

**UNIVERZITA PARDUBICE
ÚSTAV ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**POČÍTAČOVÝ NÁSTROJ NA ŘEŠENÍ
SVOZNĚ-ROZVOZOVÝCH ÚLOH**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**AUTOR PRÁCE: Martin Hromádko
VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Ing. Josef Volek, CSc.**

2007

**UNIVERSITY OF PARDUBICE
INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERING
AND INFORMATICS**

**COMPUTER TOOL FOR SOLUTION VEHICLE
ROUTING PROBLEMS WITH PICKUPS
AND DELIVERIES**

BACHELOR WORK

**AUTHOR: Martin Hromádko
SUPERVISOR: doc. Ing. Josef Volek, CSc.**

2007



Univerzita
Pardubice
Ústav elektrotechniky
a informatiky

Vysokoškolský ústav: Ústav elektrotechniky a informatiky

Katedra/Ústav: Ústav elektrotechniky a informatiky

Akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro: Hromádko Martin

Studijní program: Informační technologie

Studijní obor: Informační technologie

Název tématu: Počítačový nástroj na řešení svozně-rozvozových úloh

Zásady pro zpracování:

Cílem bakalářské práce je prokázat schopnost posluchače analyzovat složité problémy praxe v oblasti distribučních úloh se zaměřením do oblasti dopravy, verbální a matematické formulace těchto úloh, práce a studia odborné literatury, včetně literatury cizojazyčné a vytvoření softwarového nástroje k řešení úlohy. Práce bude vycházet ze studia konkrétního problému a ze studia odborné literatury.

Obsah:

1. Úvod, motivace
2. Problematika svozně-rozvozových úloh, klasifikace
3. Teoretické možnosti řešení distribučních a svozně-rozvozových úloh
4. Praktický problém z praxe
5. Počítačová implementace
6. Vyhodnocení, závěr

Seznam odborné literatury:

- [1] MEDEL, Jiří. *Grafy a jejich aplikace*. Praha : Academia, 2002. 257 s. ISBN 80-200-0990-6
- [2] CHRISTOFIDES, Nicos. *Graph theory : An algorithmic approach*. New York : Academic Press, 1975. 398 s. ISBN 0-12-174350-0
- [3] NEŠETŘIL, Jaroslav. *Teorie Grafů*. Praha : Nakladatelství techn. lit., 1979. 316 s.
- [4] MAKOWER, M. S., WILLIAMSON, E. *Základy operačnej analýzy : Úlohy, technika a cvičenia*. Bratislava : Alfa, 1970. 214 s.
- [5] JABLONSKIJ, S. V. *Úvod do diskkrétnej matematiky*. Bratislava : Alfa, 1984. 278 s.
- [6] NEČAS, Jiří. *Grafy a jejich použití*. Praha : Nakladatelství techn. lit., 1978. 191 s.
- [7] VOLEK, J.: *Operační výzkum I*, Univerzita Pardubice, 2002

Rozsah: cca 30-50 stran, 10 tabulek, 10 obrázků/grafů, CD s programem v jazyku C++

Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Volek, CSc.

Vedoucí katedry (ústavu): prof. Ing. Pavel Bezoušek, CSc.

Datum zadání práce: 30. 11. 2006

Termín odevzdání práce: 18. 5. 2006

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 11. 5. 2007

Martin Hromádko

ABSTRAKT

Práce se zabývá problematikou svozně-rozvozových úloh. Popisuje aplikaci, která řeší optimální rozmístění středisek obsluhy vzhledem k obsluhovaným vrcholům. Praktické využití aplikace je demonstrováno na příkladu optimalizace rozmístění zdravotních středisek a to konkrétně kolem dálnice D1(Praha – Brno). Součástí práce, pro přiblížení problematiky, jsou statistické rozbory nehodovosti, grafy počtu nehod, na jednotlivých úsecích dálnice v průběhu několika let.

Obsah

1	Úvod, motivace	10
2	Základní pojmy teorie grafů.....	11
2.1	Lokační úlohy	11
2.1.1	Základní pojmy lokačních úloh.....	13
2.1.2	Obsluha vrcholů sítě.....	14
3	Informace o dopravní nehodovosti za rok 2006.....	15
3.1	Hlavní příčiny dopravních nehod.....	17
3.2	Druhy dopravních nehod.....	18
3.3	Časové rozložení dopravních nehod	18
3.4	Místa dopravních nehod.....	20
3.5	Druh komunikace.....	21
3.6	Nehodovost na D1.....	22
4	Uživatelská dokumentace	23
4.1	Založení nového projektu.....	23
4.2	Práce s vytvořeným projektem.....	26
5	Programátorská dokumentace	28
5.1	Rozbor několika důležitých metod	30
5.1.1	TGraf::DejVzdalenost(TVrchol* Z, TVrchol* K).....	30
5.1.2	TGraf::PocitejMaticiVzdalenosti()	31
5.1.3	TGraf::PocitejDistancniMatici()	31
5.1.4	TGraf::UlozHodnoceni(TVrchol* v)	33
5.1.5	TGraf:: HledejOptimalni(int a_pocet)	33
6	Úloha z praxe	36
6.1	Příprava pracovní plochy aplikace	36
6.2	Provádění výpočtů a testů	37
6.3	Závislost rychlosti vozidel a počtu středisek	40
7	Závěr	42
	Seznam použité literatury.....	43
	Příloha A	44

Seznam obrázků

Obrázek 1. Síť (1)	12
Obrázek 2. Vývoj nehod a jejich následků, trend od roku 1990 (1)	16
Obrázek 3. Počty nehod na dálnici D1 (Směr Praha – Brno) (1).....	22
Obrázek 4. Úvodní obrazovka aplikace	23
Obrázek 5. Okno s výběrem mapy na pozadí	23
Obrázek 6. Plocha aplikace připravená pro zadávání kandidátů	24
Obrázek 7. Vzhled aplikace před ukončením zadávání vrcholů.....	25
Obrázek 8. Zadávání délky hrany	25
Obrázek 9. Plocha aplikace s načteným projektem.....	26
Obrázek 10. Zobrazení dosažitelných vrcholů z vrcholu č. 18.....	27
Obrázek 11. Ovládací panel pro vyhledávání vrcholů.....	28
Obrázek 12. UML zobrazení třídy TVrchol.....	29
Obrázek 13. UML zobrazení třídy THrana	29
Obrázek 14. UML zobrazení třídy Nastaveni	30
Obrázek 15. Ilustrační obrázek pro pochopení Floydova algoritmu (5) .	31
Obrázek 16. Načtený projekt "dálnice.dat"	37
Obrázek 17. Distanční matice praktického příkladu	38
Obrázek 18. Nalezení 5 středisek obsluhy	39
Obrázek 19. Zobrazení minimálního počtu zdravotních středisek	39
Obrázek 20. Minimální počet středisek při 100 km/h.....	40
Obrázek 21. Závislost průměrné rychlosti a počtu středisek	41

Seznam tabulek

Tabulka 1. Vývoj nehodovosti od roku 1990 (1)	16
Tabulka 2. Hlavní příčiny nehod a jejich následky (1)	17
Tabulka 3. Přehled nejtragičtějších nehod v roce 2006 (1).....	17
Tabulka 4. Přehled druhů nehod a jejich následků (1).....	18
Tabulka 5. Nehody a jejich následky ve dnech roku 2006 (1).....	18
Tabulka 6. Nehody a počty usmrcených v jednotlivých měsících (1)....	19
Tabulka 7. Členění nehod podle místa nehody (1)	20
Tabulka 8. Počty usmrcených osob v obci a mimo obec (1)	20
Tabulka 9. Nehod a počty usmrcených na komunikacích (1).....	21
Tabulka 10. Přehled úseků D1 s nejvíce nehodami v roce 2005 (1).....	22
Tabulka 11. Seznam souborů v projektu.....	28
Tabulka 12. Závislost průměrné rychlosti a počtu středisek.....	41

1 Úvod, motivace

Svozně-rozvozové úlohy lze chápat jako svoz a rozvoz zboží (materiálu, osob, poštovních zásilek...). U svozu a rozvozu je kladen význam na vzdálenost, kterou musí obslužná jednotka urazit než se dostane do cíle, čas, po který onen svoz či rozvoz trvá a náklady, které je zapotřebí vynaložit na výstavbu či provoz obslužných středisek.

Velkým problémem, který jistě trápí nejednoho z nás, je nehodovost na pozemních komunikacích. Téměř denně dopravní nehody komplikují provoz na naší nejdelší a zároveň nejzatíženější komunikaci - dálnici D1.

