

## Témata bakalářské státní závěrečné zkoušky

Cílem tohoto textu je rozvést stručné znění témat bakalářské státní závěrečné zkoušky tak, aby bylo zřejmé (1) jaké konkrétní znalosti patří do obecně uvedených témat, (2) v jaké hloubce budou tyto znalosti vyžadovány, a (3) jakými předměty jsou pokryty.

Pro každé téma je nejprve v rámečku uvedeno stručné znění požadavků ze studijních plánů.

Pod rámečkem jsou tyto požadavky rozepsány do podoby konkrétních znalostí a doplněny informací o tom, které předměty a v jakém rozsahu uvedené znalosti při běžném průběhu poskytují.

Text obsahuje společné požadavky z matematiky a informatiky a požadavky pro jednotlivé specializace. Požadavky pro jednotlivé specializace se mohou překrývat se společnými požadavky tam, kde specializace vyžadují hlubší znalosti či dovednosti - společné požadavky se v takovém případě rozumí implicitně. V případě, že se požadavky týkají konkrétních programovacích jazyků, rozumí se ve stejném rozsahu jako povinnosti plynoucí ze skladby předmětů specializace.

Text může být mezi zkušebními termíny aktualizován podle potřeb studijního programu a zpětné vazby zkušební komise a studentů. V období jednoho měsíce před zkušebním termínem jsou případné změny omezeny tak, aby nedocházelo k rozšiřování požadavků.

Toto je verze z 15. července 2022, připravená pro bakalářské státní závěrečné zkoušky od září 2022.

Případné komentáře adresujte prosím předsedovi zkušební komise.

# Společná matematika

## 1. Základy diferenciálního a integrálního počtu

Posloupnosti reálných čísel a jejich vlastnosti. Reálné funkce jedné reálné proměnné. Spojitost, limita funkce v bodě. Derivace: definice a základní pravidla, průběhy funkcí, Taylorův polynom se zbytkem. Primitivní funkce: definice, jednoznačnost, existence, metody výpočtu.

- Reálná čísla
  - odmocnina ze dvou je iracionální
  - $\mathbb{R}$  je nespočetná množina
- Posloupnosti reálných čísel a jejich limity
  - definice, aritmetika limit
  - věta o dvou polícajtech, limity a uspořádání
- Řady
  - definice částečného součtu a součtu
  - geometrická řada, harmonická řada
- Reálné funkce jedné reálné proměnné
  - limita funkce v bodě
    - definice, aritmetika limit
    - vztah s uspořádáním
    - limita složené funkce
  - funkce spojité na intervalu
    - nabývání mezihodnot
    - nabývání maxima
- Derivace a její aplikace
  - definice a základní pravidla pro výpočet
  - l'Hospitalovo pravidlo
  - vyšetření průběhu funkcí: extrémy, monotonie a konvexita/konkavita
  - Taylorův polynom (limitní forma)
- Integrály a jejich aplikace
  - primitivní funkce: definice a metody výpočtu (substituce, per-partes)
  - Riemannův integrál: definice, souvislost s primitivní funkcí (Newtonovým integrálem)
  - aplikace
    - odhady součtu řad (konečných i nekonečných)
    - obsahy rovinných útvarů
    - objemy a povrchy rotačních útvarů v prostoru
    - délka křivky

### Předměty

- NMAI054 Matematická analýza 1 (5 kr)

## 2. Algebra a lineární algebra

Grupy a podgrupy, tělesa. Vektorové prostory a podprostory. Skalární součin, norma. Kolmost, ortonormální báze. Soustavy lineárních rovnic, Gaussova a Gaussova-Jordanova eliminace. Matice a operace s maticemi, hodnota matice. Vlastní čísla a vlastní vektory matice. Charakteristický polynom, vztah vlastních čísel s kořeny polynomů.

- Grupy a podgrupy (definice, příklady, komutativita)
- Tělesa (definice, charakteristika tělesa, konečná tělesa)
- Vektorové prostory a podprostory
  - vlastnosti a základní pojmy (lineární kombinace, lineární obal, generátory, lineární závislost a nezávislost, báze, dimenze, souřadnice) a jejich použití
  - praktická dovednost testování lineární závislosti a nezávislosti, nalezení báze, určení dimenze atp.

- skalární součin a jeho vlastnosti
- norma a vztah se skalárním součinem, příklady
- kolmost, ortonormální báze, její vlastnosti a použití (nalezení souřadnic a projekce)
- Soustavy lineárních rovnic a množina řešení
  - metody řešení, Gaussova a Gaussova-Jordanova eliminace, odstupňovaný tvar matice a jeho jednoznačnost (bez důkazu)
- Matice a operace s maticemi (součet, součin, transpozice)
  - interpretace součinu matic pomocí skládání lineárních zobrazení.
  - hodnost matice a její transpozice
  - vlastní čísla a vlastní vektory matice a jejich geometrický význam a vlastnosti, vícenásobná vlastní čísla, spektrální poloměr.
  - charakteristický polynom, vztah vlastních čísel s kořeny polynomů

### Předměty

- NMAI057 Lineární algebra 1 (5 kr)
- NMAI058 Lineární algebra 2 (5 kr)

## 3. Diskrétní matematika

Relace, vlastnosti binárních relací. Ekvivalence a rozkladové třídy. Částečná uspořádání. Funkce, typy funkcí. Permutace a jejich základní vlastnosti. Kombinační čísla, binomická věta. Princip inkluze a exkluze. Hallova věta o systému různých reprezentantů, párování v bipartitním grafu.

- Relace
  - vlastnosti binárních relací (reflexivita, symetrie, antisymetrie, tranzitivita)
- Ekvivalence a rozkladové třídy
- Částečná uspořádání
  - základní pojmy (minimální a maximální prvky, nejmenší a největší prvky, řetězec, antiřetězec)
  - výška a šířka částečně uspořádané množiny a věta o jejich vztahu (o dlouhém a širokém)
- Funkce
  - typy funkcí (prostá, na, bijekce)
  - počty různých typů funkcí mezi dvěma konečnými množinami
- Permutace a jejich základní vlastnosti (počet a pevný bod)
- Kombinační čísla a vztahy mezi nimi, binomická věta a její aplikace
- Princip inkluze a exkluze
  - obecná formulace (a důkaz)
  - použití (problém šatnářky, Eulerova funkce pro počet dělitelů, počet surjekcí)
- Hallova věta o systému různých reprezentantů a její vztah k párování v bipartitním grafu
  - princip důkazu a algoritmické aspekty (polynomiální algoritmus pro nalezení SRR)

### Předměty

- NDMI002 Diskrétní matematika (5 kr)
- NDMI011 Kombinatorika a grafy 1 (5 kr)

## 4. Teorie grafů

Základní pojmy, základní příklady grafů. Souvislost grafů, komponenty souvislosti. Stromy, jejich vlastnosti, ekvivalentní charakteristiky stromů. Rovinné grafy, Eulerova formule a maximální počet hran rovinného grafu. Barevnost grafů, klikovost grafů. Hranová a vrcholová souvislost grafů, Mengerova věta. Orientované grafy, silná a slabá souvislost. Toky v sítích.

- Základní pojmy teorie grafů
  - graf, vrcholy a hrany, izomorfismus grafů, podgraf, okolí vrcholu a stupeň vrcholu, doplněk grafu, bipartitní graf
- Základní příklady grafů
  - úplný graf a úplný bipartitní graf, cesty a kružnice
- Souvislost grafů, komponenty souvislosti, vzdálenost v grafu

- Stromy
  - definice a základní vlastnosti (existence listů, počet hran stromu)
  - ekvivalentní charakteristiky stromů
- Rovinné grafy
  - definice a základní pojmy (rovinný graf a rovinné nakreslení grafu, stěny)
  - Eulerova formule a maximální počet hran rovinného grafu (důkaz a použití)
- Barevnost grafů
  - definice dobrého obarvení
  - vztah barevnosti a klikovosti grafu
- Hranová a vrcholová souvislost grafů
  - hranová a vrcholová verze Mengerovy věty
- Orientované grafy, silná a slabá souvislost
- Toky v sítích
  - definice sítě a toku v ní
  - existence maximálního toku (bez důkazu)
  - princip hledání maximálního toku v síti s celočíselnými kapacitami (například pomocí Ford-Fulkersonova algoritmu)

## Předměty

- NDMI002 Diskrétní matematika (5 kr)
- NDMI011 Kombinatorika a grafy 1 (5 kr)

## 5. Pravděpodobnost a statistika

Náhodné jevy, podmíněná pravděpodobnost, nezávislost náhodných jevů, Bayesův vzorec, aplikace. Náhodné veličiny, střední hodnota, rozdělení náhodných veličin, geometrické, binomické a normální rozdělení. Lineární kombinace náhodných veličin, linearita střední hodnoty. Bodové odhady, intervaly spolehlivosti, testování hypotéz.

- Pravděpodobnostní prostor, náhodné jevy, pravděpodobnost
  - definice těchto pojmů, příklady
  - základní pravidla pro počítání s pravděpodobnostmi
  - nezávislost náhodných jevů, podmíněná pravděpodobnost
  - Bayesův vzorec
- Náhodné veličiny a jejich rozdělení
  - diskrétní i spojitý případ
  - popis pomocí distribuční funkce a pomocí pravděpodobnostní funkce/hustoty
  - střední hodnota
    - linearita střední hodnoty
    - střední hodnota součinu nezávislých veličin
    - Markovova nerovnost
  - rozptyl
    - definice
    - vzorec pro rozptyl součtu (závislých či nezávislých veličin)
  - práce s konkrétními rozděleními: geometrické, binomické, Poissonovo, normální, exponenciální
- Limitní věty
  - zákon velkých čísel
  - centrální limitní věta
- Bodové odhady
  - alespoň jedna metoda pro jejich tvorbu
  - vlastnosti
- Intervalové odhady: metoda založená na aproximaci normálním rozdělením
- Testování hypotéz
  - základní přístup
  - chyby 1. a 2. druhu
  - hladina významnosti

## Předměty

- NDMI002 Diskrétní matematika (5 kr)
- NMAI059 Pravděpodobnost a statistika 1 (5 kr)

## 6. Logika

Syntaxe - jazyk, otevřená a uzavřená formule. Normální tvary výrokových formulí, prenexní tvary formulí predikátové logiky, převody na normální tvary, použití pro algoritmy (SAT, rezoluce). Sémantika, pravdivost, lživost, nezávislost formule vzhledem k teorii, splnitelnost, tautologie, důsledek, pojem modelu teorie, extenze teorií.

- Syntaxe
  - znalost a práce se základními pojmy syntaxe výrokové a predikátové logiky (jazyk, otevřená a uzavřená formule, instance formule, apod.)
  - normální tvary výrokových formulí
    - prenexní tvary formulí predikátové logiky
    - znalost základních normálních tvarů (CNF, DNF, PNF)
    - převody na normální tvary
    - použití pro algoritmy (SAT, rezoluce)
- Sémantika
  - pojem modelu teorie
  - pravdivost, lživost, nezávislost formule vzhledem k teorii
  - splnitelnost, tautologie, důsledek
  - analýza výrokových teorií nad konečně mnoha prvovýroky
- Extenze teorií
  - schopnost porovnat sílu teorií
  - konzervativnost, skolemizace
- Dokazatelnost:
  - pojem formálního důkazu, zamítnutí
  - schopnost práce v některém z formálních dokazovacích systémů (např. tablo metoda, rezoluce, Hilbertovský kalkul)
- Věty o kompaktnosti a úplnosti výrokové a predikátové logiky
  - znění a porozumění významu
  - použití na příkladech, důsledky
- Rozhodnutelnost
  - pojem kompletnosti a její kritéria, význam pro rozhodnutelnost
  - příklady rozhodnutelných a nerozhodnutelných teorií

## Předměty

- NAIL062 Výroková a predikátová logika (5 kr)

# Společná informatika

## 1. Automaty a jazyky

Regulární jazyky, konečné automaty (deterministické, nedeterministické), regulární gramatiky. Bezkontextové jazyky, zásobníkové automaty, bezkontextové gramatiky. Rekurzivně spočetné jazyky, Turingův stroj, gramatika typu 0. Algoritmicky nerozhodnutelné problémy. Chomského hierarchie.

