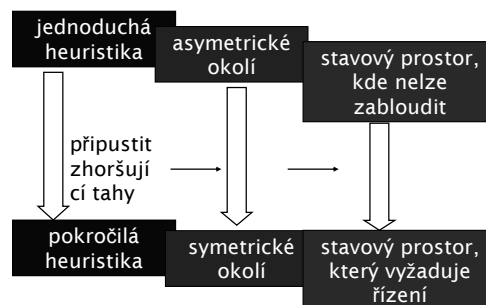


Tabu prohledávání

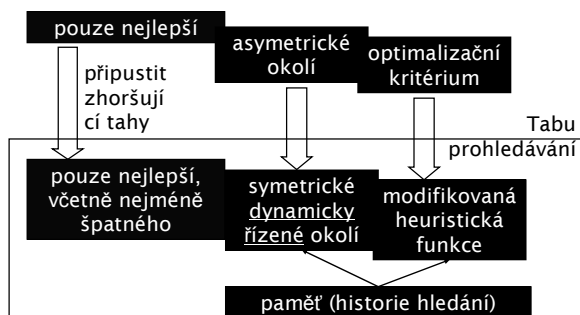
1

Pokročilé heuristiky



2

Tabu prohledávání



3

Paměť

- základ adaptace a učení: jaké prvky (rysy) řešení mají podstatný vliv na
 - kvalitu řešení
 - strukturu řešení
- špatné strategické rozhodnutí může přinést více informace než dobré náhodné rozhodnutí (Glover, Laguna)

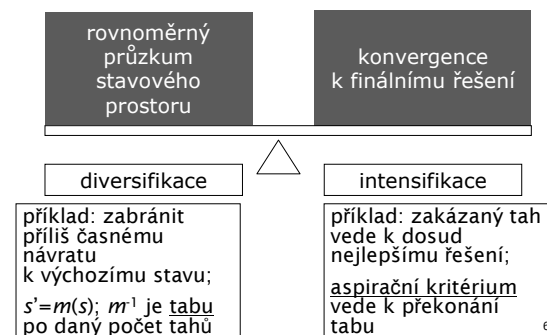
4

Příklad: MAX 3SAT

- Optimalizační kritérium: počet splněných klauzulí
- Očekávaná hodnota při náhodném ohodnocení: 7/8 všech klauzulí
- Špatné strategické rozhodnutí: nechť např. $y_{15} = 0 \Rightarrow$ průměrně splněna jen 1/4 klauzulí
 $\Rightarrow$ poučení: lépe držet y_{15} na 1

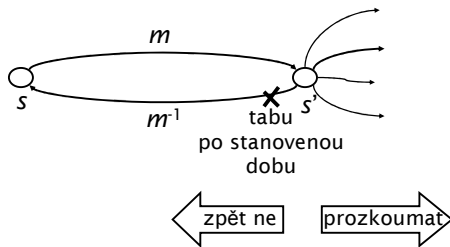
5

Cíle řízení



6

Diverzifikace



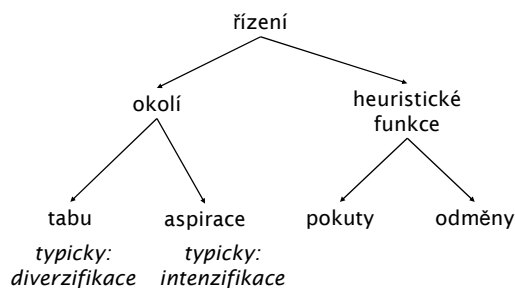
7

Příklad: MAX 3SAT

- Necht $m \equiv$ „změnit hodnotu y_5 “
- Pak $m \equiv m^{-1}$
- Konkrétní implementace vypadá, jako bychom zakazovali m , nikoli m^{-1}

8

Řízení tabu prohledávání



9

Intenzifikace a diverzifikace

- obě metody (řízení okolí a modifikace heuristické funkce) mohou sloužit oběma cílům
- řízení okolí: zpravidla vyloučení stavů, které nechceme prohledávat
 - které jsou příliš podobné známým stavům
 - které nejsou dost podobné známým stavům
- modifikace heuristické funkce:
 - pokutování příliš podobných / odměňování nepodobných
 - odměňování podobných / pokutování nepodobných