V posledních letech došlo na D1 k výraznému zhoršení dopravní situace. Na zhoršení situace má vliv spolupůsobení několika faktorů - nárůst intenzity provozu, nepříznivé přírodní podmínky, stav komunikace, uzavírky v důsledku oprav a neukázněnost řidičů. V důsledku toho pak vznikají mimořádné události na dálnici - dopravní nehody, kolony vozidel a celkově špatná průjezdnost komunikace.

Řešení těchto mimořádných událostí si často vyžaduje zásahy Integrovaného záchranného systému kraje Vysočina. Management kraje Vysočina si je vědom své zákonné odpovědnosti za zdraví a životy lidí a majetkové škody (vyplývající zejména ze zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému), v současné době však nemá k dispozici nejen prostředky na zlepšení situace, ale ani prostředky na plnění zákonných povinností.

Vhodným rozmístěním středisek složek Integrovaného záchranného systému by mělo být možné finanční prostředky minimalizovat a současně zabezpečit co nejefektivnější obsluhu událostí vznikajících na dálnici.

Cílem práce by tedy měla být aplikace, která dovede z potenciálních středisek obsluhy vybrat takový minimální počet středisek, který pokryje co největší plochu dálnice ve vymezeném čase.

2 Základní pojmy teorie grafů

Neorientovaný graf je představován uspořádanou trojicí $G = (V, X, p)$, kde V označuje množinu vrcholů a X množinu hran grafu G . Zobrazení množiny X na množinu všech neuspořádaných dvojic (u, v) , kde $u, v \in V$ se nazývá incidencí grafu $G - p$. (5, str. 5)

Incidence p grafu přiřazuje každé jeho hraně neuspořádanou dvojici vrcholů: je-li incidence hrany $h \in X$: $p(h) = (u, v)$ hovoříme, že hrana h inciduje s vrcholy u a v . Vrcholy $u, v \in V$ nazýváme krajními vrcholy hrany h . (5, str. 5)

2.1 Lokační úlohy

V praxi se setkáváme s úlohami, které zařazujeme do skupiny lokačně-alokačních úloh. Jedná se například o:

- a) rozmístění stanovišť vozidel hasičské ochrany,
- b) rozmístění stanovišť záchranné služby,
- c) rozmístění pekáren, skladů apod.,
- d) rozmístění poštovních úřadů, bankomatů, apod.,
- e) rozmístění opraven osobních a nákladních automobilů,
- f) rozmístění čistíren, sběren prádla, apod.,
- g) rozmístění skládek posypového materiálu pro zimní údržbu cest, apod.

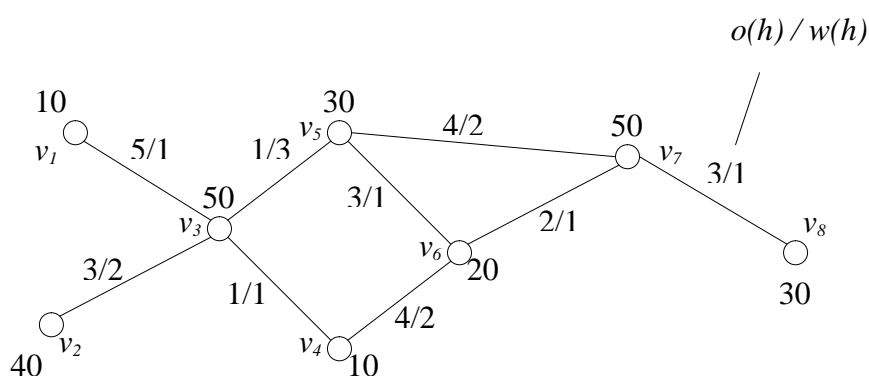
Společným pro všechny tyto úlohy je potřeba výběru místa pro jedno nebo více středisek obsluhy, ze kterých budeme obsluhovat vrcholy nebo úseky sítě. Úlohy mají několik odlišností:

- počty rozmísťovaných středisek,
- jde-li o obsluhu vrcholů, úseků nebo hran sítě,
- kritérium kvality řešení. Úlohy a), b) jsou úlohy typu minmax, kde požadujeme, aby čas t , ve kterém se dosáhne každé místo v síti byl minimální; v ostatních případech jde o to, aby se minimalizoval celkový počet najetých kilometrů,
- ve způsobu obsluhy úseků. V případě a), b) se náhodně (s určitým pravděpodobnostním rozdělením) vybere bod na úseku, který je nutno obsloužit. Vozidlo do bodu zajede a vrátí se

po stejné cestě zpět. V případě g) se úsek (v, w) obsluhuje tak, že obsluha do úseku vstoupí v jednom z vrcholů v nebo w , potom projede celý úsek až do druhého vrcholu, kde úsek opustí.

Kombinací těchto možností dostaneme řadu odlišných úloh, vyžadujících různé matematické modely a metody řešení.

Sítí se rozumí souvislý, vrcholově a hranově ohodnocený graf $G = (V, X)$ bez smyček. Příklad sítě je uveden na obrázku č. 1.



Obrázek 1. Sít' (1)

Sít' vyjadřuje běžnou komunikační sít':

- vrchol – křižovatka komunikací,
- hrana – úsek,
- váha vrcholu – $w(v)$ = požadavek na obsluhu vrcholu,
- ohodnocení hrany – $o(h)$ = délka úseku,
- váha hrany – $w(h)$ = např. důležitost komunikace.

Při výpočtu dopravní práce související s obsluhou vrcholu v_j z depa umístěného ve vrcholu v_i se vychází z následující úvahy. Obsluhující vozidlo se z depa v_i přemístí do obsluhovaného vrcholu v_j po nejkratší cestě, po obsluze se opět po téže nejkratší cestě vydává vozidlo zpět do depa. Počet najetých kilometrů se rovná dvojnásobku vzdálenosti vrcholu v_j od depa v_i tedy: $2 d(v_i, v_j)$.

Projitou vzdálenost násobíme váhou vrcholu $w(v_j)$, která vyjadřuje počet obsluhovaných požadavků ve vrcholu v_j .

Depem se rozumí místo na síti, kde je umístěno středisko obsluhy. Množinu dep označíme D_k , počet dep označíme $k = |D_k|$. Pro k platí: $1 \leq k \leq p$, kde $p = |V|$.

2.1.1 Základní pojmy lokačních úloh

Atrakčním obvodem $A(v)$ depa $v \in D_k$ se označí množina vrcholů a hran sítě, pro které platí:

$u \in A(v)$, pokud \exists depo $w \in D_k$, pro které $d(w, u) < d(v, u)$,

$h \in A(v)$, pokud \exists depo $w \in D_k$, pro které $d(w, h) < d(v, h)$.

Vzdálenost hrany h od depa $v \in D_k$ je definována:

$d(v, h) = \min \{ d(v, r), d(v, s) \}$, kde incidence hrany $h \in X$ je $p(h) = (r, s)$.

Vzdálenost vrcholu $u \in V$ od depa $v \in D_k$ je definována jako délka minimální cesty:

$$d(u, v) = \min_{m(u,v) \in M} \left\{ \sum_{h \in m(u,v)} o(h) \right\}, \text{ kde } M \text{ je množina všech cest mezi vrcholy}$$

u a v .

Prvotním atrakčním obvodem $A'(v)$ depa $v \in D_k$ se rozumí množina všech vrcholů a hran sítě, pro které platí:

$u \in A'(v)$, pokud \exists depo $w \in D_k$, pro které $d(w, u) \leq d(v, u)$,

$h \in A'(v)$, pokud \exists depo $w \in D_k$, pro které $d(w, h) \leq d(v, h)$.

Přiděleným atrakčním obvodem $A^*(v)$ depa $v \in D_k$ se rozumí množina vrcholů a hran sítě splňující následující vztahy:

$$A'(v) \subseteq A^*(v) \subseteq A(v) \text{ pro každé depo } v \in D_k$$

$$\bigcup_{v \in D_k} A^*(v) = X \cup V,$$

$$A^*(v) \cap A^*(u) = \emptyset \text{ pro } u \neq v; u, v \in D_k.$$

2.1.2 Obsluha vrcholů sítě

Množinou dep D_k ($|D_k| = k$) se nazve vrcholově optimální umístění k dep na síti $G = (V, X)$, když pro ni platí:

$$f(D_k) = \min_{D_k} \{f(D'_k)\},$$

$$\text{kde } f(D'_k) = \sum_{v \in D'_k} \sum_{u \in A^+(v)} 2 \times d(u, v) \times w(u).$$

D'_k jsou všechny k – prvkové množiny V .