- Regulární jazyky
  - regulární gramatiky
  - deterministický a nedeterministický konečný automat
  - regulární výrazy
- Bezkontextové jazyky
  - bezkontextové gramatiky, jazyk generovaný gramatikou
  - zásobníkový automat, třída jazyků přijímaných zásobníkovými automaty
- Rekurzivně spočetné jazyky
  - gramatika typu 0
  - Turingův stroj
  - algoritmicky nerozhodnutelné problémy
- Chomského hierarchie
  - schopnost zařazení konkrétního jazyka do Chomského hierarchie (zpravidla sestavení odpovídajícího automatu či gramatiky)

### Předměty

- NTIN071 Automaty a gramatiky (2 kr)

## 2. Algoritmy a datové struktury

Časová a prostorová složitost algoritmů, asymptotická notace. Třídy složitosti P a NP, NP-těžkost a NP-úplnost. Algoritmy "rozděl a panuj", výpočet časové složitosti těchto algoritmů, příklady. Binární vyhledávací stromy, AVL stromy. Třídící algoritmy. DFS, BFS a jejich aplikace. Nejkratší cesty. Minimální kostry. Toky v sítích.

- Časová složitost algoritmů
  - časová a prostorová složitost algoritmu
  - měření velikosti dat
  - složitost v nejlepším, nejhorším a průměrném případě
  - asymptotická notace
- Třídy složitosti
  - třídy P a NP
  - převoditelnost problémů, NP-těžkost a NP-úplnost
  - příklady NP-úplných problémů a převodů mezi nimi
- Metoda rozděl a panuj
  - princip rekurzivního dělení problému na podproblémy
  - výpočet složitosti pomocí rekurentních rovnic
  - Master theorem (kuchařková věta) (bez důkazu)
  - aplikace
    - Mergesort
    - násobení dlouhých čísel
- Binární vyhledávací stromy
  - definice vyhledávacího stromu
  - operace s nevyvažovanými stromy
  - AVL stromy (definice)
- Třídění

- primitivní třídící algoritmy (Bubblesort, Insertsort)
- Quicksort
- dolní odhad složitosti porovnávacích třídících algoritmů
- Grafové algoritmy
  - prohledávání do šířky a do hloubky
  - topologické třídění orientovaných grafů
  - nejkratší cesty v ohodnocených grafech (Dijkstrův a Bellmanův-Fordův algoritmus)
  - minimální kostra grafu (Jarníkův a Borůvkův algoritmus)
  - toky v sítích (Ford-Fulkerson algoritmus)

### Předměty

- NTIN060 Algoritmy a datové struktury 1 (3 kr)
- NTIN061 Algoritmy a datové struktury 2 (1 kr)

### 3. Programovací jazyky

Koncepty pro abstrakci, zapouzdření a polymorfismus. Primitivní a objektové typy a jejich reprezentace. Generické typy a funkcionální prvky. Práce s prostředky a mechanismy pro ošetření chyb. Životní cyklus objektů a správa paměti. Vlákna a podpora synchronizace. Implementace základních prvků objektových jazyků. Nativní a interpretovaný běh, řízení překladu a sestavení programu.

- Koncepty pro abstrakci, zapouzdření a polymorfismus.
  - související konstrukty programovacích jazyků
    - třídy, rozhraní, metody, datové položky, dědičnost, viditelnost
  - (dynamický) polymorfismus, statické a dynamické typování
  - jednoduchá dědičnost
    - virtuální a nevirtuální metody v C++ a C#
    - defaultní metody v Javě
  - vícenásobná dědičnost a její problémy
    - vícenásobná a virtuální dědičnost v C++
    - interfaces v Javě a C++
  - implementace rozhraní (interface)
- Primitivní a objektové typy a jejich reprezentace.
  - číselné a výčtové typy
  - ukazatele a reference v C++
  - hodnotové a referenční typy v C#
  - imutabilní typy a boxing/unboxing v C# a Javě
- Generické typy a funkcionální prvky (procedurálních programovacích jazyků).
  - šablony (templates) a statický polymorfismus v C++
  - generické typy v Javě a C# (bez omezení typových parametrů)
  - typy reprezentující funkce v C++, C#, nebo Javě
  - lambda funkce a funkcionální rozhraní
- Manipulace se zdroji a mechanismy pro ošetření chyb.
  - správa životního cyklu zdrojů v případě výskytu chyb
    - RAII v C++, `using` v C#, `try-with-resources` v Javě
  - konstrukce pro obsluhu a propagaci výjimek
- Životní cyklus objektů a správa paměti.
  - alokace (alokace statická, na zásobníku, na haldě)
  - inicializace (konstruktory, volání zděděných konstruktorů)
  - destrukce (destruktory, finalizátory)
  - explicitní uvolňování objektů, reference counting, garbage collector
- Vlákna a podpora synchronizace.
  - reprezentace vláken v programovacích jazycích
  - specifikace funkce vykonávané vláknem a základní operace na vlákny
  - časově závislé chyby a mechanismy pro synchronizaci vláken
- Implementace základních prvků objektových jazyků.
  - základní objektové koncepty v konkrétním jazyce (Java, C++, C#)
  - implementace a interní reprezentace primitivních typů
  - implementace a interní reprezentace složených typů a objektů

- implementace dynamického polymorfismu (tabulka virtuálních metod)
- Nativní a interpretovaný běh, řízení překladu a sestavení programu.
  - reprezentace programu, bytecode, interpret jazyka
  - just-in-time (JIT) a ahead-of-time (AOT) překlad
  - proces sestavení programu, oddělený překlad, linkování
  - staticky a dynamicky linkované knihovny
  - běhové prostředí procesu a vazba na operační systém

## Předměty

Podle volby programovacího jazyka

- NPRG013 Programování v jazyce Java (5 kr)
- NPRG035 Programování v jazyce C# (5 kr)
- NPRG041 Programování v jazyce C++ (5 kr)

## 4. Architektura počítačů a operačních systémů

Základní architektura počítače, reprezentace dat a programů. Instrukční sada jako rozhraní hardware a software, vazba na prvky vyšších programovacích jazyků. Podpora pro běh operačního systému. Rozhraní periferních zařízení a jejich obsluha. Základní abstrakce, rozhraní a mechanismy OS pro běh programů, sdílení prostředků a vstup/výstup. Paralelismus, vlákna a rozhraní pro jejich správu, synchronizace vláken.

- Základní architektura počítače, reprezentace čísel, dat a programů.
  - reprezentace a přístup k datům v paměti, adresa, adresový prostor
  - ukládání jednoduchých a složených datových typů
  - základní aritmetické a logické operace
- Instrukční sada, vazba na prvky vyšších programovacích jazyků.
  - Implementovat běžné programové konstrukce vyšších jazyků (přiřazení, podmínka, cyklus, volání funkce) pomocí instrukcí procesoru
  - Zapsat běžnou konstrukci vyššího jazyka (přiřazení, podmínka, cyklus, volání funkce), která odpovídá zadané sekvenci (vysvětlených) instrukcí procesoru
- Podpora pro běh operačního systému.
  - privilegovaný a neprivilegovaný režim procesoru
  - jádro operačního systému
- Rozhraní periferních zařízení a jejich obsluha.
  - Popsat roli řadiče zařízení při programem řízené obsluze zařízení (PIO), pro zadané adresy a funkce vstupních a výstupních portů implementovat programem řízenou obsluhu zadaného zařízení (myš, disk)
  - Popsat roli přerušení při programem řízené obsluze zařízení (PIO), na úrovni vykonávání instrukcí popsat reakci procesoru (hardware) a operačního systému (software) na žádost o přerušení
- Základní abstrakce, rozhraní a mechanismy OS pro běh programů, sdílení prostředků a vstup/výstup.
  - neprivilegované (uživatelské) procesy
  - sdílení procesoru
    - procesy, vlákna, kontext procesu a vlákna
    - přepínání kontextu, kooperativní a preemptivní multitasking
    - plánování běhu procesů a vláken, stavy vláken
  - sdílení paměti
    - Vysvětlit rozdíl mezi virtuální a fyzickou adresou a identifikovat, zda se v zadaném kontextu či fragmentu kódu používá virtuální nebo fyzická adresa
    - Na zadaném příkladu identifikovat a vysvětlit význam komponent virtuální a fyzické adresy (číslo stránky, číslo rámce, offset)
    - Pro konkrétní adresy a obsah jednoúrovňové stránkovací tabulky řešit úlohy překladu adres
    - Vysvětlit roli virtuálních adresových prostorů v ochraně paměti procesů a vláken
  - sdílení úložného prostoru
    - soubory, analogie s adresovým prostorem
    - abstrakce a rozhraní pro práci se soubory
- Paralelismus, vlákna a rozhraní pro jejich správu, synchronizace vláken.
  - časově závislé chyby (race conditions)
  - kritická sekce, vzájemné vyloučení



- základní synchronizační primitiva, jejich rozhraní a použití
  - zámk
  - aktivní a pasivní čekání

### **Předměty**

- NSWI120 Principy počítačů (3 kr)
- NSWI170 Počítačové systémy (5 kr)

Podle volby programovacího jazyka

- NPRG013 Programování v jazyce Java (1/5 z 5 kr)
- NPRG035 Programování v jazyce C# (1/5 z 5 kr)
- NPRG041 Programování v jazyce C++ (1/5 z 5 kr)

# Databáze a web

Studenti této specializace mají ke společným tématům ještě následující témata specializace.

## 1. Databáze

Architektury databázových systémů. Konceptuální, logická a fyzická úroveň pohledů na data. Algoritmy návrhu schémat relací, normální formy, referenční integrita. Transakční zpracování. Konceptuální modelování. Přehled SQL. Základní dotazy. Seskupování dat a agregace. Spojování tabulek. Vnořené dotazy. Uložené procedury, trigger, funkce. Big Data. Moderní databázové systémy. MapReduce. NoSQL databáze. Grafové databáze. Multi-model databáze.

- Architektury databázových systémů.
  - Konceptuální, logická a fyzická úroveň pohledů na data.
  - Algoritmy návrhu schémat relací, normální formy, referenční integrita. Důvody pro normalizaci relací.
  - Konceptuální modelování. Rámcově převod konceptuálního modelu na (relační) logický datový model.
- Transakční zpracování
  - Vlastnosti transakcí a rozvrhů, uzamykací protokoly, zablokování.
- Přehled SQL.
  - Základní SQL dotazy.
  - Seskupování dat a agregace.
  - Spojování tabulek.
  - Vnořené dotazy, testy na NULL hodnotu.
- Moderní databázové systémy
  - Základní klasifikace, specifické vlastnosti, srovnání s tradičními (SQL) databázemi.
  - Big Data - vlastnosti, výzvy pro tradiční databázové systémy.
  - MapReduce - princip, příklad, vlastnosti, kritika, alternativní přístupy.
  - NoSQL databáze - typy a vlastnosti, výhody a nevýhody.
  - Grafové databáze - princip a specifické vlastnosti, klasifikace a příklady dotazů.
  - Multi-model databáze vs. polystores - rozdíly, výhody a nevýhody, příklad multi-model dotazu a problém jeho vyhodnocení.

## Předměty

- NDBI025 Databázové systémy (5 kr)
- NDBI026 Databázové aplikace (4 kr)
- NDBI040 Moderní databázové systémy (5 kr)

## 2. Datový management

Datové formáty. Datové modely pro strukturovaná data, příklady užití. Formáty pro grafová, hierarchická a tabulková data, datová schémata a jazyky pro transformaci dat. Formáty pro geodata. Základy grafických, multimediálních a tiskových formátů. Sémantický popis dat, slovníky. Procesy zpracování dat. Katalogizace dat, metadata. Základy šifrování a komprese dat. Základy indexování. Typy organizace souborů, přímé/nepřímé indexování, primární/sekundární index. Hashování na vnější paměti. Hierarchické indexování, Indexování v prostorových databázích, prostorové spojení, prostorové dotazování.

- Datové formáty.
  - Základní typy strukturovaných dat, jejich reprezentanti, příklady užití.
  - Datový model, datový formát, datové schéma. Základní vlastnosti textových formátů, standardizace datových formátů.
  - Formáty pro grafová data, schémata, jazyky pro transformaci dat - RDF a jeho serializace, RDF Schema, SPARQL, Labeled Property Graph, Cypher.

