

**Zadání semestrální práce z předmětu
Evoluční optimalizační algoritmy
a nabídka témat.**

Zadání a podmínky vypracování SP

- **Zadání**

- I. Implementace lokálního prohledávacího algoritmu
- II. Implementace jednoduchého evolučního algoritmu
- III. Implementace specializovaného EA nebo memetického algoritmu

- **Důležité body návrhu optimalizačních algoritmů**

- o Reprezentace řešení
- o Variační operátory u lokálního prohledávání
- o Operátory křížení a mutace u EA
- o Ohodnocovací funkce

- **Zpracování**

- o Fungující program
- o Závěrečná zpráva
- o Prezentace

Vše musí být odevzdáno ve stanovených termínech!

Pozdní odevzdání bude penalizováno 4 bodovou srážkou za každý započatý týden.

Zpracování SP

- Fungující program
 - Fungující kód pro všechny řešené úlohy.
 - GUI není vyžadováno (ale může být oceněno bonusovými body).
- Závěrečná zpráva
 - musí obsahovat tabulky a grafy se statistickým zhodnocením provedených experimentů na **zadaných testovacích datech**;
 - musí obsahovat **grafy s průběhem mediánu nejlepší fitness v závislosti na počtu ohodnocení**;
 - musí obsahovat grafy s průběhem **mediánu nejlepší hodnoty jednotné ohodnocovací funkce v závislosti na počtu ohodnocení**.
- Prezentace
 - **Společná část** - skupina studentů, řešící stejnou úlohu, vypracuje společně úvodní slajdy představující úlohu a závěrečné slajdy s prezentací výsledků a vzájemným porovnáním přístupů jednotlivých studentů.
 - **Individuální část** – slajdy stručně a srozumitelně popisující zvolenou reprezentaci, operátory a ohodnocovací funkci.

1. Japanese puzzle - nonogram

- **Popis problému:** Nonogram se skládá se ze tří částí:
 - o mřížka obdélníkového tvaru $M \times N$, do které se má vyplnit obrázek z plných a prázdných políček,
 - o dvě legendy (levá a horní). Každému řádku obrázku odpovídá řádek levé legendy, sloupci obrázku odpovídá sloupec horní legendy.

V řádcích/sloupcích legend jsou uvedeny seznamy celých čísel. Každé číslo odpovídá souvislému bloku plných políček dané délky. Pořadí čísel v legendě určuje pořadí bloků v obrázku.

Mezi dvěma sousedními bloky v obrázku musí být alespoň jedno prázdné políčko. Na začátku a na konci každého řádku a sloupce se může, ale nemusí, vyskytovat libovolný počet prázdných políček.

Cílem je vyplnit mřížku plnými políčky tak, aby výsledný obrázek přesně odpovídal všem řádkům a sloupcům legendy.

	3	2	4	2	2
1, 1					
3					
3					
3					
2					

1. Japanese puzzle - nonogram

- Popis úlohy: Je dána mřížka $M \times N$ a u každého řádku a sloupce jsou posloupnosti čísel. Ty udávají jak velké souvislé bloky plných políček a v jakém pořadí se v daném sloupci/řádku očekávají.
Cílem je nalézt konkrétní vyplnění plných políček v mřížce tak, aby všechna omezení byla splněna.
Proč na to programovat evoluční algoritmus?

		3	2	4	2	2
1, 1	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■

1. Japanese puzzle - nonogram

- **Reprezentace:**

- Binární vektor nebo binární matice $\{0, 1\}^{M+N}$
- Sloupcové nebo řádkové bloky.

- **Jednotná ohodnocovací funkce:** Považujme řádkové a sloupcové komponenty legendy za řetězce celých čísel. Stejně tak reprezentace aktuálního stavu řádku a sloupce považujeme za řetězce celých čísel. Potom míru shody mezi legendou a daným stavem na řádku/sloupci spočítáme jako podobnost dvou řetězců podle **Needleman-Wunchova algoritmu**.

Výsledná hodnota shody legendy a konkrétního řádku/sloupce matice je součtem rozdílů hodnot přes všechny dvojice čísel na souhlasných pozicích a penalizací za vložené mezery.

Celková kvalita řešení se počítá jako součet příspěvků spočítaných přes všechny řádky a sloupce matice.

