Seznam nabízených předmětů pro doktorský studijní program Technická Kybernetika

# Předměty teoretického základu (jeden povinně v ISP)

# Vybrané partie z matematiky

Vyučující: doc. Ing. Jan Šembera, Ph.D., doc. Mgr. Jan Březina, Ph.D., prof. Dr. Ing. Jiří Maryška, CSc., prof. RNDr. Jan Picek, CSc., doc. Ing. Martin Plešinger, Ph.D., Mgr. Jan Stebel, Ph.D.

Tento předmět je určen pro získání hlubších znalostí z vybraných partií matematiky, má za úkol poskytnout potřebné znalosti ve skupině předmětů Přírodovědného základu. Předmět je garantován několika odborníky, přičemž každý z nich je úžeji specializován na látku v jedné z těchto oblastí:

* **Optimalizace** (Šembera): Tato část rozšiřuje znalost a kompetence v oblasti základních a pokročilých metod řešení optimalizačních úloh. Po absolvování kurzu je student schopen správně zformulovat optimalizační úlohu pro řešení problému ve své specializaci, vybrat vhodnou metodu pro její řešení a navrhnout příslušný algoritmus: Metody pro řešení optimalizační úlohy bez omezujících podmínek (Nelderova-Meadova metoda, gradientní metody, metoda sdružených směrů ad.).; Optimalizační úlohy s omezujícími podmínkami: Lagrangeovy multiplikátory, Karush-Kuhn-Tuckerovy podmínky. Metoda vnitřního bodu; Lineární a kvadratické programování – formulace a řešení; Smíšené celočíselné programování: Metoda větví a mezí.
* **Lineární algebra** (Plešinger): Vlastní čísla, normální a diagonalizovatelné matice, Schurova věta a její varianta v reálném případě, pseudospektra, funkce matic; Ortogonální transformace (Givensovy rotace a Householderovy reflexe v R^n a v C^n), ortogonální a unitární grupy (SO(n), O(n), SU(n), U(n)), QR rozklad, Gramův–Schmidtův ortogonalizační algoritmus; LU rozklad a jeho numerická analýza, rozklady symetrických pozitivně definitních a indefinitních matic; Singulární rozklad, numerická hodnost matice, komprese dat (např. obrazu) a analýza hlavních komponent, CS rozklady, vzdálenosti a úhly mezi podprostory; Úlohy nejmenších čtverců, úplný problém nejmenších čtverců, ill-posed úlohy (deblurring ve zpracování obrazu, tomografické úlohy, …), regularizace (TSVD, Tichonovská regularizace, hybridní metody); Výpočet vlastních čísel, mocninná metoda, Arnoldiho metoda a algoritmus, Lanczosova tridiagonalizace, QR algoritmus (a souvislost s QR rozkladem), Golubova–Kahanova bidiagonalizace, Jacobiho matice; Metoda sdružených gradientů (CG), minimalizace kvadratického funkcionálu, souvislost s Laczosovou tridiagonalizací, konvergence, předpodmínění, zastavovací kritéria, vliv konečné aritmetiky; Klasické iterační metody a další metody Krylovových podprostorů, metody nad ortogonální bází (MinRes, GMRes) a nad biortogonální bází (BiCG), metoda LSQR.
* **Numerická matematika** (Stebel, Březina, Šembera, Maryška): Moderní numerické metody pro řešení obyčejných a parciálních diferenciálních rovnic s důrazem na kvalifikované použití existujícího software: Obyčejné diferenciální rovnice (ODR). Základní typy ODR, existence a jednoznačnost řešení pro ODR 1. řádu, lineární ODR a systémy, základní numerické metody (jednokrokové a vícekrokové, explicitní a implicitní, Runge-Kuttovy metody, m. sítí pro okrajové úlohy 2. řádu), konvergence, stabilita a řád numerických metod; Parciální diferenciální rovnice (PDR). Klasifikace, základní typy lineárních a nelineárních PDR, reprezentační formule a fundamentální řešení, teorie slabých řešení pro eliptické a parabolické rovnice 2. řádu. Metoda konečných prvků, globální a lokální algebraická reprezentace, stabilizace, aproximační vlastnosti, řád konvergence. Metoda konečných objemů, diskretizace difúzních a advekčních členů, schémata vyšších řádů. Nespojitá Galerkinova metoda; Vybrané kapitoly z funkcionální analýzy. Abstraktní prostory (metrické, Banachovy, Hilbertovy prostory), lineární a kompaktní operátory, slabá konvergence, prostory diferencovatelných a integrovatelných funkcí (Lebesgueovy, Sobolevovy p.), variační metody pro abstraktní rovnice a minimalizační úlohy (Galerkinova, Ritzova m.).
* **Statistika a analýza dat** (Picek, Březina): Cílem této části předmětu je prohloubit znalosti o základních metodách matematické statistiky a analýzy dat a seznámit se pokročilejšími metodami, přičemž velký důraz je kladen na mnohorozměrné metody: Alternativní postupy ke statistickým postupům založeným na předpokladu normality: neparametrické a robustní postupy. L a M-odhady, pořadové testy; korelační analýza; lineární regrese, testy a odhady v regresi, základy regresní diagnostiky; mnohorozměrná statistická analýza: pojem oblasti spolehlivosti, základní odhady a testy, Hotellingův test; metoda hlavních komponent, faktorová analýza; vybrané statě ze statistické kontroly jakosti a spolehlivosti; praktické použití nástrojů inferenční statistiky na počítači: lineární model, vícefaktorová analýza rozptylu, lineární regrese, neparametrické testy a základy Bayesovských metod.