- Formáty pro stromová (hierarchická) data, schémata, jazyky pro transformaci dat - Základy XML, základy XML Schema, základy XSLT, RDF/XML, JSON, JSON Schema, JSON-LD.
- Formáty pro tabulková data, schémata, jazyky pro transformaci dat - SQL dump, CSV a jeho specifikace, CSV on the Web, transformace CSV do RDF.
- Formáty pro prostorová data - Souřadnicové referenční systémy, vztahy prostorových objektů, WKT, GML, GeoJSON, GeoSPARQL.
- Sémantický popis dat, RDF Schema, slovníky. Dublin Core, SKOS, Wikidata.
- Procesy zpracování dat.
  - Zpracování dat pomocí operací: data selection, data projection, data summarization, data reduction, data lifting a data lowering.
  - Čištění dat, datová kvalita a její dimenze.
  - Data provenance.
- Katalogizace dat, metadata.
  - Význam a použití různých druhů metadat.
  - Datový katalog a jeho využití. Povědomí o DCAT (Data Catalog Vocabulary) a jeho základních třídách.
- Sémantický popis dat, slovníky.
  - Vznik a řešení problému datových sil.
  - Výhody využití kontrolovaných slovníků (controlled vocabulary) k popisu dat.
  - Typy kontrolovaných slovníků (controlled list, taxonomy, thesaurus, classification scheme, ontology).
  - Význam použití a struktura SKOS (Simple Knowledge Organization System).
  - Použití ontologií k popisu dat a její základní stavební kameny (individuály, univerzály, ...).
- Základy šifrování a komprese dat.
  - Význam Shannonovy věty o kódování zdrojů (Shannon's source coding theorem) v kontextu komprese dat.
  - Principy algoritmů komprese dat (Run-Length Encoding, Huffman Coding, Lempel-Ziv-Welch a Arithmetic coding).
  - Využití symetrického a asymetrického šifrování v kontextu digitálního certifikátu.
- Základy indexování.
  - Typy organizace souborů, přímé/nepřímé indexování, primární/sekundární index.
  - Principy hashování na vnější paměti, vybraný konkrétní přístup podrobněji (např. Cormack, Larson & Kalja, Fagin, ...).
  - Hierarchické indexování (B-Tree, B+-Tree, B\*-Tree).
- Indexování v prostorových databázích.
  - Prostor vyplňující křivky (Z-Curve, Hilbert Curve).
  - Quad-Tree, k-d-Tree - základní principy, výhody a nevýhody
  - R-Tree, R+-Tree, R\*-Tree - základní principy, rozdíly
  - Prostorové spojení, prostorové dotazování - základní principy a problémy, vybraný konkrétní přístup podrobněji

## Předměty

- NDBI046 Datový management (5 kr)
- NDBI007 Databázové přístupové metody (4 kr)
- NPRG036 Datové formáty (5 kr)

## 3. Web

Principy www, HTML, XHTML, HTML5 a CSS. Architektury, základní principy, návrhové vzory a techniky webových aplikací. Programování na straně klienta, JavaScript, standardní API v prohlížeči. API webových aplikací a webové služby. Single-page aplikace, udržování stavu a uživatelské relace. Programování na straně serveru, CGI a CGI-like aplikace. Základy bezpečnosti webových aplikací. Vyhledávání na webu. Booleovské a vektorové modely, word2vec. Vyhledávání v hypertextu, ranking, PageRank, SEO. Doporučovací systémy. Podobnostní vyhledávání v multimediálních databázích. Metrické indexování podobnosti.

- World Wide Web.
  - Tvorba statických webových stránek. Principy a syntax značkovacích jazyků (HTML, HTML5) a jejich interpretace prohlížečem (vizualizace, DOM).
  - Ovlivňování vzhledu webové stránky pomocí CSS (syntax, princip fungování).

- Základy interakce s uživatelem (odkazy, formuláře).
- Architektury a základní principy webových aplikací.
  - CGI a CGI-like aplikace (princip fungování). AJAX, Single-page aplikace, souvislost s REST API, klasické přístupy k návrhu SPA a udržování stavu aplikace.
  - Nejpoužívanější návrhové vzory a techniky (Front Controller, MVC/MVP, MVVC)
  - Programování na straně klienta (JavaScript). Základní syntaxe JavaScriptu (ECMAScriptu), principy prototypového OOP, funkcionální konstrukce (scope chaining, closure).
  - Práce s dokumentem skrz DOM (přehled principů, základní znalost API). Zpracování událostí v DOM, event driven model, asynchronní programování v JavaScriptu (callbacks, promises).
- API webových aplikací.
  - Povědomí o REST API, GraphQL API a OpenAPI.
- Základy bezpečnosti webových aplikací.
  - Autentizace, autentizační tokeny (JWT).
  - Autorizace, příklady bezpečnostních modelů (ACL).
- Doporučovací systémy
  - Kolaborativní filtrování: princip fungování, výhody a nevýhody, příklady algoritmů (user/item-based KNN, varianty faktorizace matic)
  - Content-based a knowledge-based doporučování: princip fungování, výhody a nevýhody
  - Evaluace doporučovacích systémů (offline / online / user-studies, metriky)
- Vyhledávání na webu.
  - Booleovské a vektorové modely, word2vec.
  - Vyhledávání v hypertextu, ranking, PageRank.
  - Optimalizace webových stránek pro vyhledávače.
  - Podobnostní vyhledávání v multimediálních databázích.
  - Metrické indexování podobnosti (filtrování pomocí pivotů, maticové, stromové, hašované a hybridní indexy)

## Předměty

- NDBI038 Vyhledávání na webu (4 kr)
- NSWI142 Programování webových aplikací (5 kr)
- NSWI153 Pokročilé programování webových aplikací (5 kr)
- NSWI166 Úvod do doporučovacích systémů a uživatelských preferencí (4 kr)

# Obecná informatika

Studenti této specializace si při přihlášení ke státní zkoušce vyberou ke společným tématům a následujícím tématům 1 až 3 ještě dvě z následujících témat 4 až 7.

## 1. Základy sítí

Taxonomie počítačových sítí. Architektura ISO/OSI. Přehled síťového modelu TCP/IP. Směrování. Koncept adresy, portu, socketu. Architektura klient/server. Základy fungování protokolů HTTP, FTP a SMTP.

- Základní pojmy a taxonomie počítačových sítí
  - Spojovaný/nespojovaný, blokový/proudový, spolehlivý/nespolehlivý přenos dat
  - Přepojování okruhů vs. přepojování paketů, princip store and forward, best effort vs QoS
  - Dělení sítí podle velikosti, Internet, síť serverového typu, P2P síť
- Architektura ISO/OSI a její vazba na TCP/IP
  - Princip vrstevnaté architektury a její význam
  - Funkce jednotlivých vrstev, komunikace mezi vrstvami
  - Význam ISO/OSI v moderních sítích postavených na TCP/IP
  - Příklady technologií/protokolů běžně používaných v TCP/IP na jednotlivých vrstvách
- Směrování (routing) a IP protokol
  - Význam IPv4 protokolu a IPv4 adresy
  - Algoritmus směrování IP datagramů
  - Význam routovacích (směrovacích) tabulek a způsoby jejich konfigurace
  - Typické problémy při směrování a doručování IP datagramů, protokol ICMP
- Transportní vrstva
  - Protokoly TCP a UDP (základní přehled a funkce)
  - Koncept portu a jeho význam, koncept komunikačního spojení, sockety
- Architektura klient-server
  - Návaznost na transportní protokoly
  - Význam této architektury z pohledu návrhu síťových aplikací a aplikačních protokolů
- Nejdůležitější aplikační protokoly TCP/IP
  - HTTP
    - Princip fungování, použití v aplikacích
    - Formát zpráv, přehled důležitých hlaviček, způsoby kódování obsahu
    - Fungování základních mechanismů (content negotiation, range serving, caching, sessions)
  - FTP
    - Princip fungování, aktivní vs. pasivní mód, přihlášení vs. anonymní mód
    - Přehled základních sekvencí příkazů a jejich fungování
  - Elektronická pošta
    - Základní principy, termíny a protokoly (poštovní schránka, MTA, SMTP, POP3, IMAP)
    - Formát emailové zprávy, důležité hlavičky
    - Protokol SMTP, přehled základních příkazů, forwarding zpráv
    - Spam a způsoby, jak se proti němu bránit (konfigurace SMTP serverů, identifikace odesílatele, filtrování zpráv)

## Předměty

- NSWI141 Úvod do počítačových sítí (3 kr)

## 2. Kombinatorika

Vytvořující funkce. Odhady faktoriálů a kombinačních čísel. Ramseyovy věty a extrémální kombinatorika. Samoopravné kódy.

- Vytvořující funkce
  - použití vytvořujících funkcí k řešení lineárních rekurencí
  - zobecněná binomická věta (formulace)
  - Catalanova čísla (příklad kombinatorické interpretace, odvození vzorce v uzavřeném tvaru)
- Odhady faktoriálu a kombinačních čísel
  - formulace základních odhadů
    - $(n/e)^n \leq n! \leq n(n/e)^n$
    - $(n/k)^k \leq \binom{n}{k} \leq (en/k)^k$
    - $2^{2m}/(2\sqrt{m}) \leq \binom{2m}{m} \leq 2^{2m}/\sqrt{2m}$
- Ramseyovy věty
  - Ramseyova věta (formulace konečné a nekonečné verze pro p-tice, důkaz verze p=2 pro 2 barvy)
  - Ramseyova čísla (definice, pro 2 barvy horní odhad z důkazu Ramseyovy věty a dolní odhad pravděpodobnostní konstrukcí)
- Extremální kombinatorika
  - obecné povědomí co extremální kombinatorika studuje
  - Turánova věta (formulace, Turánovy grafy)
  - Erdős-Ko-Radoova věta (formulace)
- Samoopravné kódy
  - přehled o používané terminologii
  - vzdálenost kódu a její vztah k počtu opravitelných a detekovatelných chyb
  - Hammingův odhad (formulace a důkaz)
  - perfektní kódy (definice a příklady, Hammingův kód bez přesné konstrukce)

### Předměty

- NDMI011 Kombinatorika a grafy 1 (5 kr)
- NDMI012 Kombinatorika a grafy 2 (5 kr)

## 3. Diferenciální a integrální počet ve více rozměrech

Riemannův integrál. Extrémy funkcí více proměnných. Metrický prostor, otevřené a uzavřené množiny, kompaktnost.

- Riemannův integrál jedno- i vícerozměrný
- Funkce více proměnných
  - parciální derivace: definice a výpočet
  - výpočet extrémů pomocí parciálních derivací
  - existence extrémů pro funkce několika reálných proměnných
  - vázané extrémy: výpočet pomocí Lagrangeových multiplikátorů
- Metrický prostor
  - definice a základní příklady
  - otevřené a uzavřené množiny: definice, příklady
  - spojitost funkce na metrickém prostoru
  - kompaktnost: definice a důsledky pro extrémy funkcí více proměnných
  - stejnoměrná spojitost

### Předměty

- NMAI055 Matematická analýza 2 (5 kr)

## 4. Optimalizace

Mnohostěny, Minkowského-Weylova věta. Základy lineárního programování, věty o dualitě, metody řešení. Edmondsův algoritmus. Celočíselné programování. Aproximační algoritmy pro kombinatorické problémy (splnitelnost, nezávislé množiny, množinové pokrytí, rozvrhování). Použití lineárního programování pro aproximační algoritmy. Využití pravděpodobnosti při návrhu algoritmů.

