Univerzita obrany Fakulta ekonomiky a managementu Katedra vojenského managementu a taktiky

Softwarová dokumentace

Optimální zásobování a logistika v praktických aplikacích

Optimal supply distribution and logistics in practical applications

Autoři: mjr. doc. Ing. Petr STODOLA, Ph.D. mjr. doc. Ing. Jan MAZAL, Ph.D.

Brno 2013

Obsah

1.	Popis systému	. 3
2.	Technické požadavky na systém	. 3
3.	Ovládací prvky aplikace a uživatelské rozhraní	. 4
	3.1 Editace zásobovacích jednotek	. 4
	3.2 Editace zákazníků	. 5
	3.3 Přehledové okno a spuštění optimalizace	. 6
	3.4 Optimalizační proces	. 7
	3.5 Zobrazení výsledků	. 8

1. Popis systému

Software řeší úlohu optimální distribuce zásob ke spřáteleným jednotkám na bojišti z více zásobovacích stanovišť. Řešenou úlohu můžeme zařadit do kategorie úloh, které v odborné literatuře nazýváme Multi-Depot Vehicle Routing Problem. Jedná se o velmi známý (NP-úplný) problém, který má mnoho reálných aplikací v oblastech dopravy, distribuce zásob a logistiky.

Autoři pro řešení problému navrhli vlastní algoritmus založený na teorii ACO (Ant Colony Optimization), která je pro řešení problému použita poprvé. Algoritmus poskytuje velmi kvalitní řešení i pro složité úlohy ve velmi krátkém čase.

Software je začleněn do našeho taktického systému, který umožnuje grafickou vizualizaci prostředí a je navržen pro podporu rozhodování velitelů jednotek. Modul optimální distribuce zásob je součástí tohoto systému.

Hlavním cílem úlohy je nalézt přesné trasy jednotlivých zásobovacích vozidel tak, aby zásobování jednotek v zájmovém prostoru bylo co možná nejefektivnější. Na kritéria efektivity můžeme pohlížet z různých pohledů. Cílem může být minimalizovat celkovou trasu všech prostředků dopravující zásoby, nebo minimalizovat celkový čas potřebný pro zásobování, nebo minimalizovat celkovou spotřebu všech vozidel. Trasy mezi jednotlivými stanovišti jsou počítány na základě našeho modelu optimálního přesunu, který zahrnuje reliéf, terén, topografické objekty, infrastrukturu, pozice nepřátelských jednotek a další.

Základní charakteristiky softwarové aplikace jsou následující:

- Software poskytuje uživatelsky příjemné prostředí, které umožňuje definovat polohy a požadavky jednotek v zájmovém prostoru, tzn. lze přidávat, mazat a editovat jednotlivé "zákazníky".
- Podobně lze vkládat polohy zásobovacích stanovišť a vozidel, které budou plnit samotnou úlohu zásobování.
- Pro řešení úlohy je možné definovat řadu parametrů a nastavení algoritmu včetně volby kritéria optimality.
- Výsledky jsou prezentovány přehledně formou tabulky, která ukazuje pořadí "zákazníků", které budou navštíveny jednotlivými zásobovacími vozidly. Výstup je prezentován také graficky na mapových podkladech včetně přesných tras vozidel.

Součástí této dokumentace je především příručka k ovládání softwarové aplikace a popis jednotlivých funkcí a ovládacích prvků systému.

2. Technické požadavky na systém

Softwarovou aplikaci je nutné spouštět na osobních počítačích vybavených operačním systémem Windows XP (nebo vyššími verzemi). Software je vytvořen v programovacím jazyce C++ s využitím principů objektově orientovaného programování pod překladačem Microsoft Visual Studio.

Pro správnou funkci aplikace je nutné mít k dispozici mapové podklady, které dodává Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce, konkrétně v následujících vrstvách:

- digitální model území 1:25 000 (DMU-25),
- digitální model reliéfu ve formátu BW3.