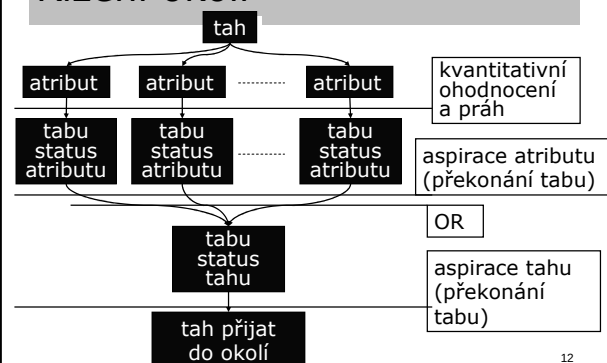
10

Práce s pamětí

- úplný záznam všech tahů není možný
- často potřebné zakázat tahy s podobnými vlastnostmi
- vyhledávání musí být rychlé
- $\Rightarrow$ abstrakce
 - tah nebo skupinu tahů popsat pomocí atributů
 - skladovat omezený počet elitních řešení resp. jejich sousedů (explicitní paměť)
 - skladovat historii po omezený počet tahů (implicitní krátkodobá (sekvenční) paměť)
 - skladovat omezené statistiky pro celý průběh (implicitní dlouhodobá (frekvenční) paměť)

11

Řízení okolí



12

Krátkodobá paměť

Atributy k zaznamenání:

- změna hodnoty heuristické funkce o $B-A$
- změna hodnoty heuristické funkce z hodnoty A na hodnotu B
- změna hodnoty j -té konfigurační proměnné
- změna hodnoty j -té konfigurační proměnné z hodnoty a na hodnotu b
- změna hodnoty charakteristické funkce o $B-A$
- změna hodnoty charakteristické funkce z hodnoty A na hodnotu B

13

Tabu status z krátkodobé paměti

- obecně:
 - zákaz operace, která atribut vrátí zpět
 - zákaz opakování operace (cykly!)
- po dobu tabu lhůty (tabu tenure)
 - obecně pro každý atribut jiná
 - může být dynamická
- návrat atributu1 or návrat atributu2
- návrat atributu1 and návrat atributu2
- návrat atributu1 and návrat atributu2, přičemž v minulosti se obě změny udály současně
- návrat (změna) hodnoty heuristické funkce
- návrat (změna) hodnoty charakteristické funkce

14

Volba tabu lhůty

- statická: $t=7$, $t=\sqrt{n}$
- dynamická: $t=5..9$, $t=(0,5..2).\sqrt{n}$
- strategie změny?

15

Aspirační kritéria

- základní možnost: jestliže všechny tahy jsou tabu, přijmout „nejméně tabu“ tah
- aspirace tahu:
 - vede k dosud nejlepšímu řešení
 - vede k odlišnému řešení

16

Dlouhodobá paměť

- Statistika: četnosti jednotlivých případů vzhledem
 - ke všem případům (např. počet iterací)
 - sumárnímu počtu výskytu všech případů
 - maximálnímu počtu výskytu případu
 - průměrnému počtu výskytu případu

17

Užití četnosti

- Binární atributy:
 - výchozí (které jsou v původní konfiguraci a nejsou ve výsledné)
 - cílové (které nejsou v původní konfiguraci a jsou ve výsledné)
- Pokuta/odměna založená na četnostech výchozích a cílových atributů

18

Příklad: MAX 3SAT

- Dlouhodobá paměť: četnost splnění každé klauzule
- Implementována jako počet splnění a počet iterací
- Málo splněné klauzule mají větší váhu při výpočtu optimalizačního kritéria (diverzifikace)
- Alternativně: počet splnění a počet splnění jakékoli klauzule

19

Tabu Search Optimization of Optical Ring Transport Networks

G. D. Morley, W. D. Grover
Proc. IEEE Globecom 2001,
St. Antonio, Texas, USA

http://www.ee.ualberta.ca/~grover/pdf/Morley_Grover_Tabu_Search_Globecom_2001.PDF