- Základy lineárního a celočíselného programování
  - dualita lineárního programování, Farkasovo lemma

- simplexová metoda, pivotovací pravidla
- Kombinatorická geometrie
  - konvexní obal objektů
  - mnohostěny
  - Minkowski-Weylova věta
- Základy matematického programování
  - unimodularita, Königovo lemma, toky v sítích, souvislost s dualitou LP
  - vážené maximální párování v bipartitních grafech a primárně-duální algoritmus na jeho nalezení
- Celočíselné programování
  - metoda řezů
- Matroidy
  - řádová funkce, existence a submodularita
  - hladový algoritmus
- Aproximační algoritmy
  - definice: aproximační poměr, aproximační schéma
  - hladové algoritmy
    - obchodní cestující - Christofidesův 3/2-aproximační algoritmus
    - rozvrhování
    - množinové pokrytí
  - použití lineárního programování
    - algoritmy pro splnitelnost (MAXSAT, pravděpodobnostní zaokrouhlování)
    - vrcholové a množinové pokrytí (deterministické zaokrouhlování, primárně-duální algoritmus)
- Využití pravděpodobnosti při návrhu algoritmů
  - minimální globální řez v grafu
  - hashování a jeho využití pro slovník s konstantním časem vyhledávání
  - pravděpodobnostní testování maticových a polynomiálních identit
  - paralelní algoritmus pro hledání maximální nezávislé množiny
  - paralelní algoritmy pro hledání párování (bipartitní grafy)

## Předměty

- NDMI084 Úvod do aproximačních a pravděpodobnostních algoritmů (5 kr)
- NOPT046 Diskrétní a spojitá optimalizace (5 kr)
- NOPT048 Lineární programování a kombinatorická optimalizace (5 kr)

## 5. Pokročilé algoritmy a datové struktury

Výpočetní model RAM. Dynamické programování. Komponenty silné souvislosti orientovaných grafů. Maximální toky: algoritmy, aplikace. Toky a cesty v celočíselně ohodnocených grafech. Vyhledávání v textu. Diskrétní Fourierova transformace a její aplikace. Aproximační algoritmy a schémata. Paralelní algoritmy v hradlových a komparátorových sítích.

- Dynamické programování
  - princip dynamického programování (řešení podproblémů od nejmenších k největším)
  - aplikace: nejdělnější rostoucí podposloupnost, editační vzdálenost
- Grafové algoritmy
  - tranzitivní uzávěr
  - komponenty silné souvislosti orientovaných grafů
  - toky v sítích (Dinicův a Goldbergův algoritmus)
- Algoritmy vyhledávání v textu
  - algoritmy Knuth-Morris-Pratt a Aho-Corasicková
- Algebraické algoritmy
  - diskrétní Fourierova transformace a její aplikace
  - výpočet Fourierovy transformace algoritmem FFT
- RSA
  - šifrování, dešifrování a generování klíčů
- Aproximační algoritmy
  - poměrová a relativní chyba
  - aproximační schémata
  - příklady: obchodní cestující, batoh

- Paralelní třídění pomocí komparátorových sítí
- Červeno-černé stromy a jejich vyvažování

## Předměty

- NDMI010 Grafové algoritmy (3 kr)
- NMAI062 Algebra 1 (5 kr)
- NTIN060 Algoritmy a datové struktury 1 (5 kr)
- NTIN061 Algoritmy a datové struktury 2 (5 kr)

## 6. Geometrie

Základní věty o konvexních množinách (Hellyho, Radonova, o oddělování). Minkowského věta o mřížkách. Konvexní mnohostěny (základní vlastnosti, V-mnohostěny, H-mnohostěny, kombinatorická složitost). Geometrická dualita. Voroného diagramy, arrangementy (komplexy) nadrovin, incidence bodů a přímek, základní algoritmy výpočetní geometrie (konstrukce arrangementu přímek v rovině, konstrukce konvexního obalu v rovině).

- Základní věty o konvexních množinách
  - Hellyho věta
  - Radonova věta
  - věta o oddělování
- Minkowského věta o mřížkách
- Konvexní mnohostěny
  - základní vlastnosti
  - V-mnohostěny, H-mnohostěny
  - kombinatorická složitost (maximální počet stěn mnohostěnu, cyklický mnohostěn a jeho vlastnosti)
- Geometrická dualita
  - duální množina
  - duální mnohostěn
  - dualita mezi body a nadrovinami
- Voroného diagramy
  - definice
  - souvislost s mnohostěny
  - horní odhad složitosti
- Arrangementy (komplexy) nadrovin
  - definice
  - počet buněk jednoduchého arrangementu  $n$  nadrovin v  $d$ -rozměrném prostoru
  - věta o zóně
- Incidence bodů a přímek
  - dolní odhad počtu incidencí
  - Szemerédi-Trotterova věta
- Základní algoritmy výpočetní geometrie
  - konstrukce arrangementu přímek v rovině
  - konstrukce konvexního obalu v rovině

## Předměty

- NDMI009 Základy kombinatorické a výpočetní geometrie (5 kr)

## 7. Pokročilá diskrétní matematika

Barvení grafů (Brooksova a Vizingova věta, perfektní grafy). Tutteova věta. Extremální kombinatorika (Turánova věta, Erdős-Ko-Radoova věta). Kreslení grafů na plochách. Grafové minory. Množiny a zobrazení. Subvalence a ekvivalence množin. Ordinální a kardinální čísla.

- Barvení grafů
  - definice a základní vlastnosti
  - hranová barevnost (definice, formulace Vizingovy věty, souvislost s párováními v grafech)
  - Brooksova věta (formulace)



- základní metody z důkazů Vizingovy a Brooksovy věty (Kempeho řetězce, hladový algoritmus)
- silná a slabá věta o perfektních grafech (formulace), chordální grafy a další příklady tříd perfektních grafů
- Párování v grafech
  - definice párování a perfektního párování
  - párování v obecných grafech (formulace Tutteovy věty včetně důkazu jednodušší implikace, Petersenova věta a její důkaz použitím Tutteovy věty)
  - Edmondsův algoritmus (pouze vědět o jeho existenci)
- Kreslení grafů na plochách
  - základní topologické pojmy (homeomorfismus, křivka, plocha)
  - konstrukce ploch pomocí přidávání uší a křížitek (formulace), orientovatelné a neorientovatelné plochy, Eulerova charakteristika
  - pojem buňkového (2-cell) nakreslení
  - zobecněná Eulerova formule, její použití pro horní odhad počtu hran a minimálního stupně v grafu nakresleném na dané ploše
- Grafové minory
  - definice a základní vlastnosti
  - formulace Hadwigerovy hypotézy
  - horní odhad na počet hran (bez důkazu)
  - zachovávání nakreslení při minorových operacích
- Množiny a zobrazení
  - přehled o používané terminologii (třídy a vlastní třídy, kartézský součin, relace, zobrazení, suma, potenční množina, ...)
- Subvalence a ekvivalence množin
  - definice
  - Cantorova-Bernsteinova věta (bez důkazu)
  - spočetné množiny
    - definice
    - zachovávání spočetnosti při množinových operacích
  - mohutnost množin racionálních a reálných čísel, důkaz neekvivalence diagonální metodou
- Dobré uspořádání
  - definice
  - ordinální a kardinální čísla (definice)

## Předměty

- NAIL063 Teorie množin (3 kr)
- NDMI012 Kombinatorika a grafy 2 (5 kr)

# Počítačová grafika, vidění a vývoj her

Studenti této specializace si při přihlášení ke státní zkoušce vyberou ke společným tématům ještě zaměření Počítačová grafika, Počítačové vidění nebo Vývoj počítačových her. Temata 1 až 3 jsou společná všem zaměřením, témata 4 až 6 jsou určena pro zaměření Počítačová grafika, témata 7 až 9 pro zaměření Počítačové vidění, témata 6 a 10 až 11 pro zaměření Vývoj počítačových her.

## 1. Matematická analýza

Diferenciální a integrální počet ve více rozměrech. Riemannův integrál. Extrémy funkcí více proměnných. Metrický prostor, otevřené a uzavřené množiny, kompaktnost.

- Metrické prostory
  - Prostory  $E_n$ , podprostory, konvergence
  - Otevřené a uzavřené množiny
  - Kompaktní prostory, maxima a minima funkcí na kompaktním prostoru
  - Stejněměrná spojitost
- Reálné prostory více proměnných
- Parciální derivace
  - Definice
  - Totální diferenciál, geometrická interpretace
  - Spojitost parciálních derivací
  - Počítání parciálních derivací
- Riemannův integrál
  - Riemannův integrál v jedné proměnné
  - Riemannův integrál ve více proměnných

### Předměty

- NMAI055 Matematická analýza 2 (5 kr)

## 2. Základy 2D počítačové grafiky

Základy lidského vidění, barvy, jejich vnímání a reprezentace na počítači, barevné systémy RGB, CMY a HSV. HDR grafika. Průhlednost (alfa-kanál). Rastrová a vektorová grafika, příklady rastrových a vektorových formátů a jejich použití. Základy rasterizace (vykreslování tvarů do 2D rastru).

- Základy lidského vidění a vnímání barev (jen přehledově)
  - Anatomie oka a sítnice, čočka, tyčinky a čípky (tři typy S, M, L)
  - Viditelné spektrum a metamerismus
  - Významné vlastnosti (nedokonalosti) systému vidění (barevná aberace, setrvačnost, schopnost integrace)
- Barevné systémy v digitálním světě
  - RGB, HSV, CMY[K], jejich převody (jen princip)
  - Aditivní a subtraktivní skládání barev
- High Dynamic Range grafika (HDR)
  - Princip, pořizování a aplikace HDR
- Průhlednost (alfa-kanál) a její aplikace v kompozici
  - Principy a algebra alfa kanálu
  - Kompozitní operace (over, atop, ...)
- Rastrová a vektorová grafika
  - Principy a rozdíly mezi rastrovým a vektorovým přístupem
  - Příklady rastrových a vektorových grafických formátů
  - Aplikace (který formát se hodí pro který účel)
- Základy rasterizace (převod z vektorové do rastrové reprezentace)

- Kreslení čar, midpoint algoritmy (jen přehled)
- Scanline vyplňování mnohoúhelníka
- Záplavové vyplňování (jen přehled)
- Reprezentace a vykreslování písma (jen přehled)
- Anti-aliasing v rastrové grafice (obecně)
  - Principy a metody v implementaci anti-aliasingu (analytický přístup, super-sampling)
- Kódování rastrového obrazu a grafické formáty
  - Bezeztrátová vs. ztrátová komprese
  - Populární přístupy v kompresi obrazu (RLE, GIF, PNG, JPEG komprese - jen přehled)
  - Kódování 2D tvarů (Quad-tree, Span-list)

## Předměty

- NPGR003 Základy počítačové grafiky (5 kr)

## 3. Základy 3D počítačové grafiky

Systémy 3D souřadnic a transformací, Skládání praktických složitějších transformací, reprezentace orientace. Projekce pro zobrazování 3D scén. Základy GPU knihovny OpenGL. Architektura GPU, formáty dat posílané do GPU, princip programování shaderů. Reprezentace 3D scén v počítači, hierarchické reprezentace, základy stínování a princip rekurzivního sledování paprsku.

- Souřadnicové systémy a transformace v 3D grafice
  - Kartézské a homogenní souřadnice
  - Lineární transformace maticemi 3x3 a 4x4
  - Kompozice složitějších transformací ve 3D (skládání z jednodušších kroků, příklady)
- Projekce do průmětny pro 3D zobrazování
  - Taxonomie projekčních metod (jen přehled), středová projekce pro perspektivní zobrazení
  - Reprezentace projekce maticí 4x4
- Posloupnost souřadných systémů v typické 3D aplikaci
  - Objektový systém, světový systém, systém kamery, normalizovaný systém po projekci, průmět na obrazovku
  - Logika práce s těmito systémy v realtime aplikaci
- Základy HW podporovaného programování 3D grafiky v OpenGL
  - Základní architektura GPU
  - Formáty dat - vektorová data 3D scény - posílaných do GPU (data pro jeden vrchol, buffery, index-buffery)
  - Programování GPU - shaders (jen přehled)
  - Textury a texturové souřadnice, transformační matice
  - Prezentace výsledků, double-buffering (Present/SwapBuffers)
- Architektura typické 3D realtime aplikace
  - Jednotlivé fáze inicializace, hlavní smyčka, interaktivita
- Reprezentace 3D scén v počítači
  - Povrchové a objemové reprezentace, topologicky bohatší přístupy (Winged-edge, přehled)
  - CSG reprezentace (elementární tělesa a množinové operace)
  - Hierarchické reprezentace a jejich výhody (příklady)
  - Propojení se zobrazováním na GPU (hierarchie, maticové transformace ve scéně, vertex buffery...)
- Algoritmy na výpočet viditelnosti (jen principy a přehled)
  - Třídění podle hloubky (malíř, aplikace)
  - Hloubkový buffer (depth-buffer)
- Základy stínování
  - Model odrazu světla na povrchu tělesa
  - Phongův model odrazu, materiály
- Rekurzivní sledování paprsku (Ray-tracing) - jen přehled
  - Základní princip Ray-tracingu, jednotlivé komponenty RT systému - jen přehled
  - Nedostatky a principy jejich potlačení (anti-aliasing) - jen přehled

## Předměty

- NPGR003 Základy počítačové grafiky (5 kr)

## 4. Fotorealistická grafika

Rekurzivní sledování paprsku: vlastnosti naivního algoritmu. Výpočet průsečíků paprsku s 3D scénou a jeho urychlování. Modely odrazu světla na povrchu těles: empirické a fyzikálně věrnější přístupy. Textury, modelování přírodních fenoménů, spojitě šumové funkce. Anti-aliasing v paprskově založených metodách, vzorkovací algoritmy, distribuované sledování paprsku. Moderní Monte-Carlo přístupy v realistickém zobrazování.

