

EVOLUTIONARY OPTIMIZATION OF TOUR TIMETABLES

Jakub Filák

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xfilak01@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Jaroš

E-mail: jarosjir@fit.vutbr.cz

ABSTRACT

This paper deals with a presentation of a method used for optimization of vehicles scheduling in public transportation. This method is based on memetic algorithm and tabu search algorithm. The theoretical part of the paper covers a description of time tables and evolutionary algorithms. The study is completed by practical part describing details of optimization method.

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá optimalizací systému obsluhy spojů jízdních řádů, často označovaným jako turnusy jízdních řádů. Důvodem vzniku práce je možnost úspory milionů korun na provozu optimalizovaných turnusů [1]. Optimalizační metoda navržená v této práci využívá memetický algoritmus [2], který patří do rodiny evolučních algoritmů. Tento algoritmus byl zvolen vzhledem ke schopnosti evolučních algoritmů řešit velmi složité problémy a nalézat zcela nečekaná řešení [2].

2 TURNUSY JÍZDNÍCH ŘÁDŮ

Turnus v jízdním řádu je posloupnost spojů, kterou absolvuje jeden dopravní prostředek v průběhu jedné směny. Dopravní prostředky jsou řízeny řidiči, jenž jsou omezení zákonem stanovenými povinnými přestávkami, maximální dobou směny a dalšími restriktivními nařízeními. Délka směny turnusu a řidiče si nemusí navzájem odpovídat.

Při optimalizaci turnusů jízdního řádu je sledováno několik základních atributů, určujících ekonomičnost jejich provozu. Mezi tyto atributy patří například celkový počet vytvořených turnusů nebo čas strávený prázdnými přejezdy mezi počátečními a koncovými stanicemi spojů, které na sebe navazují.

3 EVOLUČNÍ ALGORITMY

Evoluční algoritmy jsou stochastické algoritmy systematicky prohledávající oblast kolem doposud nejlepších nalezených řešení uvnitř stavového prostoru problému. Jejich princip je inspirován Darwinovou Evoluční teorií [2].

B1	A2	A5	A8	A11	A1	A4	B2	A9	A12	A3	A6	B4	B3	A10	C1	A7	C3	C2	B5	4	9	12	14	17
----	----	----	----	-----	----	----	----	----	-----	----	----	----	----	-----	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----

Obrázek 1: Ilustrace chromozómu

3.1 GENETICKÉ ALGORITMY

Nejpopulárnějšími evolučními algoritmy jsou Genetické algoritmy (GA). Tyto algoritmy simulují evoluci nejuvěřněji ze všech evolučních algoritmů. Jejich princip je založen na schopnosti přežít a rozmnožování nejsilnějších jedinců populace. Genetický algoritmus pracuje nad množinou kandidátních řešení (chromozómů) formujících populaci. Kvalita každého jedince je ohodnocena tzv. fitness funkcí, na jejímž základě jsou poté vybíráni do procesu reprodukce. Při reprodukci dochází ke křížení mezi vybranou skupinou chromozómů a ve vzniklých potomcích dochází k mutaci. Výsledkem reprodukčního procesu je množina potomků, která je zařazena do stávající populace chromozómů.

3.2 MEMETICKÉ ALGORITMY

Klíčovou charakteristikou memetických algoritmů je použití technik lokálního prohledávání, speciálních rekombinačních operátorů apod. Některé vědecké práce označují memetické algoritmy jako hybridní genetické algoritmy. Tyto algoritmy jsou vhodné k řešení složitých optimalizačních problémů s rozsáhlými chromozómy [4].