# Vybrané partie z fyziky

Vyučující: prof. Ing. Pavel Mokrý, Ph.D., prof. Ing. Václav Kopecký, CSc., Ing. Pavel Márton, Ph.D., doc. Ing. Milan Hokr, Ph.D., doc. Ing. Otto Severýn, Ph.D., doc. RNDr. Miroslav Šulc, Ph.D., prof. Ing. Tomáš Vít, Ph.D.

Tento předmět je určen pro získání hlubších znalostí z vybraných partií fyziky, má za úkol poskytnout potřebné znalosti ve skupině předmětů Přírodovědného základu. Předmět je garantován několika odborníky, přičemž každý z nich je úžeji specializován na látku v jedné z těchto oblastí:

* **Elektřina a magnetismus** (Mokrý): Maxwellovy rovnice, vlastnosti Maxwelových rovnic z pohledu teorie řešení parciálních diferenciálních rovnic. Langraengův a Hamiltonův formalizmus popisu elektrodynamického pole. Elektrostatika v látkovém prostředí, termodynamický popis elektrických vlastností materiálů. Elektrodynamika ustálených a oscilujících proudů v materiálech. Magnetostatika, popis magnetického pole pomocí multipólových rozvojů. Magnetické vlastnosti látek a jejich termodynamický popis. Elektromagnetické vlnění. Šíření elektromagnetických vln v látkovém prostředí a zejména v anizotropních krystalech. Šíření elektromagnetických vln v kompozitních systémech, teorie plazmonů a evanesventních vln. Elektrodynamika pohybujících se těles, speciální teorie relativity. Teorie elektromagnetických metamateriálů.
* **Optika** (Šulc): Polarizace světla, Fresnelovy rovnice, elipsometrie. Optika anizotropních prostředí, Pockelsův, Kerrův, Faradayův jev, fázové modulátory, rotátory, izolátory, optická aktivita. Koherence světla, termické zdroje chaotického světla, zdroje koherentního světla – lasery. Časová koherenční funkce, prostorová koherence. Základy interferometrie, dvoupaprsková interference s dělením amplitudy: Michelsonův, Mach-Zehnderův, Twyman-Greenův interferometr. Fabry-Perotův interferometr, technické a vědecké aplikace interferometrie. Fourierovská optika, lineární optický systém, impulsová odezva, komplexní funkce přenosu, konvoluční teorém, vlastní funkce a vlastní hodnoty lineárního systému. Funkce přenosu při zcela koherentním, nekoherentním a částečně koherentním osvětlení. Optická Fourierova transformace. Difrakce. Podstata difrakce, kulová a rovinná vlna, Huygensův-Fresnelův princip (Fresnelovy integrály, Cornuova spirála). Kirchhoffova aproximace, Fresnelova a Fraunhoferova difrakce, lineární filtrace prostorových frekvencí. Svazková optika, Gaussovské svazky. Optické prvky a systémy, jejich vlastnosti. Způsoby navrhování optických systémů.
* **Fyzikální procesy v horninovém prostředí** (Hokr, Severýn): Proudění v porézním prostředí, hydraulika podzemní vody, transport rozpuštěných látek advekcí a hydrodynamickou disperzí, sorpční rovnováhy mezi vodou a horninovou matricí. Nelineární jevy související s prouděním - částečně saturované prostředí, transport látky s nelineární adsorpcí, vícefázové proudění. Aplikace v ložiskovém inženýrství. Transport tepla v systému voda-hornina, aplikace na geotermální energii. Mechanika hornin a zemin, přehled nelineárních konstitučních vztahů. Vybrané sdružené procesy - např. proudění s nehomogenní hustotou, poroelasticita. Metody pro popis distribuce a chování nespojitostí v hornině (puklin).
* **Mechanika tekutin** (Kopecký, Vít): Základní bilanční rovnice, konstitutivní rovnice, základní modely pro newtonské a ne-newtonské tekutiny. Proudění nestlačitelné tekutiny, stabilita proudění, proudění v mezních vrstvách, ztráta stability a turbulentní proudění, modely turbulence, transport skalární veličiny. Proudění stlačitelné tekutiny, proudění v tryskách a difusorech. Experimentální a numerické metody v mechanice tekutin.
* **Fyzika pevných látek** (Mokrý, Márton): Rozšíření znalostí z fyziky dielektrik piezoelektrických a feroických materiálů se zaměřením na dielektrické a elektromechanické vlastnosti, termodynamický popis, význam doménových struktur, metody charakterizace dielektrických a elektromechanických vlastnosti feroelektrik ve formě tenkých filmů, monokrystalů a keramik.

Předměty oborového základu (jeden povinně v ISP)

# Aplikované měřící a diagnostické systémy

Vyučující: Ing. Martin Pustka Ph.D., Ing. Petr Půlpán, Ph.D., Ing. Pavel Klouček, Ph.D.

Studenti získají teoretické a aplikační poznatky z oblasti pokročilých systémů pro měření a diagnostiku zejména mechanických soustav. Obsah je zaměřen na měřicí úlohy s vysokou dynamikou a přesností, mnohokanálová synchronní měření a netradiční způsoby měření a zpracování technických signálů.

V oblasti zpracování signálů se předmět zabývá zásadami digitálního měření v časové a úhlové doméně. Studovány jsou metody analýzy signálů pomocí numerické filtrace, integrace a derivace a principy frekvenční a řádové analýzy.