- Základy stínování
  - Modely odrazu světla na povrchu materiálu, definice
  - Spojité stínování
  - Jednoduché modely odrazu světla
  - Fyzikálně věrnější modely odrazu světla, mikroplošky
- Rekurzivní sledování paprsku (RT)
  - Základní princip RT, nevýhody a nedostatky naivního přístupu
  - Výpočet průsečíku paprsku se scénou
  - Urychlovací techniky vedoucí ke složitosti  $O(\log N)$
- Kvalitativní vylepšení naivního RT
  - Anti-aliasing a vzorkování, stochastické vzorkování, nestrannost
  - Texturování, 2D a 3D Textury
  - Simulace přírodních fenoménů, šumové funkce ve 2D a 3D
  - Distribuované sledování paprsku jako základní krok směrem k Monte-Carlo renderingu
- Monte-Carlo výpočet osvětlení
  - Orientace a přehled
  - Zobrazovací rovnice
  - Princip Path-tracingu, nestranný (tj. korektní) odhad šíření světla ve scéně

### Předměty

- NPGR004 Fotorealistická grafika (5 kr)

## 5. Základy vědy o barvách

Fundamental causes of colour, human eye and function of its parts. Colour spaces and colour collections, gamuts, color mixing, color matching experiments. Examples of Colour ordering systems (Munsell, Pantone). Colour measurement devices. Printing technology, ICC profiles.

- Fundamental causes of colour
  - Properties of visible light, and where it comes from (emission and reflection, key characteristics)
  - The human eye and visual system
  - Colour blindness
  - Colour mixing
- Colour spaces
  - Colour matching experiments and the CIE RGB and XYZ colour spaces
  - The CIE Luv and Lab colour spaces
  - Gamuts and gamut mapping
  - Colour atlases, such as Munsell or NCS
  - Colour collections, such as Pantone or RAL
- Colour measurement
  - Colour measurement devices vs. spectral measurement devices
- Colour reproduction technology
  - Additive devices: monitors, projectors
  - Subtractive devices: 2D printers (laser, inkjet, offset), 3D colour printers
- Colour Management Systems
  - Purpose of ICC files
  - Device calibration procedures
  - Rendering intents

## Předměty

- NPGR025 Introduction to Colour Science (3 kr)

## 6. Geometrie pro počítačovou grafiku

Eukleidovské shodnosti v rovině a prostoru, jejich aplikace, animace spojitého pohybu. Kvaterniony a jejich využití pro animaci a pohyb v prostoru, LERP a SLERP. Projektivní prostor a projektivní zobrazení, aplikace na panoramatické lepení fotografií a rekonstrukci scény. Dvojpoměr a jeho využití při odečítání velikostí ze snímků.

- Eukleidovské shodnosti v rovině a prostoru
  - Klasifikace a reprezentace shodností
  - Aplikace na geometrické úlohy
  - Animace spojitého pohybu v rovině a prostoru
- Diferenciální geometrie křivek
  - Parametrizace a reparametrizace
  - Křivost a torze
  - Frenetovy vzorce
- Kvaterniony
  - Definice a vlastnosti
  - Popis rotací pomocí kvaternionů
  - Použití při animaci v prostoru, LERP a SLERP
- Projektivní prostor a projektivní zobrazení
  - Definice a základní vlastnosti
  - Vnoření Eukleidovského prostoru do projektivního
  - Aplikace na panoramatické lepení fotografií a rekonstrukci scény
  - Dvojpoměr a jeho využití při odečítání velikostí ze snímků

## Předměty

- NPGR020 Geometrie pro počítačovou grafiku (3 kr)

## 7. Digitální zpracování obrazu

Vzorkování a kvantizace obrazu, Shannonova věta. Základní operace nad obrázky, histogram, změny kontrastu, redukce šumu, zvyšování ostrosti. lineární filtrace obrazu v obrazovém a spektrálním prostoru. Konvoluce a Fourierova transformace. Detekce hran a rohů. Matematické modelování degradace obrazu. Potlačování základních zkreslení obrazu (rozmazání pohybem, rozostření), inverzní a Wienerův filtr.

- Vzorkování a kvantizace obrazu
  - Digitalizace obrazu, vzorkování a kvantování spojitých funkcí
  - Shannonova věta
  - Moiré, Anti-aliasing
- Základní operace nad obrázky
  - Histogram
  - Změny kontrastu
  - Redukce šumu
  - Zvyšování ostrosti
- Lineární filtrace obrazu
  - Filtrace v obrazovém prostoru
  - Konvoluce a Fourierova transformace
  - Filtrace v spektrálním prostoru
- Detekce hran a rohů
  - Detekce hran s využitím 1. derivace
  - Detekce hran s využitím 2. derivace
  - Detekce rohů
- Matematické modelování degradace obrazu
  - Pořízení obrazu, zdroje degradace, PSF
  - Potlačování základních zkreslení obrazu

- Inverzní a Wienerův filtr

## Předměty

- NPGR002 Digitální zpracování obrazu (4 kr)

## 8. Počítačové vidění

Pořizování obrazu, vlastnosti digitálního obrazu. Matematická morfologie. Segmentace obrazu. Registrace a porovnávání obrazu. Popis plošných objektů – základní principy. Invarianty pro rozpoznávání 2D objektů. Detekce, popis a párování lokálních příznaků. Významné oblasti v obraze. Detekce a sledování objektů, optický tok.

- Pořizování obrazu, vlastnosti digitálního obrazu
  - Geometrie dírkové komory, rovnice tenké čočky
  - Hloubka ostrosti, aberace
  - Vzorování, kvantování
- Matematická morfologie
  - Základní operace (dilatace, eroze, otevření, uzavření)
  - Pokročilé operace, šedotónová morfologie
  - Morfologické algoritmy, příklady použití
- Segmentace obrazu
  - Definice segmentace, Prahovací metody
  - Metody pracující s hranicemi
  - Metody pracující s oblastmi
  - K-means, Mean Shift
- Detekce, popis a párování lokálních příznaků
  - Detektory rohů
  - Deskriptory příznaků
  - Párování, RANSAC
- Významné oblasti v obraze
  - Sledování pohybu očí, vizualizace
  - Výpočtové modely vizuální pozornosti
- Detekce a sledování objektů
  - Gausovská a Laplaceovská pyramida a jejich použití
  - Optický tok
  - Kalmanův filtr

## Předměty

- NPGR036 Počítačové vidění (5 kr)

## 9. Strojové učení

Výběr a předzpracování příznaků. Bayesovská teorie rozhodování, kritérium minimální chyby. Rozhodovací stromy. Diskriminační analýza, lineární klasifikátor. Rozpoznávání objektů, klasifikátory s učitelem (k-NN, lineární, Bayes). Support Vector Machines (SVM). Shluková analýza, iterační a hierarchické metody. Hodnocení kvality klasifikace.

- Výběr a předzpracování příznaků
  - Filter, wrapper a funkce vhodnosti příznaků
  - PCA, SVD
  - LDA
- Bayesovská teorie rozhodování
  - Bayesovo pravidlo
  - Kritérium minimální chyby
- Rozhodovací stromy
- Lineární klasifikátor
- Support Vector Machines

- Neuronové sítě
  - Dopřední sítě, zpětné šíření chyby
  - Konvoluční sítě
- Kombinace klasifikátorů
  - Bagging
  - Boosting
- Shluková analýza
  - Nehierarchické metody
  - Hierarchické metody
- Hodnocení kvality klasifikace
  - Matice záměn a z ní odvozené metriky
  - ROC a PR křivky

## Předměty

- NPGR035 Strojové učení v počítačovém vidění (5 kr)

## 10. Vývoj počítačových her

2D hry: sprite-based animace, 2D kostra, parallax scrolling, dlaždicové systémy, pixel art. 3D hry: 3D scény, modely, kosterní animace, rigging. 3D rendering: shadery, stíny, částicové systémy, billboards, screenspace efekty. Zvuk: zvukové efekty, 3D zvuk, sound engine, kompozice zvuku. Návrh architektury herního kódu, návrhové vzory pro počítačové hry. Herní design: definice, historie, taxonomie hráčů. Úvod do architektury herních engine, engine Unity. Řízení vývoje počítačových her a životní cyklus herního projektu.

Pro detailnější informace o tomto tématu kontaktujte garanta specializace.

## Předměty

- NPGR038 Základy vývoje počítačových her (5 kr)

## 11. GPU grafika

Princip fungování programovatelné rasterizační pipeline na GPU. Buffery, constant buffery, efektivní předávání dat do GPU. Textury a texturovací jednotky, funkce jednotlivých druhů shaderů. Vyšší programovací jazyky shaderů (GLSL, HLSL). Řešení osvětlení ve scéně (materiály, výpočet stínů). Stencil buffer a jeho použití. Víceprůchodový rendering, deferred shading a screen-space efekty. Realtime ray-tracing. GPGPU – masivně paralelní algoritmy na GPU, základy CUDA/OpenCL.

- Architektura moderního GPU
  - Programovatelná pipeline, pevné a programovatelné komponenty
  - Souřadná systémy používané při kreslení hierarchické 3D scény
  - Různé typy shaderů používané v moderních GPU
  - Předávání dat z aplikace do GPU, variabilní i konstantní data
  - Buffery, atributy vrcholů, textury
  - Render Targets
- Programování shaderů
  - Základy jazyka HLSL nebo GLSL
  - Kompilace a linkování shaderů
  - Constant-buffers
- Moderní a pokročilejší partie
  - Instancing
  - Programovatelný clipping/culling
  - Geometry/tessellation/mesh shadery
  - Víceprůchodové algoritmy, Multiple Render Targets
  - Vulkan nebo DirectX 12 - hlavní změny
- GPGPU
  - Masivně paralelní počítání na GPU

– Základy CUDA nebo OpenCL

### **Předměty**

– NPGR019 Realtime grafika na GPU (5 kr)



# Programování a vývoj software

Studenti této specializace mají ke společným tématům ještě následující témata specializace.

## 1. Architektura počítačů, operačních systémů a sítí

Organizace paměti za běhu programů. Paměťová reprezentace datových struktur. Cache a její vliv na výkonnost. Virtuální paměť. Provádění instrukcí procesorem. Procesy a vlákna, přepínání kontextu. Multicore, multisočet. Síťová, linková a transportní vrstva. Směrování, VLAN, NAT. Adresování v TCP/IP.

- Organizace paměti za běhu programů
  - paměť procesu
  - dynamická alokace paměti
  - aktivační záznam funkce
  - volací konvence, předávání parametrů
  - uložení proměnných, heap
- Paměťová reprezentace datových struktur
  - reprezentace polí, struktur a tříd
    - zarovnání paměťových struktur
- Cache a její vliv na výkonnost
  - asociativní paměť
- Provádění instrukcí procesorem
  - třídy instrukčních sad
  - pipeline, superskalarita, out-of-order execution
- Operační systémy
- kooperativní a preemptivní přepínání kontextu
- souborové systémy
- pevný disk, plánovací algoritmy pro pohyb hlavy pevného disku
- segmentace, sdílená paměť, paměťově mapované soubory

## Předměty

- NSWI090 Počítačové sítě (3 kr)
- NSWI120 Principy počítačů (3 kr)
- NSWI143 Architektura počítačů (3 kr)
- NSWI170 Počítačové systémy (5 kr)

## 2. Programovací jazyky

Životnost objektů. Komponenty, dependency injection. Paralelní programování, vlákna. Ošetření chyb, výjimky. Reflexe a introspekce. Principy dynamických jazyků. Funkcionální prvky objektových jazyků. Statický vs. dynamický polymorfismus, generické programování, typová dedukce. Standardní knihovny. Návrhové vzory. Principy WWW, HTTP, HTTPS, URL. Statické webové stránky. Principy webových aplikací. Programování na straně klienta. API webových aplikací, bezpečnost.