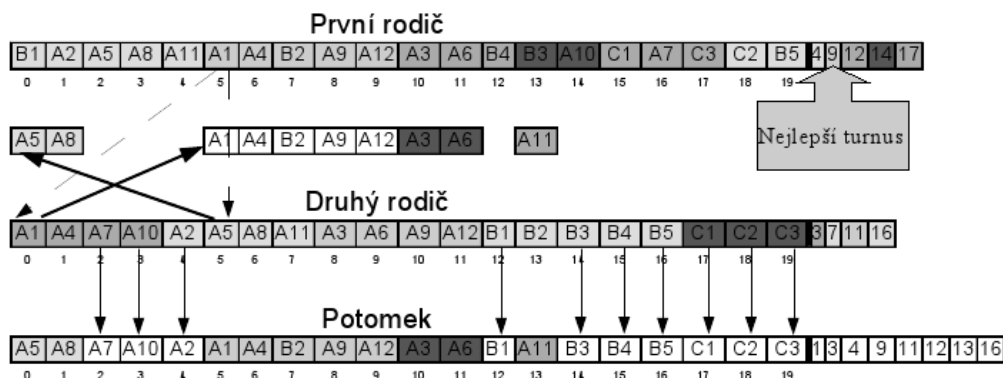
4 METODA OPTIMALIZACE

Cílem optimalizace je nalézt relaci ekvivalence nad množinou spojů jízdního řádu, která bude určovat rozdělení spojů do turnusů. Ve třídách ekvivalence definovaných relací musí platit relace ostrého uspořádání, která umožní dopravnímu prostředku postupně obsloužit spoje jedné třídy. Třídy ekvivalence tak budou definovat turnusy jízdního řádu. Nad množinou spojů je možné nalézt mnoho relací, splňujících všechny podmínky. Úspěšná optimalizace nalezne relaci, která je ekonomicky nejvýhodnější.

Pro řešení problému bude vytvořen chromozóm, který bude obsahovat permutaci celé množiny spojů jízdního řádu. V chromozómu bude dále přítomná množina indexů, určující rozdělení chromozómu do turnusů. Indexy budou ukazovat na geny uvnitř chromozómu, které budou posledními spoji v turnusu. Obrázek 1 názorně zobrazuje, jak bude chromozóm vypadat.

Fitness funkce bude počítat ekonomické náklady na provoz turnusů definovaných v chromozómu. Náklady na provoz jsou dány počtem turnusů (počet dopravních prostředků), cenou prázdných přejezdů, čekáním na zahájení obsluhy příštího spoje a dalšími. Jednoduchou fitness funkcí může být vážená suma času stráveného obsluhou spojů s nejmenší vahou, času čekání na začátky obsluhy spojů se střední vahou a času stráveného na cestách za obsluhou spojů s vahou největší. Fitness funkce potom bude vracet menší hodnoty pro turnusy, které stráví čas efektivněji a jsou tedy ekonomicky výhodnější. Váhy sumy je možné podle potřeby měnit.

Jelikož jízdní řád může obsahovat velké množství spojů, což by vedlo na enormně dlouhý průběh algoritmu, bude křížení přenášet nejlepší turnusy z předků do potomků. Tato úprava by mohla ve standardním GA znamenat neúspěch [2], ale v tomto případě je vhodná a neměla by způsobovat problémy. Oprávněnost použití této úpravy vychází z teorie schémat [2], která



Obrázek 2: Ilustrace křížení

tvrdí, že krátká a nadprůměrně ohodnocená schémata se v populaci rychle šíří. V tomto případě budou schémata tvořit kvalitní turnusy. Operátorem křížení bude upravený operátor PMX [3], který místo náhodných bodů křížení bude vybírat body definující kvalitní turnus. Průběh křížení je znázorněn na obrázku 2.

Po provedení křížení bude následovat mutace záměnou hodnot dvou genů. Operátor bude muset vnášet do populace mnohem větší diverzitu než ve standardním GA. Přestože je úprava operátoru křížení podpořena teorií schémat, může způsobovat přemnožení jednoho jedince, a tím uvážnutí algoritmu v lokálním řešení. Proces reprodukce bude zakončen vyhledáním turnusů ve vzniklé permutaci spojů. Hledání bude zajišťovat algoritmus tabu search [2]. Při hledání bude pomocí inkrementace a dekrementace měnit hodnoty indexů označujících konce turnusů. Do množiny zakázaných operací se budou přidávat intervaly definující turnusy, které byly provedenou operací ovlivněny.

5 ZÁVĚR

Práce popisuje návrh memetického algoritmu pro optimalizaci turnusů jízdních řádů. Jsou zde popsány veškeré důležité části systému. Navržený algoritmus bude nutné ověřit na velkém množství experimentů. Experimentování s algoritmem ověří jeho funkčnost a umožní přesné nastavení jeho atributů.

REFERENCE

- [1] Jeřábek, J.: Základy matematické teorie dopravy, VEDA vydavatelstvo slovenskej akademie vied, Bratislava, 1991, ISBN 80-7100-197-X
- [2] Kvasnička, V., Pospíchal, J., Tiňo, P.: Evolučné algoritmy, Tlač vydavateľstvo pri STU Bratislava, 2000, ISBN 80-227-2377-5
- [3] Schwarcz, J., Sekanina, L.: Aplikované evoluční algoritmy EVO - Studijní opora, Fakulta informačních technologií VUT, 2006
- [4] Zelinka, I.: Umělá inteligence v problémech globální optimalizace, BEN - technická literatura, 2002, ISBN 80-7300-069-5