/SD
3. Objektově-orientované metody systémové analýzy – UML
4. Databázové systémy - základní pojmy a vlastnosti
5. Datové modelování - relační modely
6. Základy jazyka SQL - DDL, DML

### **Nelineární systémy (NS)**

1. Charakteristika nelineárních systémů, vymezení vůči lineárnímu systému
2. Stabilita nelineárních systémů, přímá a nepřímá Ljapunovova metoda
3. Stabilita lineárního časově variantního (LTV) systému
4. Metody generování Ljapunovových funkcí pro lineární a nelineární systémy
5. Absolutní stabilita
6. Teorie bifurkací

### **Modelování a simulace 2 (MS2)**

1. Modelování diskrétních systémů pomocí konečných automatů, definice generovaného jazyka, příklad neregulárního jazyka
2. Kompozice konečných automatů, říditelnost a pozorovatelnost
3. Principy modularity v modelování hybridních systémů
4. Simulace markovských řetězců ve spojitém čase Gillespie algoritmem

5. Konvergence a podmínky metody Monte Carlo
6. Využití metody Metropolis-Hastings v Monte Carlo simulaci.

### **Optimální systémy (OPS)**

1. Optimální programové řízení diskretních dynamických systémů. Formulace úlohy. Hamiltonova funkce. Nutné podmínky pro optimální řízení
2. Optimální programové řízení spojitých dynamických systémů. Formulace úlohy. Hamiltonova funkce. Nutné podmínky pro optimální řízení. Podmínky transversality. Pontrjaginův princip minima
3. Deterministický diskretní systém automatického řízení. Princip optimality. Bellmanova funkce. Bellmanova optimalizační rekurze
4. Syntéza optimálního deterministického systému automatického řízení pro diskretní lineární řízený systém a kvadratické kritérium. Formulace a řešení. Asymptotické řešení a jeho stabilita
5. Deterministický spojitý systém automatického řízení. Kontinualizace Bellmanovy optimalizační rekurze
6. Optimální stochastický systém automatického řízení. Strategie řízení. Bellmanova funkce a Bellmanova optimalizační rekurze
7. Syntéza optimálního systému automatického řízení pro lineární gaussovský řízený systém a kvadratické kritérium. Formulace a řešení. Separální teorém

### **Identifikace systémů a filtrace (ISF)**

1. Identifikace systémů, základní cíl, základní pojmy, systém, model, experimentální podmínky, identifikační metody, identifikační cyklus
2. Základní modely používané v parametrické identifikaci, stochastické modely, optimální predikce
3. Parametrické identifikační metody, souvislost výběru modelu a identifikační metody, jednorázová a rekurzivní identifikace
4. Metoda nejmenších čtverců, kritérium, nestranné odhady, kovarianční matice chyby odhadu, zapomínání dat a sledování parametru
5. Odhad stavu lineárních stochastických diskretních systémů, Bayesovy rekurzivní vztahy, Kalmanův filtr, Rauch-Tung-Striebelův vyhlazovač
6. Odhad stavu nelineárních stochastických diskretních systémů, rozšířený Kalmanův filtr, unscenovaný Kalmanův filtr, odhad stavu lineárního negaussovského systému
7. Numerické řešení bayesovských rekurzivních vztahů, metoda bodových mas

### **Základy komplexní analýzy (ZKA)**

1. Rozšířený obor komplexních čísel, různé způsoby reprezentace komplexních čísel, analytický popis základních geometrických útvarů v Gaussově rovině (přímka, kružnice, polorovina, mezikruží apod.), Riemannova sféra komplexních čísel, posloupnosti komplexních čísel (konvergence a omezenost).
2. Komplexní funkce komplexní proměnné, kruhová inverze, převrácená hodnota komplexního čísla, lineární funkce a lineární lomená funkce (základní vlastnosti a geometrická interpretace).

3. Jednoznačné a víceznačné funkce, prosté a inverzní funkce, limita a spojitost komplexních funkcí. Funkce  $n$ -tá mocnina a  $n$ -tá odmocnina, exponenciální a logaritmická funkce, goniometrické funkce, Eulerova identita.
4. Derivace komplexní funkce (koeficient roztažnosti a koeficient otočení), holomorfní funkce, Cauchyovy-Riemannovy podmínky, harmonicky sdružené funkce, konformní zobrazení a jeho užití k řešení okrajových úloh pro Laplaceovu rovnici.
5. Křivkový integrál komplexní funkce, nezávislost křivkového integrálu na integrační cestě a primitivní funkce, Cauchyovy integrální věty, integrace ve vícenásobně souvislých oblastech, izolované singularity komplexních funkcí a jejich klasifikace, reziduum funkce a jeho užití k výpočtu křivkových integrálů.