Pro lokační úlohy platí zevšeobecněná **Hakimiho věta**:

Necht' pro libovolnou množinu bodů (ne vrcholů) sítě $G = (V, X)$ - Y_k jsou funkce $f(Y_k)$, $g(Y_k)$ formálně definovány stejně jako $f(D_k)$, $g(D_k)$. Potom existuje alespoň jedna množina k vrcholů D_k (D'_k) sítě $G = (V, X)$, pro kterou platí:

$$f(D_k) \leq f(Y_k) \text{ resp. } g(D_k) \leq g(Y_k)$$

Lokační problém je kombinatorická úloha třídy $C_k(p)$. Jde o určení kombinace k -té třídy z p prvků $p = |V|$.

Kapitola převzata ze skript Operační výzkum I, Doc. Ing. Josef Volek, CSc., strany 68 – 71.

3 Informace o dopravní nehodovosti za rok 2006

Jelikož se praktický příklad využití aplikace týká nehodovosti a optimalizace rozmístění středisek zdravotnické záchranné služby, následující kapitola pojednává o nehodovosti v České republice za rok 2006.

Počet nehod byl v roce 2006 8. nejnižší od roku 1990, nejvíce nehod bylo v roce 1999 (225 690 nehod) a nejméně v roce 1990 (94 664 nehod). Tento příznivý stav byl jistě do určité míry ovlivněn účinností novely zákona číslo 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích v druhé polovině roku. (1)

Počet usmrcených osob byl nejnižší od roku 1990 a poprvé se dostal pod hranici 1 000 osob. Nejvíce usmrcených bylo v roce 1994, kdy zahynulo 1 473 osob. To znamená, že minulý rok, v porovnání s rokem 1994, zahynulo o 517 osob méně. (1)

Počet těžce zraněných osob byl od roku 1990 také nejnižší. Nejvíce těžce zraněných bylo v roce 1997 (6 632 osob). Poprvé od roku 1990 se roční počet těžce zraněných dostal pod hranici 4 000 osob. (1)

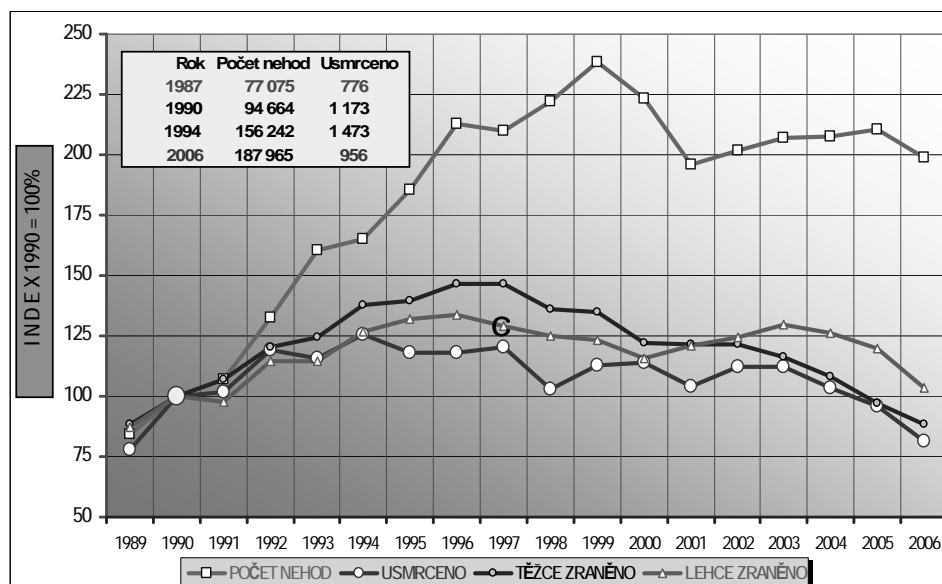
Počet lehce zraněných osob je za posledních 17 let 3. nejnižší a po 14 letech se dostal pod hranici 25 000 osob. Nejvíce lehce zraněných bylo před 10 lety a to v roce 1996 (31 296 osob) a naopak nejméně v roce 1991 (22 806 osob). (1)

Poprvé od roku 1990 dochází ve třech letech po sobě k významnému poklesu počtu usmrcených osob. V roce 2004 bylo usmrceno o 104 osob méně, než v předchozím roce, v roce 2005 činí tento rozdíl 88 osob a v roce 2006 pak 171 osob. Přitom prakticky již v roce 2003 se podařilo zastavit nepříznivý vývoj počtu usmrcených osob. Největší meziroční pokles byl v roce 1998, kdy počet usmrcených byl o 207 osob nižší, než v roce 1997 (pokles byl nejspíše ovlivněn především z důvodu snížení rychlostního limitu v obcích). (1)

Vývoj nehodovosti od roku 1990 až do roku 2006 zobrazuje tabulka č. 1 a obrázek č. 2.

Tabulka 1. Vývoj nehodovosti od roku 1990 (1)

ROK	POČET NEHOD	USMRCENO	TĚŽCE ZRANĚNO	LEHCE ZRANĚNO	Hmotná škoda v mil. Kč
1990	94 664	1 173	4 519	23 371	606,0
1991	101 387	1 194	4 833	22 806	1 014,2
1992	125 599	1 395	5 429	26 708	1 794,2
1993	152 157	1 355	5 629	26 821	2 988,3
1994	156 242	1 473	6 232	29 590	4 262,9
1995	175 520	1 384	6 298	30 866	4 877,2
1996	201 697	1 386	6 621	31 296	6 054,4
1997	198 431	1 411	6 632	30 155	5 981,6
1998	210 138	1 204	6 152	29 225	6 834,0
1999	225 690	1 322	6 093	28 747	7 148,8
2000	211 516	1 336	5 525	27 063	7 095,8
2001	185 664	1 219	5 493	28 297	8 243,9
2002	190 718	1 314	5 492	29 013	8 891,2
2003	195 851	1 319	5 253	30 312	9 334,3
2004	196 484	1 215	4 878	29 543	9 687,4
2005	199 262	1 127	4 396	27 974	9 771,3
2006	187 965	956	3 990	24 231	9 116,3



Obrázek 2. Vývoj nehod a jejich následků, trend od roku 1990 (1)

Z porovnání četností základních ukazatelů vyplývá, že v průměru každé necelé 3 minuty (přesně 2,8 minut) šetřila Policii ČR nehodu, každých 22 minut byl při nehodě lehce zraněn člověk a každé 2,2 hodiny těžce. V průměru každých 9,2 hodiny zemřel při nehodě člověk. Každou hodinu pak byla způsobena hmotná škoda přesahující jeden milión Kč (přesně 1 040 674 Kč). Všechny tyto údaje jsou příznivější, než v roce 2005. (1)

3.1 Hlavní příčiny dopravních nehod

Počty nehod a počty usmrcených osob podle sledovaných hlavních příčin nehod řidičů motorových vozidel v roce 2006 zobrazuje tabulka č. 2.

Tabulka 2. Hlavní příčiny nehod a jejich následky (1)

Hlavní příčina nehody rok 2006	Počet nehod	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených
NEPŘIMĚŘENÁ RYCHLOST	25 892	420	-61
NESPRÁVNÉ PŘEDJÍZDĚNÍ	3 732	35	-36
NEDÁNÍ PŘEDNOSTI	31 376	107	-35
NESPRÁVNÝ ZPŮSOB JÍZDY	113 152	293	-28

Hlavní příčina (nesprávný způsob jízdy) se podílí téměř na 2/3 počtu nehod zaviněných řidiči motorových vozidel. Dalších 18% nehod připadá na nedání přednosti v jízdě, necelých 15% nehod připadá na nepřiměřenou rychlost jízdy a 2,1% nehod zavinili řidiči z důvodu nesprávného předjíždění. Nejvíce osob bylo usmrceno díky nepřiměřené rychlosti jízdy (420 osob, tj. přes 49% z následků nehod řidičů motorových vozidel). (1)

Jak vyplývá z tabulky č. 3, nejtragičtější příčinou nehod v roce 2006 bylo nepřizpůsobení rychlosti technickému stavu vozovky (téměř každá 7. oběť nehod), následují nehody zaviněné z důvodu vjetí do protisměru a nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky (shodně téměř každá 9. oběť). Celkem pak na tyto tři nejtragičtější příčiny připadá více jak 37% (každá necelá 3. oběť nehod v roce 2006) celkového počtu usmrcených osob. (1)

Tabulka 3. Přehled nejtragičtějších nehod v roce 2006 (1)

pořadí	DESET nejtragičtějších příčin nehod řidičů motorových vozidel; rok 2006	počet usmrcených osob
1.	nepřizpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	147
2.	vjetí do protisměru	104
3.	nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky	103
4.	řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	95
5.	nepřizpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladu	63
6.	nezvládnutí řízení vozidla	32
7.	nedání přednosti upravené dopravní značkou "DEJ PŘEDNOST V JÍZDĚ! ,	30
8.	nepřizpůsobení rychlosti viditelnosti	30
9.	překročení předepsané rychlosti stanovené pravidly	28
10.	nepřizpůsobení rychlosti hustotě provozu	25

3.2 Druhy dopravních nehod

V tabulce č. 4 je uveden přehled o druzích nehod a jejich následcích.