V oblasti dynamických měření různých fyzikálních veličin a fyzikálních polí se studenti seznámí s principy a vlastnostmi elektrických snímačů, s konstrukcí mnohokanálových měřicích systémů a s moderními metodami měření a vyhodnocení.

V oblasti měření hluku a vibrací se předmět věnuje metodám strukturální analýzy, mapování a identifikace zdrojů akustické emise a hodnocení akustických vlastností. Pozornost je věnována dlouhodobému sledování chodu soustav (technická diagnostika).

# Diagnostika číslicových systémů

Vyučující: prof. Ing. Ondřej Novák, CSc., Ing. Jiří Jeníček, Ph.D.

Předmět se zabývá pokročilými metodami ověřování funkčnosti elektronických systémů a součástek a zvyšováním jejich spolehlivosti.

Přehled vybraných témat řešených v rámci předmětu:

* Defekty a poruchy v číslicových obvodech a jejich modely.
* Optimalizované generátory testů (ATPG) pro testování specifických poruch, systémy pro kompresi a dekompresi testovacích vektorů.
* Vestavěné diagnostické prostředky (BIST). Generátory testů na bázi LZPR, CA, vestavěné analyzátory MISR.
* Realizace testovacího systému využívajícího smíšené prostředky pro testování poruch.
* Realizace systémů se zvýšenou spolehlivostí a s vyšším stupněm zabezpečení.
* Návrh samočinně kontrolovaných a samočinně testovaných obvodů (TSC).
* Návrh systémů pro samočinnou opravu poruchy.
* Výpočty spolehlivostních ukazatelů, blokové i Markovské modely.

# Elektromagnetické pole a jeho interakce s vnějším prostředím

Vyučující: prof. Ing. Aleš Richter, CSc., Ing. Miroslav Novák, Ph.D., Ing. Jiří Kubín, Ph.D.

Teoretické aspekty speciálních aplikací neionizujícího elektromagnetického pole v obvodech se soustředěnými a rozprostřenými parametry v kybernetice.Předmět rozšiřuje teoretické základy předmětů Teorie elektromagnetického pole a Teoretické elektrotechniky z předchozího magisterského studia.

Přehled vybraných témat řešených v rámci předmětu:

* Obecné principy elektromagnetické kompatibility (EMC) a elektromagnetické interference (EMI), povrchové jevy a jevy na rozhraní, EMC řídicích systémů a jeho součástí (A. Richter, M. Novák).
* EMC člověka, EMI biologických objektů s vnějším neionizujícím zářením a nepřímo ionizujícím zářením (A. Richter, J. Kubín).
* Nelineární jevy v elektroenergetických sítích a ve výkonové elektronice, teoretické fyzikální a matematické předpoklady harmonického zkreslení a nelineárních neperiodických jevů  v elektroenergetice. Vzájemná souvislost diskrétních a spojitých modelů,  symbolů, termínů a definicí. (A. Richter, M. Novák, J. Kubín).
* Aplikace magnetických materiálů: podstata magnetismu, mg. vlastnosti atomu, mg. pole v prostředí, magnetizace, polarizace látky, doménová struktura, pohyb doménových stěn, energetická bilance krystalu feromagnetické látky (M. Novák).
* Makroskopické projevy feromagnetických látek, metody měření, návrh magnetických obvodů. Magnetostrikce, magnetoelasticita, matematické modely hystereze, nelineárních mg. obvodů, optimalizační úlohy částí strojů a senzorů využívající magnetické materiály. Hallův jev (A. Richter, M. Novák).

# Elektromechanické systémy

Vyučující: prof. Ing. Jaroslav Nosek, CSc., Dr.h.c., prof. Ing. Pavel Mokrý, Ph.D., Ing. Martin Pustka, Ph.D.

V předmětu získají studenti teoretické poznatky o elektromechanické interakci. Předmět je zaměřen na elektromechanické výkonové akční členy řízených mechatronických soustav. Důraz je kladen na akční členy /převodníky využívající elektromagnetických sil, elektrostatických sil a vlastností materiálů pevné fáze (inteligentních materiálů), jež mají v aplikacích aktuační a senzorické funkce.

V oblasti elektromagnetických převodníků se předmět věnuje elektromechanické přeměně energie, pokročilým provedením elektrických strojů a způsobům jejich řízení zvláště pomocí frekvenčních měničů (skalární a vektorové řízení, řízení rychlosti pomocí stavových rovnic, speciální typy řízení).

V oblasti využití vlastností inteligentních materiálů získá student znalosti o feroelektrických materiálech, akčních členech a senzorech zhotovených z těchto materiálů, využívajících obou piezoelektrických jevů. Student se seznámí s principy návrhu takových členů. Pozornost je věnována též vlastnostem tenkých piezoelektrických vrstev na Si-substrátu a jejich využití pro návrh mikroelektromechanických systémů (MEMS).

V oblasti elektromechanických rezonančních struktur využívajících piezoelektrického jevu se předmět zabývá konstrukcí a základními vlastnosti těchto převodníků a jejich použitím v elektronických obvodech, pohybových soustavách, akustických systémech a v měřicí technice.

# Hluboké neuronové sítě

Vyučující: Ing. Petr Červa, Ph.D., prof. Ing. Jan Nouza, CSc.