	3	2	4	2	2
1, 1	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■

1. Japanese puzzle - nonogram

- **Příklad** výpočtu (ne)shody

legendy (řetězec X): 1 7 3 4 2

a

řádku matice (řetězec Y): 8 2 2

pomocí Needleman-Wunchova algoritmu.

Výpočet spočívá ve vyplnění tabulky shody H, viz obrázek, kde sloupce reprezentují znaky řetězce X a řádky odpovídají znakům řetězce Y. Začíná se z levého

horního políčka, které má hodnotu 0 a vyplňování pokračuje po sloupcích zleva doprava a ve sloupci shora dolů. Hodnota v pravém dolním políčku udává výslednou hodnotu neshody řetězců X a Y.

Parametry Needleman-Wunchova algoritmu jsou:

- o **penalizace za mezeru:** $-K$, kde K je hodnota znaku, který je na stejné pozici s mezerou. Konkrétně, pokud uvažujeme přechod $H(i-1, j) \rightarrow H(i, j)$, tedy přechod dolů, tak za tuto vloženou mezeru je penalta rovna záporné hodnotě znaku na řádku i . Pokud uvažujeme přechod $H(i, j-1) \rightarrow H(i, j)$, tedy přechod doprava, tak za takto vloženou mezeru je penalizace rovna záporné hodnotě znaku ve sloupci j .
- o **Ohodnocení (ne)shody stejnohlých znaků:** $-|X_j - Y_i|$, kde X_j a Y_i jsou čísla na stejnohlých pozicích.

H:

		řetězec X					
		1	7	3	4	2	
		0	-1	-8	-11	-15	-17
řetězec Y	8	-8	↓	↘	↓	↘	↓
	2	-10	↓	↘	↓	↘	↓
	2	-12	↓	↘	↓	↘	↓

1. Japanese puzzle - nonogram

- **Příklad** výpočtu shody

legenda (řetězec X): 1 7 3 4 2

a

řádku matice (řetězec Y): 8 2 2

pomocí Needleman-Wunchova algoritmu.

Postup: Vyplň tabulku tak, že hodnota každého políčka se získá podle následujícího pravidla

$$H(i, j) = \max(H(i-1, j) - K_i, H(i, j-1) - K_j, H(i-1, j-1) + \text{neshoda}(i, j)),$$

kde K_i resp. K_j je hodnota i -tého znaku řetězce Y resp. hodnota j -tého znaku řetězce X.

$$\text{neshoda}(i, j) = -(|X_j - Y_i|).$$

Výsledná hodnota je -7. Tomu odpovídá několik řešení, například

legenda (řetězec X): 1 7 3 4 2

řádku matice (řetězec Y): - 8 - 2 2

nebo

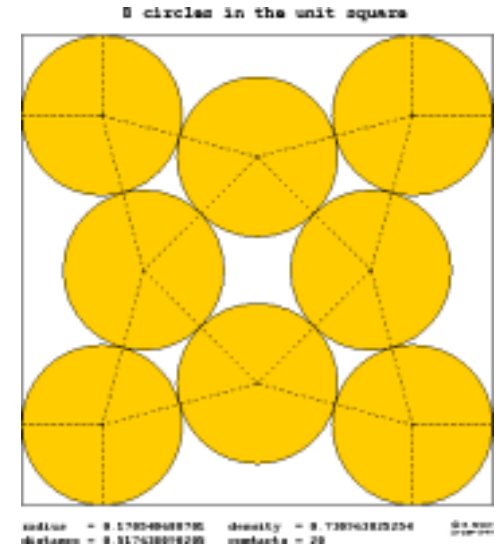
legenda (řetězec X): 1 7 3 4 2

řádku matice (řetězec Y): - 8 2 2 -

		řetězec X					
		1	7	3	4	2	
řetězec Y		0	-1	-8	-11	-15	-17
	8	-8	-7	-2	-5	-9	-11
	2	-10	-9	-4	-3	-7	-9
	2	-12	-11	-6	-5	-5	-7