Tabulka 4. Přehled druhů nehod a jejich následků (1)

druh srážky; rok 2006	Počet nehod	Počet usmrcených	Závažnost nehod
s jedoucím vozidlem	102 956	409	4,0
s vozidlem zaparkovaným	31 728	19	0,6
s pevnou překážkou	26 908	250	9,3
s chodcem	4 031	171	42,4
se zvěří	6 692	0	0,0
s vlakem	262	22	84,0
Havárie	10 557	75	7,1
jiný druh nehody	4 831	10	2,1

Nejčastějším druhem nehody byla srážka jedoucích vozidel (54,8% z celkového počtu nehod) a srážka s vozidlem zaparkovaným nebo odstaveným (16,9%). Poměrně vysoký je i počet nehod končících srážkou s pevnou překážkou (14,3%) a nejčastěji se jedná o tzv. jinou překážku (oplocení, násep, nástupní ostrůvek apod.) a dále o kolizi se stromem a svodidlem. (1)

3.3 Časové rozložení dopravních nehod

Tabulka 5. Nehody a jejich následky ve dnech roku 2006 (1)

Den v týdnu rok 2006	Počet nehod	Rozdíl nehod	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených
Pondělí	29 665	-2 807	115	-49
Úterý	28 790	-168	124	-22
Středa	29 603	-1 019	137	15
Čtvrtek	29 572	-1 537	116	-9
Pátek	33 238	-1 528	165	-27
Sobota	20 406	-2 905	170	-27
Neděle	16 691	-1 333	129	-52

Z tabulky č. 5 vyplývá, že ve všech dnech týdne došlo ke snížení počtu nehod (oproti roku 2005) a největší relativní snížení je u sobotních nehod (o 12,5%). Počet nehod v prvních čtyřech dnech týdne je až vzácně vyrovnaný. Významnější extrémní hodnoty představují pouze páteční a nedělní nehody, které jsou, v porovnání s průměrnou hodnotou vyšší téměř o 24% (pátek), resp. o 38% nižší (neděle). (1)

Nejvíce obětí na lidských životech připadá na sobotní nehody, při kterých bylo již letos usmrceno 170 osob a velmi vysoký počet usmrcených připadá i na páteční a středeční nehody (165 a 137 osob). V porovnání s rokem 2005 byl počet usmrcených osob vyšší pouze u středečních nehod (o 12,3%). Nevyšší relativní snížení zaznamenáváme u pondělních nehod (o 29,9%). (1)

Nejvíce nehod v roce 2006 bylo v červnu (18 011) a v březnu (17 723), porovnání je v tabulce. Nejméně nehod policie šetřila v červenci (11 721 nehod). (1)

Nejvyšší počet usmrcených osob bylo při říjnových a listopadových nehodách (101, resp. 99 osob). S výjimkou měsíců února, března a dubna byl v ostatních měsících nižší počet úmrtí. Největší absolutní pokles nastal u červencových nehod (o 47 osob), červnové nehody si vyžádali o 28 obětí méně, srpnové a prosincové shodně o 24 obětí méně, říjnové o 23 osob apod. (viz. tabulka č. 6). V porovnání s rokem 2005 byl počet usmrcených v I. pololetí 2006 nižší o 7,26%, ale ve druhém pololetí (po zavedení bodového systému) již o 20,79%. (1)

Tabulka 6. Nehody a počty usmrcených v jednotlivých měsících (1)

Měsíc	Počet nehod		Počet usmrcených	
	ROK 2006	ROK 2005	ROK 2006	ROK 2005
LEDEN	17 395	16 961	64	79
ÚNOR	16 862	16 375	<u>57</u>	51
BŘEZEN	17 723	15 527	<u>67</u>	65
DUBEN	15 595	14 168	71	66
KVĚTEN	17 001	16 827	85	89
ČERVEN	18 011	16 707	90	118
ČERVENEC	<u>11 721</u>	15 937	73	120
SRPEN	13 566	17 065	79	103
ZÁŘÍ	13 878	16 536	94	103
ŘÍJEN	15 803	16 721	101	124
LISTOPAD	15 604	17 693	100	110
PROSINEC	14 806	18 745	75	99

3.4 Místa dopravních nehod

V tabulce č. 7 je uvedeno členění nehod a jejich následků podle místa nehody, tj. zda k nehodě došlo v obci, mimo obec nebo na dálnici. Index představuje porovnání s rokem 2005 (rok 2005= 100%).

Tabulka 7. Členění nehod podle místa nehody (1)

Místo nehody rok 2006	Počet nehod	Počet usmrcených	Počet těžce zraněných	Počet lehce zraněných	Hmotná škoda v mil. Kč
V OBCI Index rok 2005=100%	138 396 95,1	366 86,1	2 086 90,5	14 073 85,5	5 506,05 92,6
MIMO OBEC Index rok 2005=100%	49 569 92,3	590 84,0	1 904 91,1	10 158 88,2	3 610,29 94,4
z toho DÁLNIČE Index rok 2005=100%	4 871 99,9	31 81,6	102 78,5	518 91,7	605,49 98,9

Tabulka č. 8 ukazuje vývoj počtu usmrcených osob při nehodách v obci a mimo obec za posledních 10 let.

Tabulka 8. Počty usmrcených osob v obci a mimo obec (1)

3.4.1.1.1 Rok	počet usmrcených osob	
	v obci	mimo obec
1997	583	828
1998	464	740
1999	507	815
2000	520	816
2001	455	764
2002	501	813
2003	486	833
2004	438	777
2005	425	702
2006	366	590

Počet usmrcených osob v obci v roce 2006 je v období posledních 10 let nejnižší. V tomto období byl nejhorší rok 2000, kdy při nehodách v obci zahynulo 520 lidí. Počet mrtvých při nehodách mimo obec byl v roce 2006 také nejnižší. Oproti roku 2005 bylo při nehodách v obci usmrceno o 59 osob méně a při nehodách mimo obec o 112 osob méně. (1)

Při nehodách v obci jsou nejvíce postiženou kategorií chodci, kterých v roce 2006 zahynulo 108 (o 54 chodců méně), z toho 64 (téměř 60%) při ne-

hodách v denní době. Snížení počtu usmrcených chodců (v porovnání s rokem 2005) v obci se projevilo nejvíce v noční době, kdy zahynulo o 43 chodců méně, tj. o 49,4%. Nejvíce usmrcených chodců při nočních nehodách v obci připadá na silnice I. třídy (17 osob) a na sledované komunikace ve vybraných městech (14 usmrcených chodců). Při denních nehodách v obci bylo nejvíce usmrcených chodců na sledovaných komunikacích ve vybraných městech (20 osob) a na místních komunikacích (19 osob). (1)

3.5 Druh komunikace

V roce 2006 připadlo z celkového počtu nehod 27,9% na místní komunikace, na silnice I. třídy připadá 17,5%, na silnice II. třídy 14% apod. V porovnání s rokem 2005 bylo více nehod pouze na místních komunikacích (o 3,6%). Nejvyšší relativní pokles zaznamenáváme na silnicích III. třídy (o 9,7%).(1)