Přehled vybraných témat řešených v rámci předmětu:

* Základní typy hlubokých neuronových sítí (HNN), příklady aplikací.
* Učení HNN, algoritmus zpětné propagace a jeho implementace.
* Praktické aspekty trénování HNN: inicializace, nelinearita, regularizace, drop-out, normalizace a příprava dat. Trénování na více GPU (paralelizace).
* HNN typu vícevrstvý perceptron a jejich využití ve zpracování jednorozměrných signálů a klasifikaci.
* Autoenkodéry a jejich aplikace (robustní zpracování signálů).
* Konvoluční neuronové sítě a jejich využití (zpracování obrazu).
* Rekurentní neuronové sítě a jejich využití (zejména ve zpracování textu).
* Další architektury neuronových sítí.
* Softwarové nástroje pro práci s NN.

# Mechatronické systémy v robotice a v automatizaci

Vyučující: doc. Ing. Josef Černohorský, Ph.D., Ing. Martin Diblík, Ph.D., Ing. Pavel Jandura, Ph.D.

Cílem předmětu je prohloubit mezioborové souvislosti a znalosti ve vybraných oblastech pro úspěšnou analýzu a syntézu mechatronických systémů. Mechatronické řešení nesmí být prostou integrací jednotlivých částí, musí kombinovat mnohdy protichůdné požadavky a musí přinášet funkční celek s výraznou přidanou hodnotou. Mechatronické přístupy lze aplikovat v celé řadě oblastí, z nichž některé jsou náplní tohoto předmětu.

Teoreticko-vědní základ obsahuje kapitoly zabývající se analýzou, dekompozicí a syntézou systémů, energetickými a informačními toky a prostředky pro jejich obsluhu.

* Okruh řízení pohonů – funkční principy akčních členů, matematický popis a nelineární modely, možnosti synchronizace víceosých pohonných systémů, řízení vícehmotových systémů s vysokou dynamikou apod.
* Okruh robotiky – interpolace a synchronizace víceosých systémů při respektování prostorové kinematiky, průmyslová robotika a možnosti kompenzace chyb polohování a tolerancí, mobilní platformy a servisní roboti pro speciální použití, robotizace v prostředí průmyslu 4.0.
* Okruh elektromobility – Návrh pohonné soustavy s vysokou celkovou účinností a její modelování, bateriový provoz elektrických pohonů, modelování vlivu změny napájení na provozní parametry, nepříznivé provozní režimy, vícepohonné uspořádání pro zvýšení účinnosti, bateriové a další energetické zdroje v mobilní robotice.
* Okruh interakce člověk-stroj – Řízení akčních členů ve speciálních aplikacích, aktuátory pro poskytnutí nevizuální zpětné vazby a problematika biofeedbacku, speciální robotické konstrukce, robotická rehabilitace, roboti dovolující přímou spolupráci s člověkem v průmyslovém, zdravotnickém a domácím prostředí.

# Metody řízení výkonových členů, aktuátorů a pohonů

Vyučující: Ing. Miroslav Novák, Ph.D. (výkonová elektronika), doc. Ing. Pavel Rydlo, Ph.D. (servomechanismy), Ing. Martin Diblík, Ph.D. (pohony)

Cílem předmětu je poskytnout specializované vzdělání v oboru řízení elektrických výkonových členů určených pro dynamicky náročné aplikace. Předmět je primárně zaměřen na pohony a servopohony určené pro polohové řízení víceosých mechatronických soustav, jakými jsou například numericky řízené výrobní stroje, roboty a manipulátory. Požadována je dobrá znalost z teorie řízení lineárních i nelineárních systémů.

Úvodní část je věnována postupům sestavení matematických simulačních modelů, jednotlivých typů elektrických motorů, včetně metod identifikace. Zvýšená pozornost je věnována matematickým modelům servopohonu se synchronním motorem.

Další část předmětu je věnována metodám analýzy a syntézy používaných regulátorů. Podrobně bude analyzována kaskádní regulační struktura určená pro skalární a vektorové řízení elektrických pohonů. Analyzovány budou i metody bezsensorového řízení elektrických pohonů využívající Luenbergerův deterministický estimátor nebo Kalmanův filtr (klasický nebo rozšířený).

Závěrečná část je věnována způsobům tvorby simulačních modelů mechatronických aplikací sestávajících z pohonu, řízení a dynamického modelu mechanické zátěže.

# Moderní trendy v řízení spolehlivosti a údržby

Vyučující: Ing. Jan Kamenický, Ph.D., Ing. Jaroslav Zajíček, Ph.D.

Předmět prohlubuje systémový pohled na problematiku řízení spolehlivosti a rizika v reálném prostředí výrobního podniku.

Mezi klíčové oblasti patří zejména:

* obecná teorie a terminologie spolehlivosti a rizika (teorie pravděpodobnosti; typy rozdělení náhodné proměnné; principy managementu rizika; metody řízení a snižování rizika); vyučující *–* Kamenický.
* metody analýz spolehlivosti (analýza blokových diagramů bezporuchovosti RBD; analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch FMECA; analýza stromu poruchových stavů FTA; analýza stromu událostí ETA; Markovova analýza MA, předpověď bezporuchovosti z dílů PC); vyučující *–* Kamenický, Zajíček.
* řízení údržby na základě plně kvantitativního ohodnocení rizika provozu (typy údržbových zásahů; stanovení rizika provozování technologie; ekonomicky optimální plán údržby, údržba zaměřená na bezporuchovost RCM); vyučující *–* Kamenický, Zajíček.
* zajišťování funkční bezpečnosti výrobků (stanovení úrovně funkční bezpečnosti podle SIL; stanovení úrovně vlastností PL; omezení poruch se společnou příčinou; identifikace nebezpečí a analýza rizika výrobků); vyučující *–* Kamenický.