3. Ovládací prvky aplikace a uživatelské rozhraní

Software je součástí taktického systému, který zahrnuje další modely a funkce. Popis v této části se však bude výhradně věnovat ovládání modulu pro optimalizaci distribuce zásob, pro které slouží ovládací prvky vyznačené na obrázku 1. Modul je možný ovládat přes hlavní nabídku aplikace nebo přes tlačítka v panelu nástrojů. Obě možnosti jsou zcela rovnocenné.



Obrázek 1: Základní ovládací prvky aplikace

3.1 Editace zásobovacích jednotek

Přidávání, mazání a úpravu zásobovacích jednotek lze provádět přes funkci **Add depot** nebo tlačítko **•**. Každá zásobovací jednotka je chápána jako samostatné vozidlo, které vyjíždí ze skladiště zásob k zákazníkům. Pokud má skladiště k dispozici více vozidel, lze jednoduše na stejné místo vložit více jednotek.

Po stisknutí tlačítka je možné klepnutím do mapy přidat zásobovací jednotku na požadovanou pozici. V mapě bude tato jednotka označena symbolem modrého šestiúhelníku (A). Písmena abecedy rozlišují jednotlivá stanoviště.

Po klepnutí do mapy se otevře dialogové okno (viz obrázek 2), které umožňuje upřesnit pozici jednotky (v zeměpisném souřadnicovém systému nebo systému WGS 84/UTM).

Edit point ×						
Coordinates O Plane O Geographic	OK Cancel					
Geographic coord	inates					
Lon: 17 ° 22	2 56.12					
Lat: 49 ° 18	3 0.51					

Obrázek 2: Upřesnění pozice zásobovací jednotky

Po potvrzení pozice se otevře další dialogové okno, ve kterém lze upravovat parametry a vlastnosti zásobovací jednotky (viz obrázek 3). První parametr se týká celkové kapacity vozidla v kilogramech při převozu zásob, dále lze nastavit průměrnou rychlost a spotřebu vozidla. Po potvrzení hodnot je jednotka vložena do mapy.

Add depo	ot/custome	er ×
Parameters		
Capacity/load:	320	kg
Velocity:	60.0	km/h
Fuel consumption:	10.0	l/100 km
(ОК	Cancel

Obrázek 3: Parametry zásobovací jednotky

3.2 Editace zákazníků

Zákazníky jsou myšleny jednotky, které je na bojišti třeba zásobovat materiálem. Přidávání, mazání a úpravu zákazníků lze provádět přes funkci **Add customer** nebo tlačítko ©. Po stisknutí tlačítka je možné klepnutím do mapy přidat zákazníka na požadovanou pozici. V mapě bude zákazník označen symbolem modré kružnice 1. Čísla rozlišují jednotlivé zákazníky.

Po klepnutí do mapy se otevře stejné dialogové okno jako v případě přidávání zásobovacích jednotek (viz obrázek 2), které umožňuje upřesnit pozici jednotky. Podobné je i nastavení parametrů zákazníka (viz obrázek 4). V tomto případě lze ovšem nastavit pouze první parametr, který značí celkovou váhu materiálu v kilogramech, kterou je třeba zákazníkovi doručit.

Add depo	ot/custome	er ×
Parameters		
Capacity/load:	78	kg
Velocity:	-	km/h
Fuel consumption:	-	l/100 km
	ОК	Cancel

Obrázek 4: Parametry zákazníka

3.3 Přehledové okno a spuštění optimalizace

Po přidání všech zásobovacích jednotek i zákazníků lze jejich přehled zobrazit prostřednictvím funkce **Supply distribution** nebo tlačítka IP. Zobrazí se přehledové okno (viz obrázek 5), které ukazuje vložené zásobovací jednotky a zákazníky, jejich polohy a nastavené parametry.