- Paralelní programování a synchronizace.
  - Vlákna, explicitní a implicitní vznik a zánik vláken
  - Prostředky pro implicitní (synchronized, atomic) a explicitní (mutex, condition\_variable, semaphore, ...) synchronizaci
  - Paralelní cykly, paralelně implementované knihovní funkce
  - Další abstrakce paralelismu (task, future/promise)
- Návrhové vzory.
  - Smysl, způsob popisu a aplikace návrhových vzorů
  - Konkrétní návrhové vzory dle GoF

- Komponenty, dependency injection.
  - Pojem komponenty a jeho účel
  - Reprezentace komponenty v objektovém programovacím jazyce
  - Prostředky pro popis komponent
  - Běhová podpora pro práci s komponentami
- Reflexe a introspekce.
  - Statická introspekce v C++ (type\_traits)
  - Run-time introspekce a reflexe v C# a Javě
  - Atributy v C++ a C#, anotace v Javě
  - Použití introspekce (serializace apod.)
- Statický vs. dynamický polymorfismus, generické programování, typová dedukce.
  - Výkonové důsledky různých implementací polymorfismu
  - Variadické šablony v C++
  - Parciální a explicitní specializace v C++
  - Policy class, traits
- Principy dynamických jazyků.
  - Typové mechanismy dynamických jazyků, duck-typing, prototypy
  - Imutabilní typy, boxing/unboxing
- Principy WWW, HTTP, HTTPS, URL.
- Statické webové stránky.
- Principy webových aplikací.
- Programování na straně klienta.
- API webových aplikací, bezpečnost.

## Předměty

- NPRG024 Návrhové vzory (3 kr)
- NSWI142 Programování webových aplikací (5 kr)

Podle volby programovacího jazyka

- NPRG021 Pokročilé programování v jazyce Java (5 kr), nebo
- NPRG038 Pokročilé programování v jazyce C# (5 kr), nebo
- NPRG051 Pokročilé programování v jazyce C++ (5 kr)

## 3. Softwarové inženýrství

Procesy vývoje software, analýza požadavků, testování, údržba, analýza rizik. Správa verzí. Sestavování. Měření výkonnosti. Návrh API, tříd a metod, objektový návrh. Základy bezpečnosti webových aplikací.

- Procesy vývoje software
  - základní aktivity v procesu vývoje software a jejich popis
  - plánem řízené a inkrementální procesy vývoje software (model vodopád)
  - agilní vývoj software
- Analýza požadavků
  - klasifikace požadavků na funkční, kvalitativní a doménové
  - techniky sběru uživatelských požadavků (interview, powerful questions, sketching, prototyping, event storming)
  - techniky záznamu uživatelských požadavků (nestrukturované a strukturované)
  - validace uživatelských požadavků a techniky validace požadavků (reviews, prototyping, generování test-case)
  - využití UML diagramů případů užití a UML diagramů tříd pro analýzu a záznam požadavků
- Testování
  - model procesu testování software
  - fáze testování (development, release, user testing)
  - druhy development testování (unit, module, system testing)
  - test-driven development
  - inspekce softwarového kódu
- Údržba (Software evolution)
  - druhy údržby software (repair, adapt, add/modify functionality)
  - faktory ovlivňující cenu údržby software

- Analýza rizik
  - identifikace rizik
  - hodnocení závažnosti a dopadu rizik a jejich prioritizace
- Správa verzí
  - Nástroje pro správu kódu a jejich verzí (version control tools, např. Git)
- Sestavování
  - Nástroje pro sestavování software (software building tools, např. Ant, Maven, ...)
- Měření výkonnosti
  - Nástroje pro měření výkonosti (performance analysis tools, např. GProf)
- Návrh API, tříd a metod, objektový návrh
  - dekompozice, zapouzdření, návrh struktury a rozhraní tříd
  - návrh efektivních rozhraní tříd, modulů a knihoven
- Základy bezpečnosti webových aplikací
  - SQL injection a cross-side scripting
  - HTTPS, digitální certifikáty
  - autentizace a autorizace

## Předměty

- NPRG043 Doporučené postupy v programování (5 kr)
- NSWI041 Úvod do softwarového inženýrství (5 kr)
- NSWI130 Architektury softwarových systémů (5 kr)
- NSWI154 Nástroje pro vývoj software (2 kr)

## 4. Databáze

Architektury databázových systémů. Konceptuální, logická a fyzická úroveň pohledů na data. Algoritmy návrhu schémat relací, normální formy, referenční integrita. Transakční zpracování. Přehled SQL. Základní dotazy, seskupování dat a agregace, spojování tabulek, vnořené dotazy. Uložené procedury, trigger, funkce. Moderní databázové systémy, NoSQL databáze, grafové databáze.

- Architektury databázových systémů.
  - Konceptuální, logická a fyzická úroveň pohledů na data.
  - Algoritmy návrhu schémat relací, normální formy, referenční integrita. Důvody pro normalizaci relací.
- Transakční zpracování.
  - Vlastnosti transakcí, uzamykací protokoly, zablokování.
  - Řešení problému uváznutí v databázi.
  - Izolace transakcí v SQL.
- Přehled SQL.
  - Základní SQL dotazy.
  - Seskupování dat a agregace.
  - Spojování tabulek.
  - Vnořené dotazy, operátory, testy na NULL hodnotu.
  - Uložené procedury, trigger, funkce.
- Moderní databázové systémy
  - Klasifikace, specifické vlastnosti
  - MapReduce - princip, vlastnosti, kritika, alternativní přístupy.
  - NoSQL databáze.
  - Grafové databáze.

## Předměty

- NDBI025 Databázové systémy (5 kr)
- NDBI040 Moderní databázové koncepty (5 kr)

# Systemové programování

Studenti této specializace mají ke společným tématům ještě následující témata specializace.

## 1. Architektura počítačů

Výkonnost počítače a procesoru, metriky a omezení. Zpracování instrukcí procesorem, paralelismus, predikce a spekulace. Architektura paměťového subsystému, architektura cache. Multi-core a multi-socket systémy, koherence cache.

- Výkonnost počítače a procesoru, metriky a omezení
  - Vyjádřit a na příkladech demonstrovat vztah mezi dobou běhu programu a metrikami na úrovni architektury (CPI, IPC)
  - Popsat vliv instrukčního mixu na hodnoty metrik CPI a IPC, identifikovat typické hodnoty CPI a IPC
  - Formulovat Amdahlův zákon a použít ho pro odhad limitů zrychlení díky paralelismu
- Zpracování instrukcí procesorem, paralelismus, predikce a spekulace
  - Na diagramu datové cesty procesoru vysvětlit postup zpracování základních instrukcí (add, load, store, branch)
  - Popsat kroky vykonané procesorem pro obsluhu přerušení a obsluhu výjimek
  - Na příkladu kódu popsat zřetěžené zpracování (pipelining), identifikovat datové závislosti a popsat jejich řešení, odhadnout zrychlení
  - Popsat zřetěžené zpracování (pipelining) za přítomnosti (také podmíněných a nepřímých) skoků, popsat a na příkladu identifikovat rozhodnutí základních prediktorů (saturating counter), popsat spekulativní vykonávání kódu a jeho vliv na výkon
  - Popsat rozdíl mezi hardware cores a hardware threads a jeho vliv na výkon
- Architektura paměťového subsystému, architektura cache
  - Použít metriky hit či miss ratio a access latency pro odhad rychlosti přístupu do paměti
  - Pro zadanou architekturu (přímo mapovaná, množinově či plně asociativní) a relevantní parametry (velikost, stupeň asociativity, victim replacement policy) cache a zadanou sekvenci přístupů do paměti určit chování cache (hit/miss, 3C model, obsazení konkrétních cache lines)
  - Diskutovat roli vrstev ve víceúrovňové architektuře cache a identifikovat obvyklé parametry vrstev
- Multi-core a multi-socket systémy, koherence cache
  - Na diagramu identifikovat UMA a NUMA architektury
  - Popsat záruky poskytované mechanismy cache coherence při přístupu do paměti
  - Popsat a na příkladech ilustrovat fungování cache coherence protokolů (IV, MSI, MESI)
  - Popsat a na příkladech kódu ilustrovat false sharing

### Předměty

- NSWI143 Architektura počítačů (3 kr)

## 2. Operační systémy

Správa procesů a vláken, plánování, komunikace, synchronizace. Správa paměti, stránkování, správa paměti uvnitř procesů, sdílení paměti. Souborové systémy, koncepty a rozhraní, typické diskové struktury. Správa periférií, ovladače zařízení.

- Spouštění procesů, dynamicky linkované knihovny, volací konvence
  - Použít systémové API (`fork`, `exec`, `join` ...) pro spuštění a (počkání na) ukončení procesu
  - Použít pthread API (`pthread_create`, `pthread_join` ...) pro spuštění a (počkání na) ukončení vlákna
  - Identifikovat statické a dynamické linkování, použít obvyklé nástroje pro vytvoření staticky a dynamicky linkovaného programu
  - Použít obvyklé nástroje pro identifikaci linkovaných symbolů, identifikovat externí a exportované symboly

- Porovnat použití a režii statického a dynamického linkování
- Identifikovat na ukázkách kódu pozičně závislý a pozičně nezávislý program, použít překladač pro vytvoření takového programu
- Identifikovat a vysvětlit použití absolutních adres pro adresaci proměnných na ukázkách kódu
- Identifikovat a vysvětlit použití relativních adres pro adresaci proměnných na ukázkách kódu
- Porovnat použití a režii absolutní a relativní adresace
- Popsat obvyklé umístění argumentů, proměnných a dalších informací na zásobníku programů
- Popsat obvyklé použití registrů procesoru uvnitř funkcí a při volání funkcí
- Paralelismus a synchronizace na multiprocsorech
  - Popsat a sestavit příklad race condition nad sdíleným čítačem s použitím interleaving sémantiky běhu programu
  - Popsat a sestavit příklad race condition nad sdíleným seznamem s použitím interleaving sémantiky běhu programu
  - Popsat sémantiku prostředků pro implementaci synchronizace na multiprocsorech (IPI, T&S, CAS, LL/SC)
  - Implementovat spin lock s použitím zadaného prostředku (T&S, CAS, LL/SC)
  - Implementovat blokuující zámek s použitím rozhraní futex
- Rozhraní pro synchronizaci
  - Popsat sémantiku atomických typů, bariér, zámků, semaforů, condition variables jako nástrojů pro synchronizaci
  - Použít zadaný nástroj (atomické typy, bariéry, zámků, semafore, condition variables) pro odstranění race condition v ukázkách kódu
  - Použít zadaný nástroj (atomické typy, bariéry, zámků, semafore, condition variables) pro implementaci problému producent-konzument
- Správa paměti na multiprocsorech, alokátoři, garbage collection
  - Na zadaném příkladu datových struktur heap alokátoru popsat jeho funkci a odhadnout prostorovou a časovou režii
  - Na zadaném příkladu obsahu heapu demonstrovat algoritmy mark and sweep a copying garbage collection
  - Ovládat související terminologii (heap, mutator, collector, reachability, garbage)
- Rozhraní pro práci se soubory, paměťově mapované soubory
  - Použít systémové API (open, seek, read, write, close, readv, writev, mmap) pro práci se soubory
  - Popsat interakci systému souborů a správy paměti při přístupu k souborům pomocí mapování (mmap)
- Interní struktura základních systémů souborů
  - Vyjmenovat obvyklá metadata asociovaná se souborem
  - Na zadaném příkladu datových struktur systému souborů (FAT, inode, extent, dentry, bitmap) popsat realizaci operací se souborem (open, read, write)
- Princip komunikace mezi perifériemi a operačním systémem
  - Popsat a na příkladech kódu identifikovat jednotlivé kroky obsluhy žádosti o přerušení od zařízení
  - Popsat omezení nástrojů pro synchronizaci uvnitř kódu obsluhujícího žádosti o přerušení
  - Popsat jednotlivé kroky přenosu dat mezi zařízení a pamětí při použití DMA

## Předměty

- NSWI004 Operační systémy (4 kr)

## 3. Počítačové sítě

Linková vrstva, adresace v Ethernetu, VLAN. Síťová vrstva, adresace v IPv4 a IPv6, statické směrování, NAT, IP tunely, VPN. Transportní vrstva, adresace v TCP a UDP, spolehlivost, řízení toku. Aplikační rozhraní a abstrakce pro síťovou komunikaci. Zabezpečení komunikace, autentizace, šifrování.