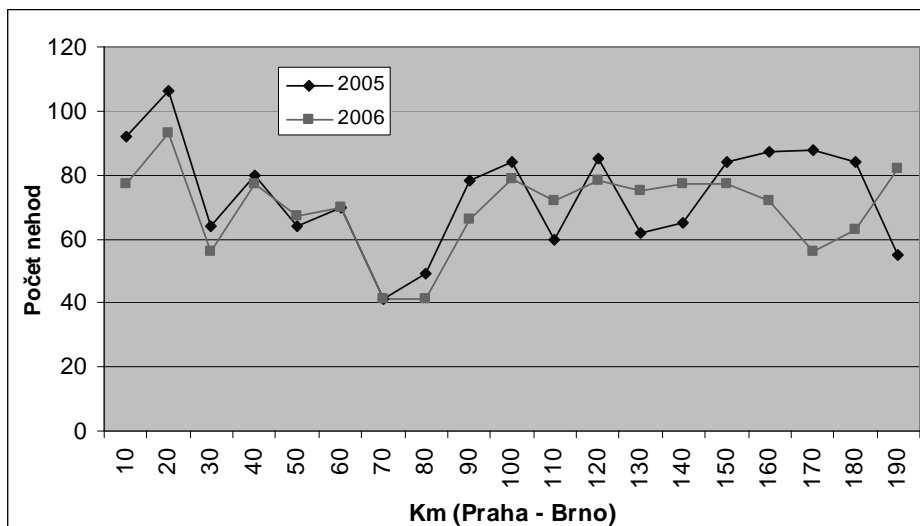
Nejvíce usmrcených bylo při nehodách zaviněných na silnicích I., II. a III. třídy, na které z celkového počtu připadá 39,4%, 22,2% a 16,4%. Oproti roku 2005 byl počet usmrcených nižší na všech druzích komunikací a největší relativní pokles byl na účelových komunikacích (o 31,8%) a na dálnicích (o 18,4%). Z celkového počtu připadá na dálnice 2,6% nehod a 3,2% usmrcených osob. Počty nehod a rozdíly oproti roku 2005 ukazuje tabulka č. 9.(1)

Tabulka 9. Nehod a počty usmrcených na komunikacích (1)

druh komunikace rok 2006	Počet nehod	Rozdíl nehod	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených
Dálnice	4 871	-3	31	-7
Silnice I. třídy	32 856	-2 294	377	-63
Silnice II. třídy	26 340	-2 666	212	-39
Silnice III. třídy	19 541	-2 096	157	-32
Komunikace sledovaná	35 280	-1 785	90	-14
Komunikace místní	52 484	1 831	74	-9
Účelová komunikace	16 593	-4 284	15	-7

3.6 Nehodovost na D1

Následující graf (obrázek č. 3) zachycuje porovnání počtů nehod na dálnici D1 ve směru Praha – Brno za roky 2005 a 2006. Jak lze pozorovat ve většině případů se počet nehod v roce 2006 oproti roku 2005 snížil, výjimkou jsou úseky na 120, 130 a 140 Km.



Obrázek 3. Počty nehod na dálnici D1 (Směr Praha – Brno) (1)

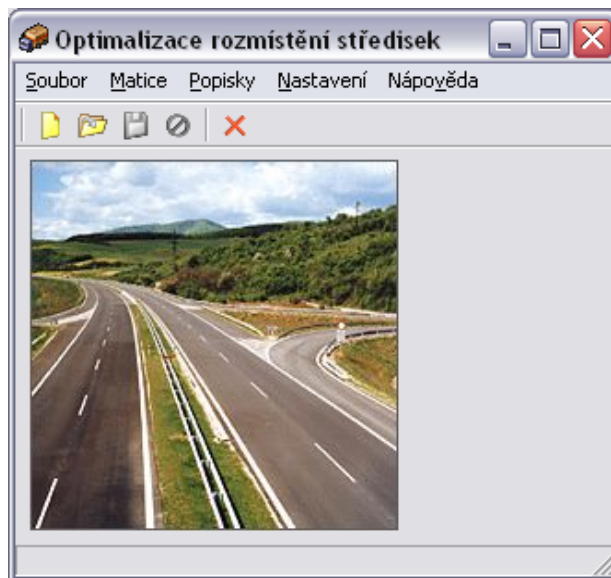
Tabulka č. 10 uvádí přehled úseků dálnice D1, kde se v roce 2005 stalo nejvíce nehod.

Tabulka 10. Přehled úseků D1 s nejvíce nehodami v roce 2005 (1)

Km	Popis místa	Počet nehod	Směr jízdy
111.	čerpací stanice u sjezdu na Jihlavu	29	Praha – Brno
82.	v kopci hrozí, že se auto dostane do smyku	27	Praha – Brno
11.	sjezd na Jesenici	48	Brno – Praha
52.	motorest Zajíček u Střechova	34	Praha – Brno
204.	hustý provoz na okraji Brna a složitý sjezd na Brno-východ	13	Směr Vyškov
212.	jde o mírnou zatáčku, řidiči nedávají dostatečný pozor	18	Směr Brno

4 Uživatelská dokumentace

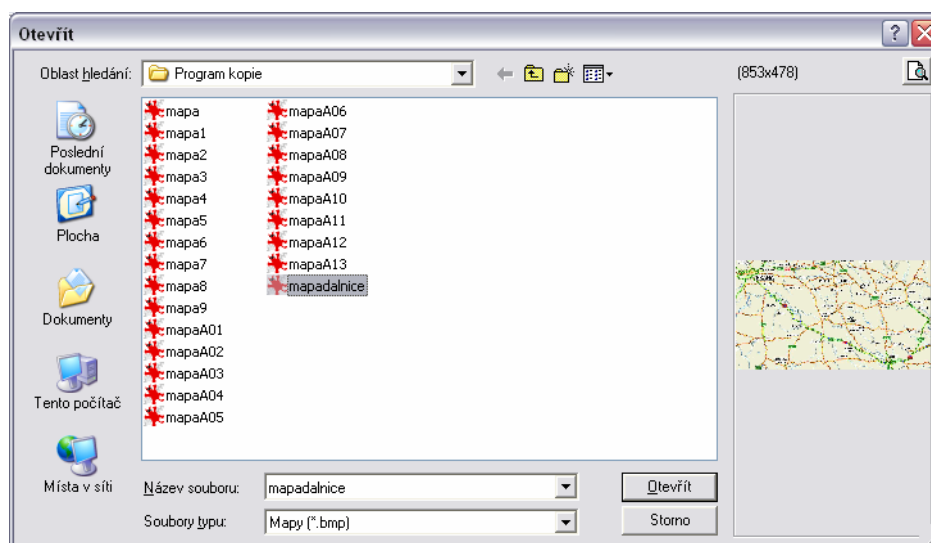
Po spuštění programu se před uživatelem objeví hlavní okno aplikace (obrázek č. 4).



Obrázek 4. Úvodní obrazovka aplikace

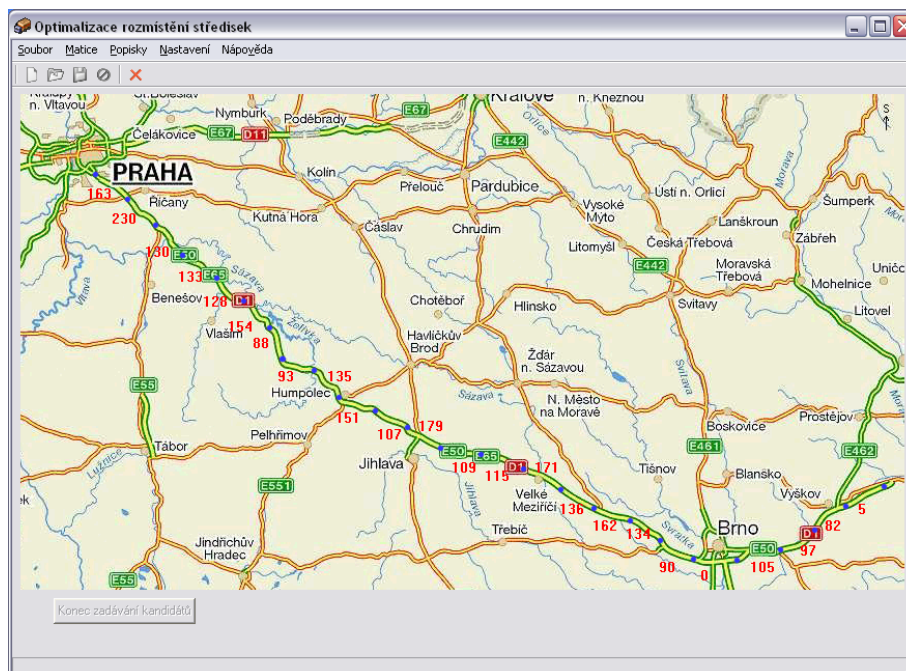
4.1 Založení nového projektu

Po volbě nového projektu, se zobrazí okno (obrázek č. 5) s výběrem mapy (obrázku na pozadí). Lze si vybrat z map dodávaných s aplikací, či použít vlastní mapu (použitá mapa musí být ve formátu *.BMP – *BitMaP*, jiné formáty nelze v programu načíst).



Obrázek 5. Okno s výběrem mapy na pozadí

Po výběru mapy se obrázek načte na pozadí hlavního okna, které automaticky změní svoji velikost dle velikosti načítaného obrázku.