### **Operační analýza (OA)**

1. Rozhodovací procesy – charakteristika, základní pojmy, třídění (Racionální a indiferentní účastníci, ohodnocení rozhodovací situace, konfliktní a nekonfliktní rozhodovací situace, mat. model)
2. Lineární programování – formulace úlohy a metody řešení (lineární nerovnosti, geometrická interpretace, pomocné proměnné, simplexová metoda), celočíselné programování, dopravní a přiřazovací úlohy
3. Teorie her – formulace úlohy, principy řešení (předpoklady o rozhodovací situaci, maticové hry s nulovým součtem, ryzí a smíšené rozhodovací strategie, sedlový bod, základní věta maticové teorie her)
4. Systémy hromadné obsluhy – základní pojmy, třídění, metody analýzy (frontové režimy, Kendelova klasifikace, uzavřené a otevřené SHO, matematický model SHO, přechodový režim a ustálený stav, grafy přechodů)
5. Síťová analýza - formulace úlohy řízení a plánování projektů a základní principy řešení (mat. model úlohy uspořádání činností ve formě síťového grafu, metoda CPM, kritická cesta a kritické činnosti), modely síťových toků (úloha nalezení nejkratší cesty v síti, minimálního větvičího se stromu, maximálního toku)
6. Markovovy procesy - charakteristika, základní pojmy, Markovova analýza, matice přechodových pravděpodobností, pravděpodobnosti v ustáleném stavu, typické úlohy

### **Adaptivní systémy (AS)**

1. Základní přístupy k syntéze adaptivních řídicích systémů, schematické vyjádření, srovnání s předpoklady a návrhem standardních regulátorů
2. Adaptivní řízení s referenčním modelem, MIT pravidlo, využití Ljapunovovy teorie stability
3. Samonastavující se regulátory, charakteristika a základní přístupy k návrhu bloku řízení, přiřazení pólů, diofantické rovnice, minimální variance
4. Samonastavující se regulátory, charakteristika a základní přístupy k návrhu bloku poznávání, parametrické metody odhadu
5. Adaptivní systémy na zpracování signálu, adaptivní prediktor, adaptivní filtr, analogie se samonastavujícími se regulátory
6. Adaptivní řízení a strukturální vlastnost stochastického optimálního řízení, duální řízení, neutralita, separabilita, ekvivalence určitosti

### **Robustní řízení lineárních systémů (RLS)**

1. Modely vícerozměrných lineárních systémů – diferenciální/diferenční rovnice, matice váhových funkcí, přenosová matice, stavový popis. Linearizace nelineárního systému v okolí pracovního bodu. Nuly a póly vícerozměrného systému – vstupně-výstupní a přenosové, směr nul a pólů. Minimální realizace systému, Smith McMillanova forma.
2. Frekvenční odezva vícerozměrného systému, singulární čísla přenosové matice. Řiditelnost a pozorovatelnost. Vnitřní stabilita regulační smyčky. Centralizované vícesmyčkové řízení. Matice relativních zesílení. Rozvazbovací kompenzátory.
3. Parametrizace stabilizujících regulátorů pro stabilní MIMO systémy.
4. Lineární stavová zpětná vazba pro SISO a MIMO systémy, řešení úlohy přiřazení pólů, jednoznačnost. Návrh rekonstruktoru stavu. LQ a LQG regulátor, garantovaná robustnost uzavřené smyčky.
5.  $H_2$  a  $H_\infty$ -nekonečno optimální řízení, obecná formulace úlohy a její řešení, fyzikální interpretace  $H_2$  a  $H_\infty$ -nekonečno normy skalárního a vícerozměrného systému, mixed sensitivity problém – formulace a volba vhodného váhového schématu pro skalární a vícerozměrný případ.
6. Analýza robustnosti ve stabilitě a robustnosti v kvalitě řízení,  $N$ -delta a  $M$ -delta struktura. Strukturované singulární číslo a jeho využití při analýze a syntéze regulačního obvodu.

### **Průmyslové řídicí systémy (PS)**

1. Reléový regulátor. Podmínky existence symetrického mezního cyklu. Regulátor s klouzavým režimem.
2. Průmyslový PID regulátor s dvěma stupni volnosti a bezrázovým přepínáním režimů a parametrů.
3. Regulátory pro obtížně regulovatelné procesy (neminimálně fázové, s dopravním zpožděním, podkriticky tlumené).
4. Základní typy regulačních struktur: kaskádní, selektorová, poměrová regulace, dopředná vazba; funkční vlastnosti, podmínky užití.
5. Princip prediktivního řízení a jeho vlastnosti.
6. Automatické nastavování průmyslových regulátorů. Experimentální identifikace procesu a návrh robustního regulátoru.

### **Informační a řídicí systémy 2 (IŘS2)**

1. Strukturované metody analýzy systémů, struktura, chování
2. Počítačová podpora analýzy, návrhu a implementace IŘS (CASE systémy)
3. Projekt, obecné vlastnosti, plánování a řízení projektů
4. Počítačová podpora plánování a řízení projektů
5. Projekt IŘS, životní cyklus projektu IŘS