2. Kruhy ve čtverci

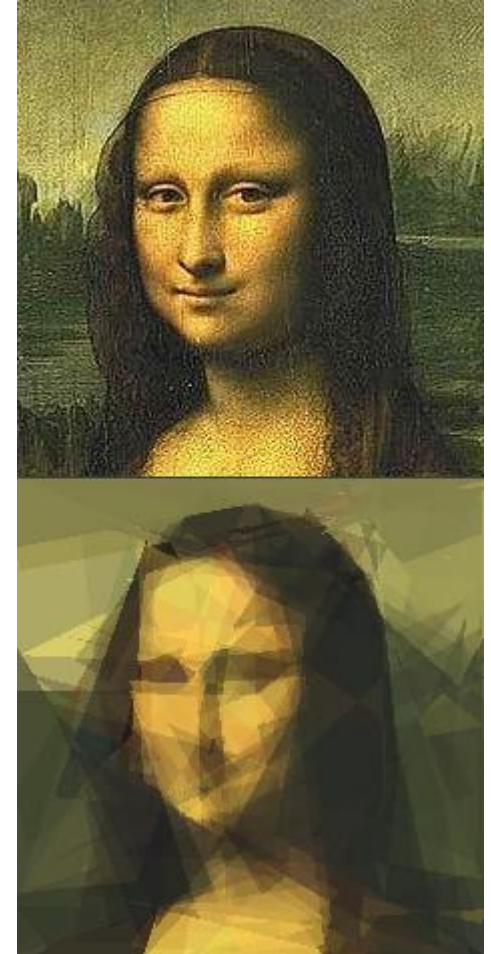
- **Popis problému:** Je dána čtvercová plocha o straně délky 1.
Cílem je umístit na tuto plochu N stejně velkých kruhů s maximálním poloměrem r tak, aby se žádné dva nepřekrývaly a žádný nevyčníval vně této plochy.
Vstup: Hodnota parametru N .
Výstup: Poloměr r a souřadnice středů kruhů.
- **Reprezentace:** Seznam souřadnic středů kruhů, tedy seznam dvojic $[x_i, y_i]$ pro $i=1\dots N$; poloměr r se z toho dopočítá.
- **Jednotná ohodnocovací funkce:** Kvalita řešení se počítá jako největší možný poloměr kruhů pro danou konfiguraci středů.
Tato funkce je maximalizována.



www.packomania.com

3. Ztrátová komprese obrázku

- **Popis úlohy:** Uvažujme obrázek v bitmapovém formátu – může být černobílý i barevný.
Cílem je pro zvolenou reprezentaci, tj. překrývající se polo- nebo neprůhledné polygony, elipsy, nebo kružnice, nalézt komprimovanou formu obrazu, která má minimální odchylku od původního obrazu.
Vstup: Počet a typ základních primitiv.
Výstup: Transformovaný obraz.
- **Jednotná ohodnocovací funkce:** Kvalita komprese se počítá jako celková odchylka přes všechny pixely a složky jasu (RGB).
- **Možné typy reprezentace**
 - Poloprůhledné n-úhelníky, kruhy nebo elipsy, které se překrývají – intenzita jasu se sčítá.
Neprůhledné kruhy nebo elipsy, které se překrývají.
 - Hladká funkce intenzity pro každou složku RGB.
Funkce $I_R(x,y)$, $I_G(x,y)$, $I_B(x,y)$.
 - Oblasti oddělené pomocí Voronoiova diagramu.



4. Warehouse Location

- **Popis problému:** Distribuční firma obsluhuje skupinu geograficky rozptýlených zákazníků z nichž každý požaduje jisté množství odebíraného zboží. Firma má k dispozici několik možných lokací pro sklady svého zboží, každý sklad má svoji kapacitu.

Cílem je přiřadit zákazníky ke skladům tak, aby bylo dosaženo maximálně efektivního obsloužení všech zákazníků.

Vstup:

- N skladů, každý sklad w má svoji kapacitu cap_w a zřizovací cenu s_w ,
- M zákazníků, každý zákazník c požaduje jiné množství zboží d_c ,
- Pro každou dvojici $\langle c, w \rangle$ je definována cena, t_{cw} , za doručení zboží ze skladu w k zákazníkovi c .

Výstup: Přiřazení zákazníků ke skladům tak, aby byla minimalizována **jednotná ohodnocovací funkce**

$$f(x) = \sum_{w \in N} \left((|a_w| > 0) s_w + \sum_{c \in a_w} t_{cw} \right)$$

za podmínek $\sum_{c \in a_w} d_c \leq cap_w$ a $\sum_{w \in N} (c \in a_w) = 1$ pro všechny $w \in N$ a $c \in M$

kde a_w je množina zákazníků přiřazených ke skladu w .