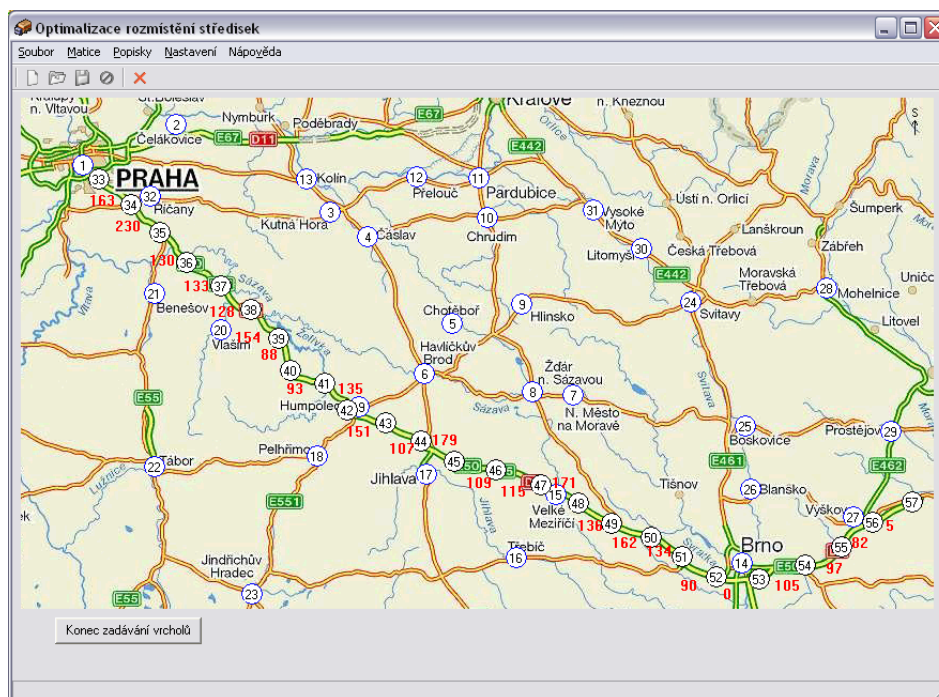
Obrázek 6. Plocha aplikace připravená pro zadávání kandidátů

Pracovní plocha je nyní připravena pro zadávání středisek obsluhy (tzv. kandidátů – viz obrázek č. 6).

Pro jejich umístění stačí kliknout kamkoli do prostoru obrázku, zobrazí se kruh s modrým okrajem symbolizující kandidáty. Ukončení zadávání středisek se provede kliknutím na tlačítko „Konec zadávání kandidátů“.

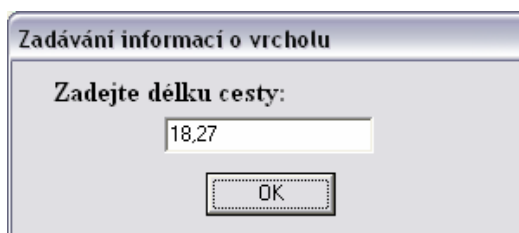
Všechny vrcholy v projektu jsou číslovány (počínaje číslem 1 s krokem 1), toto číslování lze kdykoli vypnout/zapnout v menu „Popisky“.

Po kliknutí se program nastaví do režimu zadávání obsluhovaných vrcholů. Jejich zadávání a ukončení se provádí stejným způsobem jako v předchozím případě – kliknutím na tlačítko „Konec zadávání vrcholů“. Stav aplikace před provedením kliknutí by měl vypadat obdobně jako na obrázku č. 7.



Obrázek 7. Vzhled aplikace před ukončením zadávání vrcholů

Poslední fáze přípravy projektu zahrnuje propojení vrcholů hranami. Tyto hrany představují spojnice mezi jednotlivými vrcholy (např. silnice). Vložení hran se provádí výběrem krajních vrcholů. Po výběru počátečního vrcholu (vrchol se po výběru zbarví do červena) stačí vybrat vrchol koncový. Po jeho označení je potřeba zadat vzdálenost mezi těmito vrcholy, tj. zadat ohodnocení hrany spojující vrcholy (obrázek č. 8).

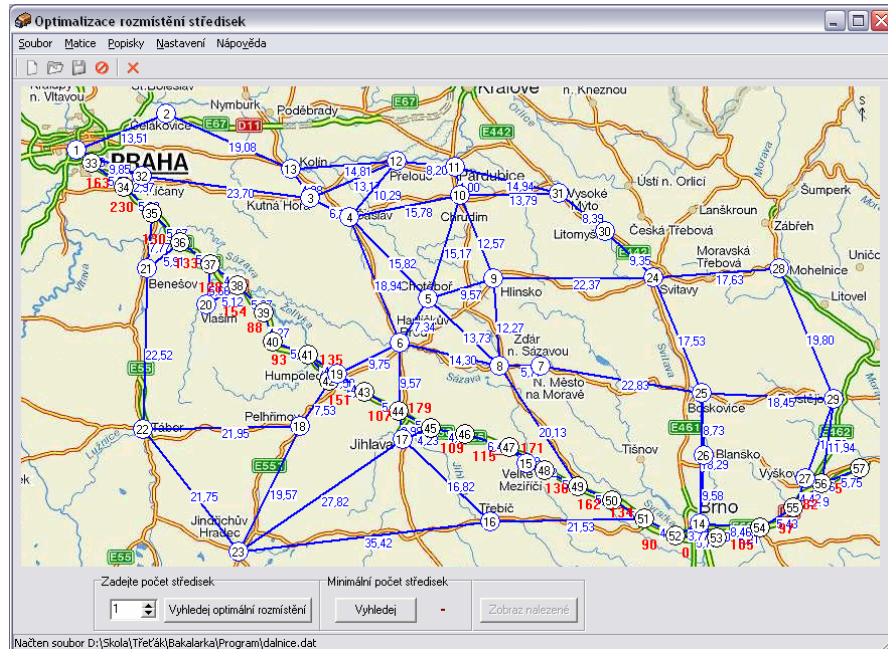


Obrázek 8. Zadávání délky hrany

V okně je přednastavena vzdálenost, která vychází z nastavení měřítka mapy. Měřítka je možné nastavit v nastavení programu na kartě měřítka. Měřítka se v nastavení zadává jako vzdálenost z levého konce mapy do pravého v km. Po potvrzení (tlačítko „OK“) se vrcholy propojí hranou s uvedenou délkou. Ukončování zadávání hran se provede kliknutím na tlačítko „Konec zadávání hran“.

4.2 Práce s vytvořeným projektem

Po dokončení předchozího bodu textu, či po volbě načíst v programu a následném výběru uloženého projektu (dalnice.dat) vypadá plocha aplikace jako na obrázku č. 9.

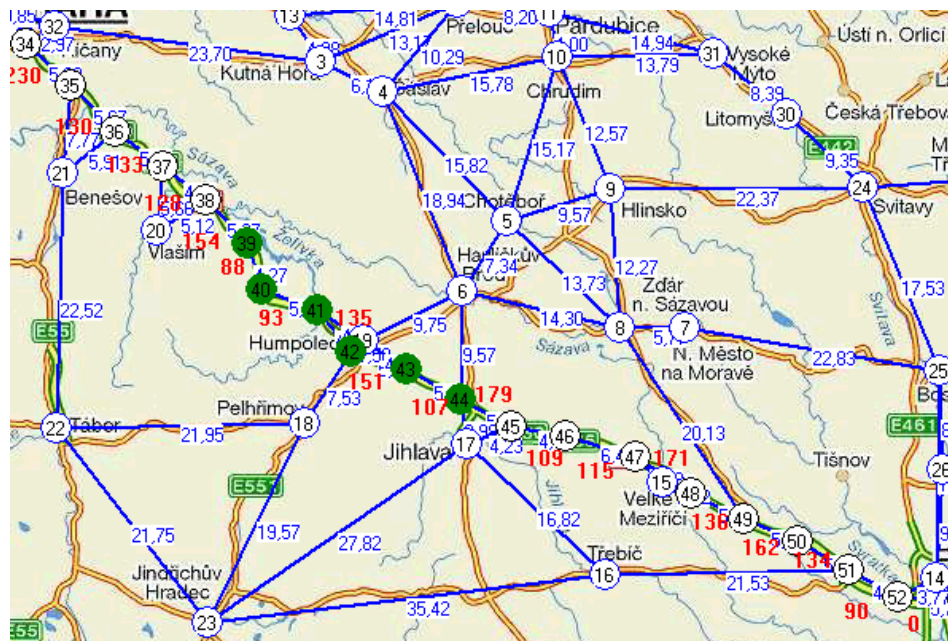


Obrázek 9. Plocha aplikace s načteným projektem

V nastavení popisků je možné vypnout (následně i zapnout) číselné hodnoty délky hran a číslování vrcholů, díky tomuto nastavení lze více přehlednit celou pracovní plochu.