Optimal	supply	distribution	
Depots and customers			Save
Depots: 4			
A: 671 km 74 m, 5 463 km 530 m (0) B: 672 km 620 m, 5 463 km 309 m (0)		Add new depot	Load
C: 671 km 778 m, 5 461 km 763 m (0) D: 673 km 774 m, 5 462 km 163 m (0)		Edit depot	Center
Customercy 18		Delete depot	
Customers: 18 1: 671 km 418 m, 5 462 km 578 m (0) 2: 671 km 984 m 5 462 km 973 m (0)	^	Add new customer	
Customers: 18 1: 671 km 418 m, 5 462 km 578 m (0) 2: 671 km 984 m, 5 462 km 973 m (0) 3: 672 km 450 m, 5 462 km 570 m (0) 4: 672 km 841 m, 5 462 km 677 m (0)	^	Add new customer Edit customer	
Customers: 18 1: 671 km 418 m, 5 462 km 578 m (0) 2: 671 km 984 m, 5 462 km 973 m (0) 3: 672 km 450 m, 5 462 km 570 m (0) 4: 672 km 841 m, 5 462 km 677 m (0) 5: 673 km 450 m, 5 463 km 629 m (0) 6: 673 km 778 m, 5 462 km 930 m (0)	^	Add new customer Edit customer Delete customer	Load solution
Customers: 18 1: 671 km 418 m, 5 462 km 578 m (0) 2: 671 km 984 m, 5 462 km 973 m (0) 3: 672 km 450 m, 5 462 km 570 m (0) 4: 672 km 841 m, 5 462 km 677 m (0) 5: 673 km 450 m, 5 463 km 629 m (0) 6: 673 km 778 m, 5 462 km 930 m (0) 7: 672 km 996 m, 5 461 km 783 m (0)	^	Add new customer Edit customer Delete customer	Load solution
Customers: 18 1: 671 km 418 m, 5 462 km 578 m (0) 2: 671 km 984 m, 5 462 km 973 m (0) 3: 672 km 450 m, 5 462 km 570 m (0) 4: 672 km 841 m, 5 462 km 677 m (0) 5: 673 km 450 m, 5 463 km 629 m (0) 6: 673 km 778 m, 5 463 km 629 m (0) 7: 672 km 996 m, 5 461 km 783 m (0) 8: 672 km 193 m, 5 463 km 578 m (0)		Add new customer Edit customer Delete customer Delete all	Load solution Solve

Obrázek 5: Přehledové okno

Zde lze také provádět modifikaci již vložených jednotek (viz tlačítka **Edit depot/customer**, které budou aktivní po označení požadované jednotky), přidávat další nové jednotky (viz tlačítka **Add new depot/customer**) a mazat je (viz tlačítka **Delete depot/customer**). Tlačítkem **Delete all** odstraníme všechny dosud vložené zásobovací jednotky i zákazníky.

Systém navíc umožňuje uložit aktuální konfiguraci zásobovacích jednotek i zákazníků tlačítkem **Save...** do souborů s příponou vrp, případně je opět nahrát tlačítkem **Load...** Tlačítko **Center** umožňuje

vystředit jednotky na mapě. Pokud již existuje k dané úloze řešení, je možné jej nahrát tlačítkem **Load Solution** ze souboru s příponou vrpres. Tlačítkem **Solve** spustíme samotný optimalizační proces.

3.4 Optimalizační proces

Po stisknutí tlačítka **Solve** z dialogového okna na obrázku 5 se spustí samotný optimalizační proces, který najde optimální řešení zadané úlohy. V první fázi tohoto procesu je třeba definovat parametry optimalizačního algoritmu, které jsou zobrazeny na obrázku 6.