Výše uvedené oblasti se vzájemně prolínají a doplňují, čímž student získá přehled a nadhled nad dílčími úkoly zajišťování spolehlivosti a bezpečnosti provozu. Konkrétní výběr témat předmětu bude odpovídat Individuálnímu studijnímu plánu studenta a potřebám jeho odborného zaměření.

# Pokročilé programovací techniky

Vyučující: doc. Ing. Jiřina Královcová, Ph.D., doc. Ing. Dalibor Frydrych, Ph.D., Mgr. Jiří Vraný, Ph.D., Ing. Roman Špánek, Ph.D.

Přehled vybraných témat řešených v rámci předmětu:

**Pokročilé algoritmy a datové struktury**. Efektivní datové struktury ve vztahu k požadovaným operacím s daty. Pokročilé efektivní vyhledávání, třídění. Informované a neinformované metody prohledávání stavového prostoru úlohy, úlohy s omezujícími podmínkami, hybridní algoritmy. Metody porovnávání vzorů. Aplikace pří řešení vědeckých úloh.

**Algoritmy a datové struktury vhodné pro zpracování rozsáhlých dat**. Okruh zahrnuje současně i metody strojového učení s učitelem i bez učitele aplikované na zpracování rozsáhlých dat včetně neuronových sítí a jejich aplikací pro tyto účely.

**Metody návrhu software**. Prohloubení partií objektově orientovaného návrhu. Jazyky objektové analýzy a návrhu. Formalizace popisu dat a vazeb mezi nimi. Pokročilé techniky a metody vývoje softwarových systémů.

**Techniky paralelního a distribuovaného programování**. Metodiky návrhu paralelních algoritmů, analýza výkonnosti paralelního zpracování a možnosti distribuce takovýchto algoritmů a programů. Synchronizace v paralelním a distribuovaném programování. Varianty kolektivní a distribuované komunikace. Možnosti paralelizace často se vyskytujících vědeckých úloh a možnosti využití distribuce pro zvýšení robustnosti takovýchto softwarových řešení.

# Pokročilé teoretické principy řízení ve vícerozměrných prostorech v mechatronice a robotice

Vyučující: doc. Ing. Mgr. Václav Záda, CSc.

Předmět je prioritně zaměřen na řízení nelineárních elektromechanických systémů a robotů. Kombinuje v sobě matematicko-fyzikální analýzu studovaného problému následované využitím metod převážně nelineárního řízení. Analýza vychází z metod analytické mechaniky, transformací souřadnic a přechody mezi různými stavovými popisy. Na analýzu navazuje vlastní řízení, které využívá transformací mezi stavovými popisy tak, aby vlastní regulační proces proběhl velmi efektivně. Posuzování efektivity řízení probíhá buď testováním na řadě řešených úloh, následované statistickým vyhodnocením, anebo optimálně za pomoci vhodného kritéria optimalizace. Omezení kladená na dosažitelnost, rychlosti a zrychlení jsou plně respektována. U metod vycházejících z prohledávání stavového prostoru se využívají vybrané metody umělé inteligence. Modelování řízených soustav a vlastní regulace probíhá v jazyku MATLAB, případně na dostupných zařízeních FM TUL.

# Pokročilé zpracování vícerozměrných a akustických signálů

Vyučující: doc. Ing. Zbyněk Koldovský, Ph.D., Ing. Jiří Málek, Ph.D.

Přehled vybraných témat řešených v rámci předmětu.

Metody digitálního zpracování vícerozměrných signálů (Koldovský):

* Formální popis lineárních operací s vícerozměrným signálem pomocí lineární algebry.
* Příklady lineárních systémů s více vstupy a výstupy, popis v časové a frekvenční oblasti.
* Základní pravděpodobnostní modely a statistiky signálů, vektor střední hodnoty, kovarianční matice, výpočty s operátorem střední hodnoty.
* Uspořádání senzorů, lineární pole senzorů, metody beamformingu, delay-and-sum beamformer, charakteristiky systému s více vstupy.
* Optimální beamformery: MPDR, MVDR, MMSE a max-SNR.
* Analýza hlavních komponent.
* Analýza nezávislých komponent a další pokročilé metody slepé separace.
* Základy tenzorových rozkladů pro použití při analýze vícerozměrných signálů.

Pokročilé partie ze zpracování akustických signálů (Málek):

* Optimální filtry ve smyslu kvadratických kritérií: návrh filtru metodou nejmenších čtverců, Wienerův filtr, spojitost těchto dvou metod, aplikace.
* Adaptivní filtry: Stochastické gradientní (LMS, NLMS), rekurzivní (RLS).
* Neuronové sítě pro zlepšování a separaci signálu: jedno/více kanálové autoenkodéry, sestavování trénovací množiny, augmentace trénovacích dat.
* Odhad vlastností signálů bez reference: Odhad řečové aktivity, odhad odstupu signálu od šumu, odhad času dozvuku.