4. Warehouse Location

- **Reprezentace:**
 - pole o velikosti M , kde i -tá hodnota reprezentuje číslo skladu přiřazené i -tému zákazníkovi,
 - matice $A[M \times N]$, kde $A_{cw} \in \{0, 1\}$
 $A_{cw} = 1$, když je zákazník c přiřazen ke skladu w
 $= 0$, jinak.

5. CD kompilace

- **Popis problému:** Rocková skupina XY chce na sklonku kariéry vydat soubornou kompilaci všech svých vypalovaček. Problém je, jak skladby optimálně rozvrhnout na co nejmenší počet CD nosičů stejné kapacity C .

Cílem je vměstnat všechny skladby na co nejmenší počet disků.

Vstup: N skladeb, každá skladba má svoji délku v sekundách.

Jednotná kapacita disků C .

Výstup: Hodnota průměru kvadrátů zaplněnosti použitých disků.

- **Reprezentace:**
 - Seznam lineárních řetězců celých čísel, kde každý řetězec reprezentuje jeden disk a čísla v řetězci udávají identifikátory skladeb.
 - Dva seznamy – seznam (permutace) skladeb, seznam rozdělujících bodů (pozice v rámci seznamu skladeb, které vymezují jednotlivé disky).
[permutace skladeb][break-pointy]

6. CD kompilace

- **Jednotná ohodnocovací funkce:** Celková zaplněnost disků řešení s s M disky je

$$f(s) = \frac{\sum_{i=1}^M (z_i / C)^2}{M}$$

kde z_i je zaplněnost i -tého CD.

Tato funkce je maximalizována.

6. Hledání nejkratší společné supersekvence

- **Popis problému:** Je dána množina řetězců znaků dané abecedy. Cílem je nalézt takovou posloupnost znaků dané abecedy (supersekvenci), že všechny původní řetězce jsou v ní zcela obsaženy. Řetězec r je obsažen v supersekvenci S právě tehdy když všechny znaky řetězce r jsou přítomny v supersekvenci S a to v pořadí, v jakém se vyskytují v r .

Vstup: Abeceda A , ze které jsou tvořeny řetězce.

N řetězců (ne nutně stejné délky).

Výstup: Supersekvence S splňující výše uvedenou vlastnost.

- **Reprezentace:** Lineární řetězec znaků dané abecedy.

Př.:
 s_1 : ca ag cca cc ta cat c a
 s_2 : c gag ccat ccgtaaa g tt g
 s_3 : aga acc tgc taaatgc t a ga

Supersequence S : cagagaccatgccgtaaatgcattacga

6. Hledání nejkratší společné supersekvence

- **Jednotná ohodnocovací funkce:** Kvalita supersekvence S je počítána podle ohodnocovací funkce

$$f(S) = C(S) + L(S),$$

kde $C(S)$ je celkový počet znaků, které S pokrývá a $L(S)$ je příspěvek za délku supersekvence počítaný jako

$$L(S) = (SumL - Length(S)) / SumL.$$

$SumL$ je součet všech znaků ve vstupních řetězcích.

Tato funkce je maximalizována.

7. Sestavování žebříčku ATP

- **Popis problému:** Máme bilanci výsledků vzájemných zápasů tenistů na okruhu ATP. Data jsou uložena v matici \mathbf{B} , kde hodnotu na pozici $[i, j]$ může vyjadřovat absolutní nebo relativní bilanci mezi hráči i a j :
 - I.* $b_{ij} = n$; hráč i v sezoně n -krát zvítězil nad hráčem j
 - II.* $b_{ij} = 1$; hráč i má pozitivní bilanci s hráčem j
 $b_{ij} = 0$; hráč i má negativní bilanci s hráčem j
- **Reprezentace:** Lineární sekvence (permutace) hráčů.
- **Jednotná ohodnocovací funkce.** Kvalita daného žebříčku hráčů (permutace hráčů, π) se počítá pomocí následující funkce

$$f(\pi) = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N B_{\pi(i)\pi(j)}$$

Tato funkce je maximalizována.

8. Rozděl a panuj!

- **Popis problému:** Jste správci rozlohou velké oblasti s množstvím měst s hustou sítí silnic. Každodenní správcovské povinnosti už vás ale nebaví a chtěli byste práci delegovat na několik svých zástupců. Je proto třeba rozdělit celé panství na několik stejně velkých regionů, každý z nich bude řídit jeden zástupce. Cílem je najít rozdělení původní oblasti na maximálně autonomní regiony tj. s minimálním propojením mezi regiony.