Menu má nyní přístupné položky „Matice přímých vzdáleností“ a „Distanční matice“, které zobrazují vzdálenosti mezi vrcholy zadané při tvorbě projektu.

Program zahrnuje funkci alokování obsluhovaných vrcholů z jednotlivých středisek obsluhy. V závislosti na nastavení průměrné rychlosti vozidla a času, do kterého musí být vrchol obslužen, jsou zeleně podbarveny ty vrcholy, které je určitý vrchol chopen za zadaných podmínek obslužit (obrázek č. 10). Funkce je automaticky aktivní po kliknutí na kterékoli středisko obsluhy.

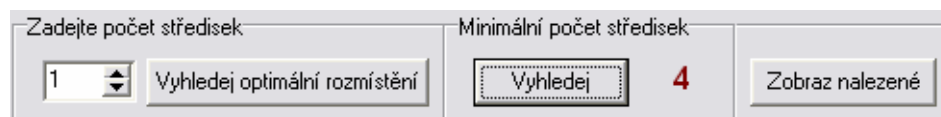


Obrázek 10. Zobrazení dosažitelných vrcholů z vrcholu č. 18

Ve spodní části aplikace (přímo pod mapou) se nacházejí hlavní ovládací prvky celé aplikace. Jedná se především o možnost zadání počtu středisek, která se mají optimálně rozmístit. Po zadání určitého počtu a následném kliknutí na tlačítko „Vyhledej optimální rozmístění“ se spustí vestavěný algoritmus, který posuzuje kombinace středisek hned z několika hledisek. Konkrétně záleží na počtu dosažitelných vrcholů obsluhy ze střediska obsluhy, dále na počtu vrcholů, které dosud nejsou obslouženy a nakonec na nejmenším součtu vzdáleností ze střediska obsluhy do všech vrcholů obsluhy. Nalezená střediska obsluhy se po dokončení vyhledávání podbarví modrou barvou.

Tlačítko „Vyhledej“ používá stejný algoritmus vyhledávání, který je ovšem ukončen při nalezení takového počtu vrcholů obsluhy, který pokryje všechny obsluhované vrcholy. Vyhledané vrcholy jsou rovněž podbarveny modrou barvou. Pokud je minimální počet nalezen vypíše se údaj vedle tlačítka „Vyhledej“ jako počet minimálních vrcholů obsluhy potřebných pro obsloužení všech obsluhovaných vrcholů.

Poslední ovládací tlačítko pod mapou „Zobraz nalezené“ slouží k opětovnému zobrazení posledních vyhledávaných vrcholů. Na obrázku č. 11 je vyobrazen celý ovládací panel nacházející se pod mapou.



Obrázek 11. Ovládací panel pro vyhledávání vrcholů

5 Programátorská dokumentace

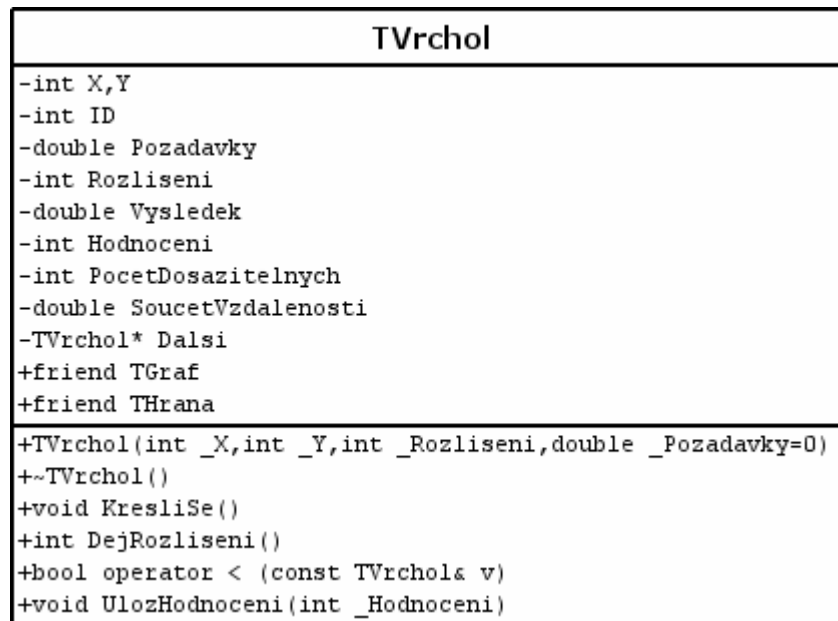
Program byl vytvořen pod operačním systémem Windows XP ve vývojovém prostředí Borland C++ Builder (jazyk C++). Díky tomuto nástroji by měl bezproblémově pracovat v operačních systémech Windows (95/98/2000/XP).

Celý projekt se skládá z několika souborů. V tabulce č. 11 je uveden seznam souborů, z kterých se projekt skládá.

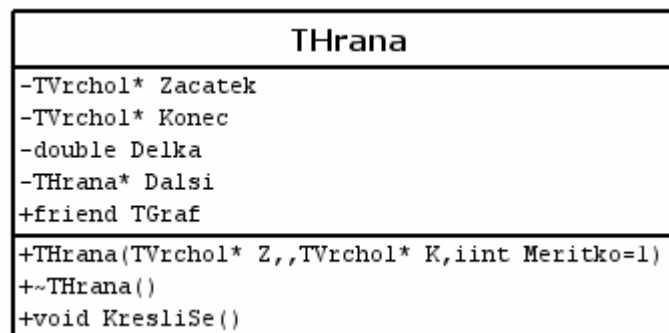
Tabulka 11. Seznam souborů v projektu

Soubor	Popis
Project1.bpr	Hlavní soubor aplikace
Project1.cpp	Soubor s vytvořením formulářů
Unit1.*	Funkce, objekty pro obsluhu hlavního okna aplikace
Unit2.*	Obsluha okna pro zadávání informací o vrcholu a hraně
Unit3.*	Okno s maticí přímých vzdáleností
Unit4.*	Okno s distanční maticí
Unit5.*	Okno s obsluhou nastavení aplikace
Unit6.*	Okno s informacemi o programu
Unit7.*	Okno s ukazatelem průběhu operace
Graf.cpp	Třídy na obsluhu grafu, hrany, vrcholu
Nastaveni.cpp	Obsahuje třídu pro obsluhu nastavení programu
Unit7.*	Okno s ukazatelem průběhu operace

V souboru Graf.h jsou definovány třídy na obsluhu celé aplikace. Níže uvedené UML objekty zobrazují třídy TVrchol (obrázek č. 12) a THrana (obrázek č. 13), jejich atributy a metody. Třída TGraf je díky své rozsáhlosti uvedena v příloze A.



Obrázek 12. UML zobrazení třídy TVrchol



Obrázek 13. UML zobrazení třídy THrana



Obrázek 14. UML zobrazení třídy Nastaveni

Soubor Nastaveni.h obsahuje třídu TNastaveni, jejíž atributy a metody vystihuje obrázek č. 14.

5.1 Rozbor několika důležitých metod

Následující kapitola popisuje některé důležité metody třídy TGraf.

5.1.1 TGraf::DejVzdalenost(TVrchol* Z, TVrchol* K)

Tato metoda je výchozí metodou pro výpočet matice přímých vzdáleností. Při vyhledávání vzdálenosti se postupně prochází všechny hrany a hledá se ta hrana, která má koncové vrcholy právě „Z“ a „K“, při nalezení metoda vrátí délku hrany. Pokud se taková hrana v seznamu hran nevyskytuje je vzdálenost mezi vrcholy rovna nekonečnu (v aplikaci je nekonečno uváděno jako číslo 1000000000).

```

THrana* Pomocna = Hrany;
while(Pomocna!=0){
    if ((Pomocna->Zacatek==Z && Pomocna->Konec==K) ||
        (Pomocna->Zacatek==K && Pomocna->Konec==Z)) {
        return Pomocna->Delka;
    }
    Pomocna = Pomocna->Dalsi;
}
return 1000000000;

```

5.1.2 TGraf::PocitejMaticiVzdalenosti()

Zjišťují přímé hrany mezi vrcholy (pokud existují) a jejich vzdálenosti se ukládají do struktury - matice přímých vzdáleností.

Metoda pro každou kombinaci vrcholů i, j ; $i \neq j$ volá metodu $DejVzdalenost(i, j)$, jejíž výsledek je přímá vzdálenost mezi vrcholy i, j .