	Optimal sup	ply dis	tribution: parameters			×
Method parameters						
Optimization type:	Minimal time	~	Updating coefficient:	0.10		
Depots selection:	Potential (prob.model)	~	Repelling coefficient:	10.0		
Unvisited nodes selection:	Attracting mode	~	Angle coefficient:	0.0		
Pheromone trails updating:	Best in generation	~	Aplha coefficient:	1.0		
Number of ants:	100		Beta coefficient:	1.0		
Number of generations:	500		Gama coefficient:	0.0		
Evaporation coefficient:	0.05		Delta coefficient:	0.0		
Precision and speed						
Geodata precision:	High	~	Gen. with no improvem	ent:	0	
Number of cores used:	8	~	Maximal time:		0	sec
					Start	Cancel

Obrázek 6: Parametry optimalizačního algoritmu

Z obrázku je patrno, že parametrů je celá řada, nicméně většina z nich není důležitá pro pochopení činnosti softwarové aplikace. Jedná se o parametry, které se úzce vztahují k principům použitého optimalizačního algoritmu. Tyto parametry jsou ve výchozím stavu nastaveny na optimální hodnoty, které není nutné měnit, a zaručují tak nejlepší kombinaci pro získání kvalitního řešení v krátkém čase.

Pro uživatele jsou klíčové pouze tyto parametry:

- **Optimization Type**: volba optimalizačního kritéria (nejkratší celková trasa, nejkratší celkový čas, nejmenší celková spotřeba paliva).
- **Geodata precision**: přesnost datových podkladů pro výpočet optimální trasy mezi dvěma body v mapě.
- Number of cores used: počet procesorů počítače, které budou využity při optimalizaci.
- **Maximal time**: podmínka, která ukončí algoritmus po uplynutí nastaveného času (v sekundách).

Tlačítkem **Start** se spustí samotná optimalizace. Její průběh lze sledovat v dialogovém okně (viz obrázek 7). Po skončení procesu se okno automaticky zavře, případně lze optimalizaci ukončit manuálně tlačítkem **Terminate**.

Supp	olies distribution comput	ing ×
Results Generations:	3541 / 5000	Terminate
Best solution: Last improvement:	4.54 min 3216	
Runtime:	0:00:11	

Obrázek 7: Průběh procesu optimalizace

3.5 Zobrazení výsledků

Po skončení procesu optimalizace se automaticky zobrazí okno s výsledky (viz obrázek 8). V tomto okně vidíme pro každou zásobovací jednotku pořadí zákazníků, které musí jednotka postupně navštívit včetně informací o vzdálenosti k jednotlivým zákazníkům. Konkrétní zásobovací jednotku volíme v horní části okna (viz oblast **Select depot**).

Ve spodní části jsou informace o celkové vzdálenosti, kterou dohromady musí zásobovací jednotky urazit, jaký čas to zabere a jaká bude spotřeba paliva. Tlačítkem **Save solution** můžeme výsledky uložit do souboru s příponou vrpres. Okno s výsledky je možné také kdykoliv otevřít funkcí **Distribution results** v hlavní nabídce nebo tlačítkem **S**.

Optimal supply distribution results	x
Select depot	
D: 673 km 774 m, 5 462 km 163 m (4.38 km) 🛛 🗸	
Points on route	
D: 673 km 774 m, 5 462 km 163 m 16: 673 km 901 m, 5 462 km 633 m (+501 m) 6: 673 km 778 m, 5 462 km 930 m (+341 m) 17: 673 km 529 m, 5 463 km 36 m (+378 m) 15: 673 km 296 m, 5 462 km 641 m (+642 m) 7: 672 km 996 m, 5 461 km 783 m (+1.37 km) 14: 673 km 521 m, 5 462 km 194 m (+787 m) D: 673 km 774 m, 5 462 km 163 m (+362 m)	
Summary Total distance travelled: 17.64 km	20
Total fuel consumption: 1.8 l	

Obrázek 8: Okno s výsledky optimalizace

Výsledky optimalizace vidíme graficky také přímo v systému na mapových podkladech (viz obrázek 9). Červené čáry ukazují přesnou trasu jednotlivých zásobovacích vozidel.



Obrázek 9: Grafické zobrazení výsledků