# Prediktivní a optimální řízení

Vyučující: doc. Dr. Ing. Mgr. Jaroslav Hlava

Přehled vybraných témat řešených v rámci předmětu:

* Základní přehled metod matematické optimalizace, optimálního řízení a estimace stavů, lineární kvadratický regulátor.
* Princip prediktivního řízení založeného na modelu (MPC). Klasické prediktivní řízení s lineárním modelem a kvadratickou kriteriální funkcí s hlavním důrazem na stavové modely, měkké a tvrdé omezující podmínky. Souvislost lineárního kvadratického řízení a MPC, lineární kvadratické řízení jako MPC nulté generace. Stabilita prediktivního řízení.
* Model výstupní poruchy ve stavové verzi prediktivního řízení, návrh estimátoru stavů, vliv volby modelu poruchy a parametrů estimátoru stavů na průběh regulačních pochodů.
* Prediktivní funkcionální řízení, principy, specifika a aplikační oblasti.
* Prediktivní řízení nelineárních systémů. Použití přepínaných lineárních modelů a další zjednodušené verze nelineárního MPC (postupná linearizace, kombinace nelineární predikce a lineární optimalizace apod.). Plné nelineární MPC.
* Použití neklasických modelů používajících fuzzy modelování a neuronové sítě v rámci prediktivního řízení.
* Explicitní vyjádření prediktivního regulátoru v podobě po částech afinního systému. Prediktivní řízení rychlých soustav, výhody a omezení jednotlivých přístupů (zejm. explicitní MPC a použití rychlých numerických metod).
* Prediktivní řízení s nekvadratickou kriteriální funkcí a binárními či vícehodnotovými veličinami. Ekonomické prediktivní řízení a jeho použití pro průběžnou ekonomickou optimalizaci technologických procesů a soustav.
* Distribuované prediktivní řízení rozsáhlých soustav, kooperace mezi jednotlivými regulátory, vliv komunikačních a dalších zpoždění a jejich kompenzace.

# Řízení a identifikace vícerozměrových systémů

Vyučující: doc. Ing. Libor Tůma, CSc., Ing. Lukáš Hubka, Ph.D.

Přehled vybraných témat řešených v rámci předmětu:

* **Identifikace**

Identifikace se zaměřuje na výklad, popis a použití vybraných metod identifikace systémů ve spojité i diskrétní oblasti, tedy metod nalezení modelu systému na základě offline nebo online měřených dat. Student se detailně seznámí a umí použít metodu pomocné proměnné, subspace identifikaci, ARX pro vícerozměrové systémy, rekurzivní metody LS a IV atd. Dále dokáže rozhodnout o správnosti výběru modelu a vhodnosti dat pro identifikaci i data patřičně upravit (drift, detrend, filtrace) a ovládne matematické postupy redukce řádu modelu.

Další oblastí zájmu je identifikace systému ve zpětnovazebním zapojení při známé i neznámé struktuře regulátoru a představení a nasazení použitelných metod. Student se též seznámí a naučí používat metody využitelné při identifikaci nelineárních systémů (Volttera, Wiener-Hammerstein postup, atd.) či systémů s časově proměnnými parametry.

* **Řízení vícerozměrových systémů**

V oblasti řízení vícerozměrových systémů jsou popsány a studentem rozlišovány metody decentralizovaného a centralizovaného řízení a možnosti matematického popisu systému. Důraz je kladen na to, aby byl student schopen provést potřebnou analýzu vícerozměrového systému, teoreticky zapsat a popsat vybrané metody řízení a aplikovat je. Student se zaměří na možnosti a způsoby matematické realizace dekompozice systému, vliv nestabilní nuly na řízení, RGA a párování I/O i pro nečtvercové systémy a koeficient podmíněnosti. Partie řízení a estimace se zaměří např. na Kalmanovu dekompozici a její aplikace, funkci LQR regulátorů ve spojité i diskrétní verzi, využití vnitřního modelu při řízení MIMO systémů atd.

* **Neurčitost a robustní řízení**Student bude schopen využít principy robustního řízení a popisu neurčitosti systému. V oblasti neurčitosti zvládne parametrickou, aditivní i multiplikativní neurčitost a strukturovanou neurčitost, v oblasti řízení pak využití H2 a Hinf při návrhu regulátoru, návrh regulátoru s využitím smíšené citlivostní funkce a loop shaping. Dále rozpozná a detekuje robustní stabilitu, omezení řízení na citlivostních funkcích, omezení dané strukturou systému (RHP, časové zpoždění), neurčitostí a omezeními na vstupech.

# Senzorika a měřící systémy

Vyučující: Ing. Lubomír Slavík, Ph.D., Ing. Jiří Jelínek, Ph.D.

Přehled vybraných témat řešených v rámci předmětu:

* Vlastnosti a technické parametry senzorů.
* Senzory pro měření mechanických veličin:
* měření kinematických veličin (polohy, dráhy, zrychlení) – odporové, indukčnostní, kapacitní,

optoelektronické, laserové senzory,

* měření kinetických veličin (síly, točivého momentu, tlaku) – tenzometry, piezoelektrické senzory,
* měření průtoku tekutin a výšky hladiny,
* měření teploty – dotykové (odporové senzory, termočlánky), bezdotykové (pyrometry),
* měření vlhkosti plynu (psychrometrické, hygrometrické senzory, senzory na základě měření rosného bodu).
* Speciální senzory (měření fyzikálně-chemických procesů, měření magnetických polí, měření optických veličin).
* Senzory pro robotiku.
* Měřicí přístroje (převodníky, zesilovače, můstky, zapisovače, osciloskopy, analyzátory, měřicí karty a moduly).
* Měřicí řetězce, rozhraní pro vzájemné spojování měřicích přístrojů a výpočetní techniky.
* Chyby senzorů, měřicích přístrojů a řetězců a nejistoty měření.
* Digitalizace signálů (vzorkování a kvantování), A/D a D/A převodníky.
* Programovací prostředky měření.