- Linková vrstva, adresace v Ethernetu
  - Vysvětlit základní vlastnosti a úkoly vrstvy síťového rozhraní
  - Vyjmenovat/identifikovat nejdůležitější položky ethernetové rámce, vysvětlit pojem MAC adresy a její význam
  - Propojovací zařízení na úrovni linkové vrstvy, přepínače (switch)
    - Popsat princip činnosti linkového rozhraní (přijímání, zpracování a odesílání rámců)
    - Popsat principy základní optimalizace síťového toku (filtrování, cílený forwarding, metoda zpětného učení)

- Síťová vrstva, adresace v IPv4 a IPv6, statické směrování, NAT
  - Vysvětlit základní vlastnosti a úkoly síťové vrstvy a její návaznost na vrstvy síťového rozhraní (hop-to-hop komunikace, přímé vs. nepřímé doručování)
  - Vymezení problému směrování (routing) a předávání (forwarding), směrovací tabulky
    - Vysvětlit na příkladu strukturu záznamů ve směrovacích tabulkách a význam jednotlivých položek
    - Na zadaném příkladu sítě (topologie, adresy, obsahy tabulek) popsat postup zpracování (doručení) konkrétního IP datagramu
  - IP adresy (v4 i v6)
    - Vysvětlit pojem IP adresa a síťová maska a jejich význam pro síťovou vrstvu (doručování datagramů)
    - Popsat způsob přidělování IP adres a speciální prostory adres (privátní adresy, multicast)
    - Popsat na konkrétním problému možnou aplikaci NA(P)T překladu a vysvětlit jeho užitečnost vs. nevýhody
    - Na příkladu dané sítě s použitím NA(P)T vysvětlit průchod datového paketu z vnitřní sítě do vnější a naopak
  - Protokol IPv4, základní vlastnosti, struktura IPv4 datagramu
    - Na příkladu identifikovat hlavní položky hlavičky (verze, Time to Live, protokol, kontrolní součet, adresy)
    - Na daném příkladu hlaviček datagramu (a konfigurace routeru) vysvětlit, jak bude datagram zpracován
      - Včetně atypických situací jako je např. zahození datagramu
    - Vysvětlit základní princip fungování nástroje TraceRoute
    - Popsat princip IPv4 fragmentace (s návazností na hlavičky IP datagramu) a navrhnout alespoň jeden postup, jak se fragmentaci vyhnout
  - Protokol ICMPv4, jeho účel a použití, základní typy zpráv, fungování nástroje Ping
  - Popsat protokol ARP a jeho význam pro interakci mezi síťovou a linkovou vrstvou
  - Popsat protokol DHCP (jak probíhá přidělování adres)
- Transportní vrstva, adresace v TCP a UDP, spolehlivost, řízení toku
  - Vysvětlit základní vlastnosti a úkoly transportní vrstvy a nejdůležitější protokoly a koncepty (TCP, UDP, porty)
  - Vysvětlit způsoby alokace portů, uvést příklady dobře známých portů
  - Na příkladu identifikovat a vysvětlit nejdůležitější položky UDP packetu a jejich souvislost s IP protokolem
  - Na příkladu identifikovat a vysvětlit nejdůležitější položky TCP packetu, vysvětlit souvislost tohoto packetu s přenášeným proudem dat
  - Popsat algoritmy navazování a ukončení spojení v TCP (Three-Way Handshake)
  - Popsat princip řízení toku v TCP (a jeho vliv na předcházení zahlcení), uvést konkrétní příklad jak může dojít k zahlcení a jak se s tím TCP vypořádá
  - Vysvětlit, jak ovlivňuje dynamický překlad adres (NAPT) obsah hlaviček TCP a UDP paketů
- Aplikační rozhraní a abstrakce pro síťovou komunikaci
  - Napsat pseudo-kód části síťové aplikace (klient nebo server) řešící zadaný problém s použitím socket API (např. statický web server)
  - Na příkladu vysvětlit jednotlivé části URI/URL a jejich význam
  - Popsat princip fungování systému DNS a DNS protokolu (základní typy a význam záznamů, zóny, DNS servery, vyřizování DNS dotazů, bezpečnostní rizika)
  - Popsat jednotlivé (síťové) kroky, které musí dobře znát síťová aplikace (prohlížeč, mailový klient, ...) provést, když vykonává svou činnost (zobrazuje stránku, odesílá mail, ...)
    - Např. 1) Přeloží se doména X na IP, 2) otevře se TCP spojení na adresu a port A:B, 3) odešlou se hlavičky HTTP protokolu s tímto obsahem, ...
- Zabezpečení komunikace, autentizace, šifrování
  - Popsat jednoduché metody detekce poškozených bloků (kontrola parity, kontrolní součty) s uvedením konkrétních příkladů na různých vrstvách
  - Popsat principy a typy firewallů (co řeší a jak se konfiguruje)
  - Na konkrétním příkladu problému (a konfigurace sítě) doporučit vhodné zabezpečení (nastavení firewallů, demilitarizovaná zóna, aplikační brány)
  - Popsat základní principy symetrického a asymetrického šifrování, význam použití certifikátů, zabezpečení síťové komunikace SSL/TLS

## Předměty

- NSWI090 Počítačové sítě (1/3 ze 3 kr)
- NSWI141 Úvod do počítačových sítí (1/3 ze 3 kr)

## 4. Překladače a programovací jazyky

Architektura překladače, AOT a JIT překlad. Vnitřní reprezentace programu. Optimalizace programu překladačem. Generování kódu pro cílový procesor.

- Lexikální analýza
  - Použit regulární výraz pro definici lexikálního elementu
  - Použit stavu lexikálního analyzátoru (např. flex) pro definici složitějších lexikálních elementů (např. řetězec s escape-sekvencemi)
- Syntaktická analýza
  - Transformovat opakování a alternativy (např. v syntaktických diagramech) na bezkontextovou gramatiku
  - Zapsat gramatikou typické konstrukce programovacích jazyků
  - Odstranit nejednoznačnosti v gramatice (např. if-then-else)
  - Odstranit LL(1) konflikty v gramatice (např. levá rekurze)
- Sémantická analýza
  - Definovat pomocí atributů propojení lexikální a syntaktické analýzy
  - Použit syntetizované atributy (např. bison) pro předání mezivýsledků (např. při vyhodnocování výrazu)
  - Použit atributovou gramatiku (včetně dědičných atributů) pro řešení složitějších konstrukcí
- Mezikód
  - Zkonstruovat control-flow graf pro danou proceduru (zadanou v C#/C++/Java)
  - Přepsat úsek zdrojového kódu (v C#/C++/Java) do zvoleného mezikódu

## Předměty

- NSWI098 Principy překladačů (1/2 ze 6 kr)

Správa paměti v běhových prostředích, životní cyklus objektů. Polymorfismus, generické programování, typová inference. Významné prvky standardních knihoven a jejich aplikace.

- Java
  - Životní cyklus objektů
    - Identifikovat na ukázkách kódu primitivní hodnoty a objekty a vysvětlit rozdíly mezi nimi
    - Popsat a na příkladech kódu ilustrovat postup vytváření a likvidace objektů
    - Popsat a na příkladech kódu či grafu objektů s referencemi ilustrovat fungování tracing garbage collectoru
    - Popsat a na příkladech kódu či grafu objektů s referencemi ilustrovat fungování distribuovaného garbage collectoru používaného RMI (počítání existujících referencí, udržování živých referencí)
    - Popsat a na příkladech kódu ilustrovat načítání bytecode a vytváření a používání objektů pomocí reflexe
    - Odhadnout hrubou funkci jednoduchých fragmentů bytecode (argumenty a proměnné, string table, význam běžných instrukcí)
  - Polymorfismus, generické programování, typová inference
    - Generické typy, typová variance a omezení, wildcards
      - Na příkladech kódu vysvětlit implementaci generických typů (erasure)
      - Na příkladech kódu vysvětlit fungování a využití kovariantních a kontravariantních změn typových parametrů
    - Modulární kód
      - Vysvětlit důvody zavedení modulů a základní vlastnosti modulů (poskytované a požadované služby)
  - Významné prvky standardních knihoven a jejich aplikace
    - Abstrakce pro práci s kolekcemi
      - Použit kolekce a datové streamy ze standardní knihovny
      - Vysvětlit postup vyhodnocování datových streamu (lazy evaluation)

- Abstrakce pro paralelní zpracování úloh
  - Vysvětlit a porovnat použití vláken a exekutorů
  - Na zadaném příkladu kódu vysvětlit použití fork/join pool
  - Na zadaném příkladu kódu vysvětlit fungování futures
- C++
  - Copy/move semantika, Rule-of-Five.
    - Definovat třídu s explicitní implementací copy/move metod, konstruktorů a destruktorů
  - Ukazatele
    - Použít správné druhy ukazatelů pro daný model sdílení objektu
  - Funkcionální prvky
    - Používat konstrukce lambda i explicitní funktoxy
  - Šablony, metaprogramování
    - Aplikovat perfect-forwarding a variadické šablony
    - Použít fold-expressions k iteraci přes typově různé elementy (např. `std::tuple`)
    - Použít parciální specializace pro definici vlastností typů (type traits)
  - Paralelní programování
    - Použít atomické typy a operace pro implementaci jednoduchých lock-free datových struktur (např. čítač nebo seznam)
    - Použít synchronizační primitiva standardu C++ pro řešení běžných synchronizačních úloh

Pro detailnější informace o tomto tématu pro další jazyky kontaktujte garanta specializace.

### Předměty

Podle volby povinně volitelných předmětů

- NPRG051 Pokročilé programování v jazyce C++ (1/2 z 5 kr), nebo
- NPRG038 Pokročilé programování v jazyce C# (1/2 z 5 kr), nebo
- NPRG021 Pokročilé programování v jazyce Java (1/2 z 5 kr)

## 5. Návrh a tvorba software

Principy objektového návrhu. Návrh API, tříd a metod. Návrhové vzory.

- Principy objektového návrhu
  - Abstrakce, zapouzdření, SOLID principy a jejich aplikace, dekompozice
  - Předpokládá se schopnost identifikovat porušení principů v návrhu a navrhnout změny vedoucí k nápravě
- Návrh API, tříd a metod
  - Rozhraní aplikací (API) a poskytovatelů služeb (SPI), evoluce rozhraní
  - Návrh tříd, dědičnost a kompozice, immutability
  - Návrh metod, zohlednění účelu/zodpovědnosti, funkční dekompozice
  - Testovatelnost tříd a metod, návrh pro testovatelnost
- Návrhové vzory
  - Identifikace principů objektového návrhu v návrhových vzorech
  - Struktura, záměr (intent) a aplikace základních návrhových vzorů

### Předměty

Podle volby povinně volitelných předmětů

- NPRG043 Doporučené postupy v programování (1/2 z 5 kr)

Paralelní programování, paměťový model. Atomické operace a neblokující datové struktury.

Pro detailnější informace o tomto tématu kontaktujte garanta specializace.