20

Problém

- Dáno
 - množina komunikačních uzlů
 - datové toky mezi nimi
 - možné propustnosti a latence různých implementací kruhové sítě
 - parametry pro výpočet ceny každé implementace
- Nalézt
 - nejlevnější konfiguraci sítě, která vyhoví komunikačním požadavkům

21

Přípravný krok

- Vygenerovat všechny (rozumné) kruhové sítě
 - specializovaným nástrojem
 - výčtem cyklů v grafu komunikací a výčtem všech implementací každého cyklu
- → množina kandidátních kruhů

22

Stavový prostor

- Stav:
 - množina skutečně použitých kruhů
- Operace:
 - přidej kruh z množiny kandidátních kruhů
 - odejmi kruh
- Vlastnosti
 - symetrický
 - tahů „odejmi“ je vždy značně více než tahů „přidej“

23

Optimalizační kritérium

- Výpočet:
 - daná topologie sítě a komunikační nároky
 - ⇒ směrování sítě
 - ⇒ volba síťových prvků
 - ⇒ cena sítě

24

Tabu prohledávání

- Heuristická funkce pro vložení kruhu: poměr celkové propustnosti a celkové ceny řešení
- Heuristická funkce pro odejmutí kruhu: poměr propustnosti a ceny odebíraného kruhu
- Tabu lhůta pro přidání delší než tabu lhůta pro odejmutí (tahů pro přidání je více)

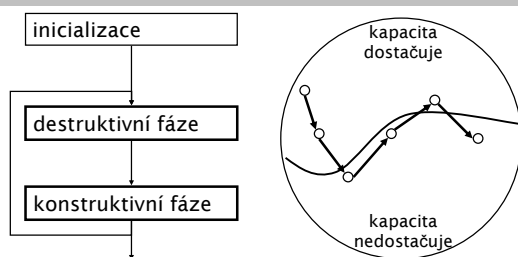
25

Tabu prohledávání

- Krátkodobá paměť: [číslo kruhu, krok kdy vyprší tabu lhůta]
- Aspirační kritérium: tah vede k novému nejlepšímu řešení
- Převod tabu statusu na pokutu (vyřeší situace, kdy všechny tahy jsou tabu)

26

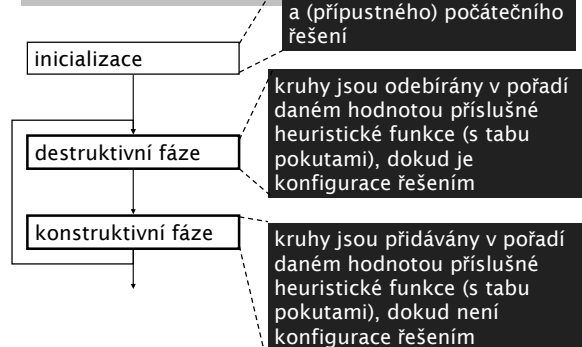
Strategické oscilace



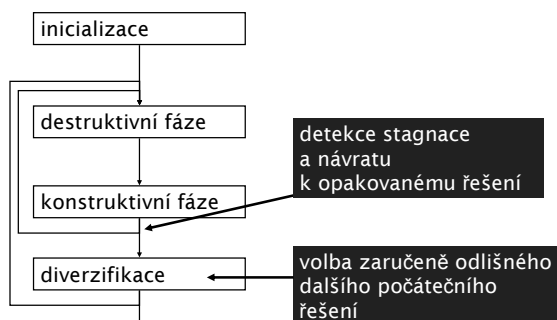
Efektivní řešení bude zřejmě takové, kde všechny kruhy budou vytíženy, tj. blízko hranice množiny řešení

27

Výpočet



Restart



Dlouhodobá paměť

- Hash každého navštíveného řešení (!) → detekce návratu
- Frekvence výskytu kruhu v řešení
- Průměrný podíl přenosu kruhem na celkovém přenosu (vliv kruhu)
- → vliv na pravděpodobnost výběru kruhu v novém řešení pro restart (velký podíl v minulosti snižuje pravděpodobnost, diverzifikace)

30