# Specializované návrhové systémy a programovatelné obvody

Vyučující: doc. Ing. Milan Kolář, CSc., prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D., prof. Ing. Ondřej Novák, CSc., Ing. Martin Rozkovec, Ph.D.

Předmět se zabývá architekturami moderních návrhových systémů a metodikou návrhu elektronických obvodů pomocí těchto návrhových systémů. Jsou probírány zejména návrhové systémy zaměřené na návrh FPGA obvodů, zakázkových integrovaných obvodů, desek plošných spojů i embedded systémů. Student je seznámen s formou popisu chování systémů, s jejich simulací, syntézou a velmi aktuální problematikou souběžného návrhu technického a programovaného vybavení. Budou využívány programové prostředky firem Xilinx, Intel, případně Mentor.

Předmět je rozdělen do tří tematických okruhů:

* Pokročilý návrh elektroniky
* počítačový návrh číslicových i analogových obvodů, výběr technologie realizace, návrhové strategie, úrovně abstrakce návrhu, dekompozice návrhu, modely pro popis chování hardwarových a softwarových částí, simulace elektronických obvodů (funkční a časová), návrhy rozhraní mezi komponentami, návrh pro snadnou testovatelnost, metastability, vlastnosti desek plošných spojů, návrh shora-dolů a zdola-nahoru, hardware/ software co-design.
* Návrhové systémy
* popis chování obvodů na abstraktních úrovních, HDL jazyky (zejména VHDL, Verilog, System-C), architektury různých druhů návrhových systémů (PCB, FPGA, ASIC), integrace návrhových systémů, kritéria optimalizace návrhu v návrhových systémech, makrobloky.
* Zakázkové obvody

rozdělení a architektury, programovatelné obvody (zejména FPGA), typy a charakteristické vlastnosti funkčních bloků, řešení napájení, výběr vhodného obvodu, metodika návrhu FPGA obvodů.

# Vybrané partie z počítačových sítí

Vyučující: doc. RNDr. Pavel Satrapa, Ph.D., Ing. Roman Špánek, Ph.D., Mgr. Jiří Vraný, Ph.D.

Konkrétní obsah předmětu bude přizpůsoben potřebám disertační práce a bude dohodnut při sestavování individuálního studijního plánu. Možné tematické okruhy:

* Moderní trendy v počítačových sítích – nové komunikační protokoly (IPv6, QUIC a další), přenosové metody pro vysokorychlostní sítě, zabezpečení datových komunikací, ochrana před distribuovanými útoky.
* Software Defined Networks – metody řízení sítí v heterogenním prostředí, virtualizace sítí, protokol OpenFlow, specifické přenosy (multicast, anycast) v prostředí SDN, zabezpečení.
* Internet věcí – používané technologie a protokoly, architektura sítě a aplikací v prostředí IoT, aplikační rámce, zabezpečení koncových zařízení a síťových komponent, ochrana soukromí.
* Návrh komunikačních protokolů – metody a nástroje pro návrh protokolů, detekce a odstraňování chyb, řízení toku dat, validace protokolů.
* Sémantický web.
* Aplikace data miningu a umělé inteligence pro analýzu internetového obsahu.
* Architektury rozsáhlých webových aplikací – architektura cloudového výpočetního prostředí a aplikací v něm, bezserverová řešení, rozkládání zátěže, metody pro koordinaci a synchronizaci.

# Vybrané stati z elektroniky a teorie elektrických obvodů

Vyučující: prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D., Ing. Martin Černík, Ph.D., prof. Ing. Pavel Mokrý, Ph.D., prof. Ing. Jaroslav Nosek, CSc., Dr.h.c.

Tento předmět je určen pro studenty s hlubším zájmem o elektroniku a s tím související teorií, má za úkol poskytnout potřebné znalosti ve skupině předmětů Oborového základu. Předmět je garantován několika odborníky, přičemž každý z nich je úžeji specializován na látku v jedné s těchto oblastí:

* **Oblast Elektronické systémy**: (Plíva) jejich návrh, výroba a testování: optimalizace návrhu, výroby a osazování desek plošných spojů, pokročilé návrhové systémy v pro návrh obvodů, případně desek plošných spojů.
* **Výkonové polovodičové součástky**: (Černík) Fyzika vodičů, polovodičů, a izolantů, funkce základních polovodičových struktur, přehled a vlastnosti součástek pro výkonovou elektroniku, vlastnosti a použití výkonových polovodičových prvků s širokým zakázaným pásem.
* **Oblast Vybrané partie teorie elektrických obvodů**: (Nosek, Černík) Vícepólové prvky elektrických obvodů, Fourierova a Laplaceova transformace v elektrických obvodech. Obvodové prvky s rozprostřenými parametry: dlouhé bezeztrátové a ztrátové vedení a jeho popis. Diskrétní obvody a systémy.
* **Oblast Nelineární elektrické obvody:** (Nosek, Černík) Teorie nelineárních a parametrických obvodů, základní principy obvodových výpočtů s nelineálními prvky, modely polovodičových prvků pro systémy typu Spice a Simscape a jejich omezení, vybraná témata teorie elektrických obvodů pro nastupující (emerging) technologie.
* **Oblast Elektromechanické prvky a systémy v radioelektronice**: (Mokrý) piezoelektrické látky používané pro piezoelektrické rezonátory, kmity piezoelektrických výbrusů, aproximativní řešení kmitů piezoelektrických těles, elektrický náhradní obvod (ENO) piezoelektrických rezonátorů, jeho vlastnosti, ovlivnění sériového a paralelního rezonančního kmitočtu vhodnými reaktancemi, nelineární vlastnosti piezoelektrických rezonátorů, změny parametrů ENO v důsledku nelineárních vlastností krystalů, teplotní stabilita, užívané piezoelektrické rezonátory, měření významných rezonančních kmitočtů rezonátoru a parametrů elektrického náhradního obvodu.
* **Oblast piezoelektrických rezonátorů**: (Mokrý) miniaturizace piezoelektrických rezonátorů a její vliv na frekvenční spektrum rezonátoru, měření deformace tenkovrstevných piezoelektrických struktur, technologie výroby piezoelektrických rezonátorů, použití piezoelektrických rezonátorů v radioelektronických selektivních obvodech, použití rezonátorů pro stabilizaci kmitočtu (stabilita kmitočtu, krystalové oscilátory, termostatované krystalové oscilátory), piezoelektrické rezonátory s objemovou, resp. povrchovou akustickou vlnou v senzorice, subrezonanční prvky, moderní metody analýzy kmitočtového spektra.
* **Vybrané partie z fyziky pro technickou kybernetiku:** (Mokrý) Termodynamika ve fyzice pevné fáze, teorie fázových přechodů. Pokročilé partie teorie elektromagnetického pole, Lagrangeův a Hamiltonův formalizmus v elektromatizmu, speciální teorie relativity, Modelování multifyzikálních systémů. Vybrané partie z fyziky metamateriálů.

# Zpracování a rozpoznávání obrazových dat

Vyučující: doc. Ing. Josef Chaloupka, Ph.D.

Předmět si klade za cíl seznámit studenty doktorského studia s postupy automatického zpracování a rozpoznávání obrazu počítačem.

Témata přednášek/konzultací:

Zpracování obrazových signálů, pořízení obrazu, radiometrie, tvar z fotometrického sterea, vznik intenzitního 2D obrazu, popis používaných snímacích zařízeních-kamery, optická část kamery, snímače světelné energie-CCD a CMOS čidla, barevné prostory, geometrické transformace obrazu, transformace jasové stupnice, 2D diskrétní lineární integrální transformace-Fourierova, kosinová, Hadamardova, vlnková transformace, využití LDT při zpracování obrazu, filtrace šumu, hledání hran v obraze, obnovení obrazu při známé degradaci, segmentace obrazu, binární a šedotónová matematická morfologie, granulometrie, morfologická segmentace a rozvodí, identifikace oblastí, reprezentace a popis tvaru, detekování oblastí, příznaky pro rozpoznávání obrazů, rozpoznávání objektů – využití neuronových sítí, úvod do stereovidění.

# Zpracování dat

Vyučující: Ing. Roman Špánek, Ph.D., Mgr. Jiří Vraný, Ph.D., doc. Ing. Dalibor Frydrych, Ph.D.

Konkrétní obsah předmětu bude přizpůsoben potřebám disertační práce a bude dohodnut při sestavování individuálního studijního plánu. Možné tematické okruhy:

* Databázové systémy – uložení a přístup k datům v relačních a objektových databázích, transakční zpracování dat, paralelizace v relačním a objektovém modelu dat.
* Distribuované databáze – transakční zpracování v distribuovaných a paralelních databázích, optimalizace dotazů, cloud systémy, způsoby a možnosti synchronizace dat.
* Databáze a XML databáze – způsoby uložení a přístupu k datům uloženým ve formátu XML, dotazování XML databáze.
* Zpracování proudů dat – metody a přístupy pro zpracování a uložení proudu dat, senzorové sítě, možnosti adresování a získávání dat, protokoly.
* Dataminig – příprava vstupních dat, problém big data, možnosti pro práci s chybějícími daty, algoritmy pro klasifikaci, shlukování, predikci a regresi dat.
* Dokumentově orientované NoSQL databáze – škálovatelnost, optimalizační algoritmy, zpracování dat v systémech s podporou zpracování přirozeného jazyka (NLP).
* Sloupcové a grafové databáze – specifické aplikace, problematika návrhu struktury, optimalizační algoritmy a techniky.
* Zpracování velkých dat – algoritmus MapReduce, hadoop cluster a další cloudové platformy.
* Bezpečnost dat – metody zabezpečení dat, integrita dat, důvěryhodnost, zabezpečení distribuovaných databází.

# Zpracování mluveného a psaného jazyka

Vyučující: prof. Ing. Jan Nouza, CSc., Ing. Petr Červa, Ph.D.

Předmět si klade za cíl osvojení pokročilých metod zpracování mluveného jazyka se zaměřením zejména na rozpoznávání řeči, rozpoznávání řečníka, rozpoznávání jazyka z jeho zvukové podoby, vyhledávání klíčových slov v proudu řeči, automatické zpracování textu, počítačovou syntézu řeči, apod.

Získání potřebných multidisciplinárních znalostí z následujících oborů: pravděpodobnost a statistika, fonetika a fonologie, počítačová lingvistika, zpracování signálů, strojové učení.

Metody a přístupy: modelování signálů pomocí Gaussovských směsí (GMM), skrytých markovských modelů (HMM), umělých neuronových sítí (ANN), modelování jazyka pomocí gramatik, pravděpodobnostních modelů (N-gramy) a neuronových sítí (ANN). Principy dekódování signálu řeči. Principy rozpoznávání řečníka a jazyka. Principy strojové syntézy řeči (TTS).