Vstup: Graf $G(V, E)$, kde V je množina měst $\{v_1, \dots, v_M\}$ a E je množina silnic spojující města.

Výstup: Rozdělení množiny V na vzájemně disjunktní podmnožiny V_1, \dots, V_n ,

$$\text{kde } \bigcup_{i=1}^n V_i = V \text{ a } \left| |V_i| - |V_j| \right| \leq 1 \text{ pro všechny } i \neq j.$$

- **Reprezentace:** Pole velikosti M , kde i -tá pozice obsahuje číslo regionu, do kterého i -té město patří.
- **Jednotná ohodnocovací funkce:** Počet cest mezi městy z jiného regionu.

$$f(x) = \sum_{l \in V_i, k \in V_j, i \neq j} e_{lk}$$

Tato funkce je minimalizována.

9. TSP s více cestujícími

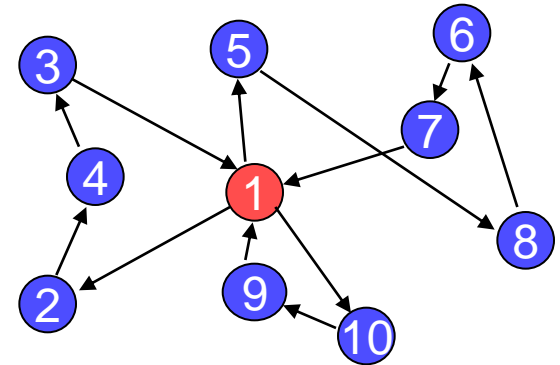
- **Popis problému:** Na vstupu je úplný neorientovaný graf o N uzlech.

Cílem je nalézt takovou množinu cest pro M cestujících, které všechny vychází z počátečního uzlu (depotu) a zase v něm končí. Všechny uzly (kromě depotu) jsou navštíveny právě jednou a délka nejdelší cesty je minimální. Žádná z cest nesmí mít nulovou délku.

- **Reprezentace:** [permutace měst][break-pointy]

příklad: [2-4-3|5-8-6-7|10-9][3,7]

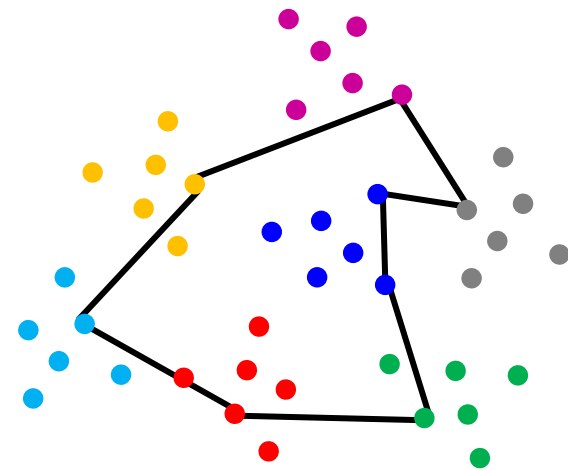
- **Jednotná ohodnocovací funkce:** Kvalita řešení je určena jako délka nejdelší cesty z M cest.



10. Zobecněný TSP

- **Popis problému:** Na vstupu je úplný neorientovaný graf o N uzlech, rozdělených do M tříd.
Cílem je nalézt uzavřenou cestu, která obsahuje právě jeden uzel z každé třídy a jejíž délka je nejkratší.
- **Reprezentace:** permutace M měst
- **Jednotná ohodnocovací funkce:** Kvalita řešení je určena jako délka cesty.

Poznámka: Každá skupina je v řešení zastoupena právě jedním uzlem; do každého uzlu vedou právě dvě hrany.



11. Návrh trasy závodu

- **Popis problému:** Na vstupu je úplný neorientovaný graf o N uzlech, rozdělených do M tříd.

Cílem je nalézt uzavřenou cestu (naplánovat okruh závodu), jejíž délka se co možná nejvíce blíží požadované délce D (v ideálním případě má přesně délku D).

V cestě musí být alespoň jeden uzel (checkpoint) z každé skupiny. Cesta může pouze jednou “vstoupit na” a “vystoupit z” území dané skupiny. Tedy po opuštění území dané skupiny uzlů se již do něj nesmí vrátit. .

- **Reprezentace:** permutace M uzlů
- **Jednotná ohodnocovací funkce:** Kvalita řešení je určena jako absolutní hodnota rozdílu skutečné délky cesty, C , a požadované délky D .