### Předměty

- NPRG042 Programování v paralelním prostředí (1/3 ze 6 kr)



- Správa verzí
  - Popsat účel a použití systémů pro správu verzí při vývoji rozsáhlého software a práci v týmech (typicky nabízené funkce těchto systémů a jejich použití pro řešení běžných situací)
  - Popsat běžné způsoby integrace verzovacích systémů s nástroji pro správu projektů
  - Vysvětlit hlavní koncepty (lokální a vzdálené repozitáře, pracovní kopie (working copy), commit, větve)
  - Popsat a použít operace `clone`, `pull`, `push`, `add`, `diff`, `commit`, `branch`, `merge`, `log`, `blame` nástroje `git`
  - Popsat koncept feature branch v kontextu procesu vývoje a udržování software
  - Vysvětlit konflikty mezi verzemi, důvody vzniku a způsoby řešení
- Systémy pro sestavování software
  - Popsat hlavní účel a typicky nabízené funkce
  - Vysvětlit hlavní koncepty (cíl, závislosti, akce)
- Nástroje pro testování software
  - Popsat hlavní koncepty (test, pokrytí, jednotkové testování, integrační testování, systémové testování, black box, white box)
  - Popsat a na ukázkách kódu identifikovat typickou strukturu testu (set up, tear down, execute and validate)
  - Vysvětlit omezení běžných testovacích postupů a základní možnosti řešení
  - Popsat způsoby automatizace testování

## Předměty

- NSWI154 Nástroje pro vývoj software (1/4 ze 2 kr), nebo
- NSWI177 Úvod do Linuxu (1/5 ze 3 kr)

Potřebné znalosti a dovednosti jsou rozvíjeny také v rámci předmětů věnovaných programovacím jazykům a dalších předmětů, u kterých je tvorba software důležitým aspektem hodnocení.

# Umělá inteligence

Studenti této specializace si při přihlášení ke státní zkoušce vyberou ke společným tématům ještě zaměření Robotika, Strojové učení nebo Zpracování přirozeného jazyka. Téma 1 je společné všem zaměřením, téma 2 je určené pro zaměření Robotika, téma 3 pro zaměření Strojové učení, téma 4 pro zaměření Zpracování přirozeného jazyka.

## 1. Základy umělé inteligence

Řešení úloh prohledávání (algoritmus A\*); splňování podmínek. Logické uvažování (dopředné a zpětné řetězení, rezoluce, SAT); pravděpodobnostní uvažování (Bayesovské sítě); reprezentace znalostí (situační kalkulus, Markovské modely). Automatické plánování; Markovské rozhodovací procesy. Hry a teorie her. Strojové učení (rozhodovací stromy, regrese, zpětnovazební učení).

- Řešení úloh prohledáváním
  - formulace úlohy
  - stromové vs. grafové prohledávání
  - neinformované prohledávání (DFS, BFS, uniform-cost search)
  - informované prohledávání (algoritmus A\*, přípustné a konzistentní heuristiky)
- Splňování omezujících podmínek
  - problém splňování podmínek
  - hranová konzistence (algoritmus AC-3)
  - algoritmus hledání řešení (MAC)
- Logické uvažování
  - základy výrokové logiky (konjunktivní a disjunktivní normální forma)
  - algoritmus DPLL
  - dopředné a zpětné řetězení (Hornovské klauzule)
  - rezoluce
- Pravděpodobnostní uvažování
  - základy teorie pravděpodobnosti (úplná sdružená distribuce, nezávislost, Bayesovo pravidlo)
  - pravděpodobnostní uvažování (vysčítání, normalizace)
  - Bayesovské sítě
    - konstrukce a vztah k úplné sdružené distribuci
    - exaktní odvozování (enumerace, eliminace proměnných)
    - aproximační odvozování (Monte Carlo, zamítání, vážení věrohodností)
- Reprezentace znalostí
  - situační kalkulus, problém rámce
  - Markovské modely
    - filtrace, predikce, vyhlazování, nejpravděpodobnější průchod
    - skryté Markovské modely (HMM) vs. dynamické Bayesovské sítě
- Automatické plánování
  - formulace plánovacího problému (definice operátoru)
  - dopředné a zpětné plánování
- Markovské rozhodovací procesy (MDP)
  - formulace problému (výpočet užitku, strategie)
  - Bellmanova rovnice
  - iterace hodnot, iterace strategií
  - POMDP (základní definice)
- Hry a teorie her
  - algoritmy Minimax a alfa-beta prořezávání
  - základy teorie her (věžňovo dilema, Nashovo ekvilibrium)
  - mechanism design (typy aukcí)
- Strojové učení
  - základní druhy učení (s učitelem, bez učitele, zpětnovazební)
  - rozhodovací stromy (definice, konstrukce)
  - regrese, SVM (základní principy)

- Bayesovské učení, EM algoritmus
- zpětnovazební učení
  - pasivní učení (definice, metody ADP a TD)
  - aktivní učení (definice, explorace vs. exploitace, Q-učení, SARSA)

## Předměty

- NAIL120 Úvod do umělé inteligence (5 kr)

## 2. Robotika

Kinematika: pohyb a transformace, řešení základních úloh. Řídicí systémy: architektury, implementace, specifická běhová prostředí. Pohyb, sensorika: způsob pohybu, základní typy aktuátorů a senzorů, zpětnovazební řízení, zpracování vstupních dat. Lokalizace a mapování: způsoby určování polohy, typy map, volba použití v modelových situacích, simultánní lokalizace a mapování. Zpracování obrazu a počítačové vidění: vyhledávání a sledování objektů.

- Kinematika
  - pohyb a transformace
    - 2D, 3D translace, rotace a obecné transformace
    - Kartézské a polární souřadnice
    - Homogenní transformace
  - řešení základních úloh
    - jednoduché transformace
    - skládání transformací
    - Denavit-Hartenberg systém
- Řídicí systémy
  - architektury a jejich hierarchie
    - reaktivní, deliberative, subsumption, behaviorální architektury, třívrstevný systém
  - implementace
    - monolytický systém
    - stavové automaty
    - middleware
  - specifická běhová prostředí
    - nízko- a vysokoúrovňové systémy
    - programování pro prostředí s omezenými prostředky
- Pohyb, sensorika
  - způsob pohybu
    - pozemní kolové a pásové systémy a jejich řízení (diferenciální, Ackermannovo, varianty všeměrových systémů)
    - létající systémy
  - základní typy aktuátorů a senzorů
    - elektrické motory
    - kontaktní a bezkontaktní senzory
  - zpětnovazební řízení, PID
  - zpracování vstupních dat, filtrace.
- Lokalizace a mapování
  - způsoby určování polohy
    - absolutní a relativní
    - pasivní a aktivní
    - odometrie, triangulate a trilaterace, satelitní systémy
    - pravděpodobnostní přístup
  - typy map
    - metrické, geometrické, topologické, mřížka obsazenosti
    - úrovně abstrakce
  - volba použití v modelových situacích
  - simultánní lokalizace a mapování
- Zpracování obrazu a počítačové vidění
  - segmentace obrazu
  - vyhledávání a sledování objektů

## Předměty

- NAIL028 Úvod do robotiky (5 kr)
- NPGR036 Počítačové vidění (5 kr)
- NPRG037 Programování mikrokontrolerů (5 kr)

## 3. Strojové učení

Učení s učitelem: klasifikace a regrese, míry chyby, ohodnocení modelu (testovací data, křížová validace, maximální věrohodnost), přeučení a regularizace, prokletí dimenzionality. Učení založené na příkladech, lineární a logistická regrese, rozhodovací stromy, prořezávání, kombinace více modelů (bagging, boosting, náhodný les), metoda podpůrných vektorů. Statistické testy t-test, chí-kvadrát. Učení bez učitele, shlukování.

- Učení s učitelem
  - klasifikace, regrese (základní typy úloh)
  - standardní evaluační metriky
  - ohodnocení modelu (testovací data, křížová validace, maximální věrohodnost)
  - přeučení a regularizace (generalizační chyba, včasné zastavení trénování, L2 a L1 regularizace)
  - prokletí dimenzionality
- Učení založené na příkladech
  - algoritmus k-nejbližších sousedů
- Lineární regrese
  - analytické řešení metodou nejmenších čtverců
  - trénování pomocí stochastic gradient descent
- Logistická regrese
  - binární klasifikace (sigmoid, metody trénování)
  - klasifikace do více tříd (softmax, metody trénování)
- Rozhodovací stromy
  - algoritmus učení a kritéria větvení
  - prořezávání
- Metoda podpůrných vektorů
  - klasifikátor pro lineárně separabilní třídy
  - klasifikátor pro lineárně neseperabilní třídy
  - jádrové funkce
  - klasifikace do více tříd
- Kombinace více modelů
  - bagging a boosting
  - metoda náhodných lesů
- Statistické testy
  - studentův t-test (jednovýběrový a dvouvýběrový)
  - chí-kvadrát test (test dobré shody)
- Učení bez učitele
  - shlukování (algoritmus k-means)
  - hierarchické shlukování
  - redukce dimenzionality (analýza hlavních komponent)

## Předměty

- NAIL121 Seminář dobývání znalostí (4 kr)
- NPFL054 Úvod do strojového učení v systému R (5 kr)
- NPFL129 Úvod do strojového učení v Pythonu (5 kr)
- NPGR035 Strojové učení v počítačovém vidění (5 kr)

## 4. Zpracování přirozeného jazyka

Roviny popisu jazyka, morfologická a syntaktická analýza. Základy teorie pravděpodobnosti a teorie informace. Statistické metody zpracování přirozeného jazyka, jazykové modely. Strojové učení, klasifikace, regrese. Odhad generalizační chyby, přetrénování, regularizace. Vektorové reprezentace slov, základy hlubokého strojového učení. Aplikace zpracování přirozeného jazyka, příklady evaluačních měř.

- Roviny popisu jazyka, morfologická a syntaktická analýza
  - soustava rovin popisu jazyka, vztahy mezi rovinami
  - morfologická analýza, lemmatizace, slovní druhy a další morfologické kategorie, sady morfologických značek, příklady algoritmů pro statistický tagging
  - formální popis syntaxe přirozených jazyků, složkový a závislostní přístup
  - syntaktická analýza, příklady algoritmů pro statistický parsing
- Základy teorie pravděpodobnosti a teorie informace
  - definice pravděpodobnosti, základní vlastnosti
  - statistická nezávislost
  - Bayesova věta
  - entropie
  - vzájemná informace
  - Kullbackova–Leiblerova divergence
- Statistické metody zpracování přirozeného jazyka, jazykové modely
  - n-gramový jazykový model
  - odhad jazykového modelu metodou maximální věrohodnosti
  - vyhlazování jazykového modelu, využití, příklady metod
- Strojové učení, klasifikace, regrese
  - řízené a neřízené strojové učení
  - konstrukce ztrátových funkcí pomocí metody maximální věrohodnosti (NLL, MSE)
  - úloha klasifikace, klasifikační algoritmy (rozhodovací stromy, logistická regrese, metoda podpůrných vektorů - SVM, perceptron, vícevrstevný perceptron - MLP)
  - příklady využití klasifikace ve zpracování přirozeného jazyka
  - úloha regrese, regresní algoritmy (rozhodovací stromy, lineární regrese)
  - kombinace více modelů (voting, ensembling, boosting)
  - shluková analýza (k-means)
- Odhad generalizační chyby, přetrénování, regularizace
  - vyhodnocení úspěšnosti v klasifikačních a regresních úlohách
  - problém přetrénování, možné příčiny, možná řešení
  - příklady regularizace v lineární a logistické regresi, regularizační členy L1 a L2
- Vektorové reprezentace slov, základy hlubokého strojového učení
  - základní techniky pro trénování word embeddings (skipgram, CBOW)
  - perceptron, vícevrstevný perceptron (aktivační funkce skrytých a výstupních vrstev), stochastické gradientní klesání
  - Universal approximation theorem
  - konvoluční sítě a základní architektury pro jejich využití ve zpracování přirozeného jazyka
  - rekurentní sítě a základní architektury pro jejich využití ve zpracování přirozeného jazyka
- Aplikace zpracování přirozeného jazyka, příklady evaluačních měř
  - získávání informací, invertovaný index, model bag-of-words, TF-IDF,
  - statistický strojový překlad (phrase-based)
  - neuronový strojový překlad
  - využití precision, recall a f-score ve zpracování přirozeného jazyka
  - příklady aplikačně specifických evaluačních měř (BLEU, UAS apod.)
  - křížová evaluace

### Předměty

- NPFL012 Úvod do počítačové lingvistiky (3 kr)
- NPFL054 Úvod do strojového učení v systému R (5 kr)
- NPFL124 Zpracování přirozeného jazyka (4 kr)
- NPFL129 Úvod do strojového učení v Pythonu (5 kr)