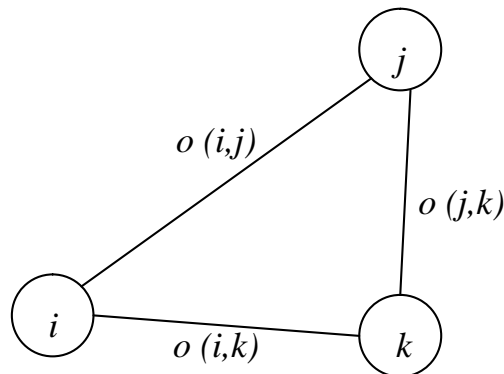
```
for(int i=0; i<PocetVrcholu; i++){
  for(int j=0; j<PocetVrcholu; j++){
    if(i==j) Maticevzdalenosti[i][j] = 0;
    else{
      Maticevzdalenosti[i][j]=DejVzdalenost(i, j);
    }
  }
}
```

5.1.3 TGraf::PocitejDistančniMatici()

Pro výpočet distanční matice (matice, která vyjadřuje vzdálenosti mezi vrcholy) byl použit Floydův algoritmus, který vychází z matice přímých vzdáleností. Proto se nejdříve zkopíruje matice přímých vzdáleností do výchozí distanční matice.

```
for(int i=0; i<PocetVrcholu; i++){
  for(int j=0; j<PocetVrcholu; j++){
    DistančniMaticevzdalenosti[i][j] = Maticevzdalenosti[i][j];
  }
}
```

Floydův algoritmus je založen na porovnání hodnot přímých a nepřímých vzdáleností.



Obrázek 15. Ilustrační obrázek pro pochopení Floydova algoritmu (5)

Hrana (i, j) patří do minimální cesty tehdy, pokud nevede minimální cesta jinudy. Obrázek č. 15 nastiňuje tento problém graficky. Matematicky zapsáno:

$$o(i, k) + o(k, j) < o(i, j).$$

- Algoritmus je tvořen z následujících kroků:
 - 1) Sestavení matice přímých vzdáleností C , přičemž pro prvky c_{ij} této matice platí:
 - § $c_{ij} = 0$ pokud $i = j$,
 - § $c_{ij} = o(i, j)$ pokud $i \neq j$ a hrana spojující uzly i, j existuje,
 - § $c_{ij} = \infty$ pokud $i \neq j$ a hrana spojující uzly i, j neexistuje.
 - 2) Zavedeme pomocnou proměnnou k a položíme $k = 1$. Tato proměnná představuje index vrcholu, pře který provádíme přepočty.
 - 3) Provedeme přepočty jednotlivých prvků c_{ij} matice C podle pravidla $c_{ij} = \min\{c_{ij}, c_{ik} + c_{kj}\}$, přičemž nepočítáme prvky matice, pro které platí $i = j$ (hlavní diagonála matice), prvky, pro které platí $i, j = k$ (leží v řádku či sloupci s indexem k), a prvky $i \neq k$ a $j \neq k$, pro které $c_{ik} = \infty$ a $c_{kj} = \infty$.
 - 4) Pokud $k < n$ (n je počet vrcholů grafu), potom položíme $k = k + 1$ a vrátíme se zpět ke kroku 3). Je-li $k = n$, je výpočet ukončen a poslední získaná matice je hledanou maticí vzdáleností.

Níže je uvedena část kódu, která je součástí programu (metody *PocetVrcholu* a *DejDistancniMatici()*)

```
for(int k=0;k<PocetVrcholu;k++){
    for(int i=0;i<PocetVrcholu;i++){
        for(int j=0;j<PocetVrcholu;j++){
            if(DistancniMatice[i][j]>
                (DistancniMatice[i][k]+DistancniMatice[j][k]))
                DistancniMatice[i][j]=DistancniMatice[i][k]+DistancniMatice[j][k];
        }
    }
}
```

5.1.4 TGRAF::UlozHodnoceni(TVrchol* v)

Metoda nastaví vrcholu „v“ počet dosažitelných vrcholů (tj. vrcholů, které jsou ve vzdálenosti – průměrná rychlost * čas), dále pak součet vzdáleností z vrcholu „v“ do všech obsluhovaných vrcholů („i“).

```
pom = DejDistancniMatici(VychoziVrchol, i);
if (pom<1000000000){
    v->SoucetVzdalenosti += pom;
}
```

Navíc se v metodě každému obsluhovanému vrcholu, který je v dosahu nastaví ohodnocení na 100 (tato ohodnocení se pro každý následující vrchol „v“ nulují).

```
NastavVychoziVrchol(v);
if (pom<(Form1->Nastaveni.DejRychlost()*v_cas)){
    SeznamVrcholu[i]->UlozHodnoceni(100);
    v->PocetDosazitelnych ++;
}
```

5.1.5 TGRAF:: HledejOptimalni(int a_pocet)

Tato metoda je klíčovou metodou celé aplikace. Slouží k optimálnímu výběru „a_pocet“ kandidátů ze všech možných kandidátů.

Ke zjištění optimálních vrcholů je zapotřebí otestovat všechny kombinace vrcholů, které mohou být potenciálními kandidáty. Pro zjištění počtu všech možných kombinací pomáhá vzorec z kombinatoriky.

Definice kombinace: „ k -členná kombinace z n prvků je neuspořádaná k -tice sestavená z těchto prvků tak, že každý se v ní vyskytuje nejvýše jednou.“

Pro všechna celá nezáporná čísla $n, k, k \leq n$, je

$$K(k, n) = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

Zjištěný počet kombinací K slouží k určení celkového počtu cyklů, které bude muset program vykonat pro stanovení optimálních vrcholů. Pro velký počet kombinací (řádově tisíc a výš) se při hledání v programu objeví ukazatel průběhu vyhledávání.

Pro každou kombinaci vrcholů se testuje několik kritérií. První a hlavní kritérium k určení optimálních vrcholů je součet všech ohodnocení nastavených na obsluhovaných vrcholech. Součet vyjadřuje počet vrcholů, které je možné obsloužit danou kombinací středisek obsluhy. Tím je zajištěn, největší možný počet obslužených vrcholů při dané rychlosti a v daném čase.

```
v_pom = DejSoucetHodnoceni();
v_pom2 = SoucetPoctuDosažitelných;
v_pom3 = SoucetVzdalenosti;
if (v_SoucetHodnoceni < v_pom){
    v_SoucetHodnoceni = v_pom;
    v_Pocet = v_pom2;
    for (int i=0; i<a_pocet; i++){
        SeznamKandidatu[i] = SeznamKandidat[seznam[i]];
    }
    v_SoucetVzdalenosti = v_pom3;
}
```

Může se stát, že maximální počet obslužených vrcholů bude při různých kombinacích obsluhujících vrcholů stejný. Přichází tedy na řadu další kritérium výběru. Tím je celkový počet dosažitelných obsluhovaných vrcholů z jednotlivých obsluhujících vrcholů. Toto kritérium zajišťuje, že v případě obslužení maximálního počtu obsluhovaných vrcholů několika různými kombinacemi vrcholů obsluhy, se vybere ta kombinace obsluhujících vrcholů, která má největší počet dosažitelných vrcholů obsluhy.

Třetí a poslední kritérium pro zjištění optimálního rozmístění se testuje, pokud je předchozí součet počtu dosažitelných vrcholů obsluhy roven aktuálnímu součtu dosažitelných vrcholů obsluhy. V tomto případě se porovnává

součet vzdáleností z obsluhujícího vrcholu do všech obsluhovaných vrcholů. Čím menší součet vzdáleností tím menší by měla být i vzdálenost z vrcholu obsluhy do jednotlivých obsluhovaných vrcholů.

```
if (v_SoucetHodnoceni==v_pom){
    if (v_pom2 == v_Pocet){
        if (v_pom3 < v_SoucetVzdalenosti){
            v_SoucetVzdalenosti = v_pom3;
            for (int i=0; i<a_pocet; i++){
                SeznamKandidatu[i] = SeznamKandidat[seznam[i]];
            }
        }
    }
    if (v_pom2 > v_Pocet){
        v_Pocet = v_pom2;
        for (int i=0; i<a_pocet; i++){
            SeznamKandidatu[i] = SeznamKandidat[seznam[i]];
        }
        v_SoucetVzdalenosti = v_pom3;
    }
}
```

Po skončení cyklu se na mapě vykreslí vrcholy uložené v proměnné SeznamKandidatu[].

6 Úloha z praxe

Praktická úloha, pro předvedení využití aplikace, nese název „**Poskytnutí včasné pomoci při dopravních nehodách na úsecích dálnice D1**“, nebo také „**Optimalizace rozmístění středisek záchranné služby kolem dálnice D1**“. V úloze je zapotřebí stanovit několik základních podmínek, které, omezují výběr středisek.

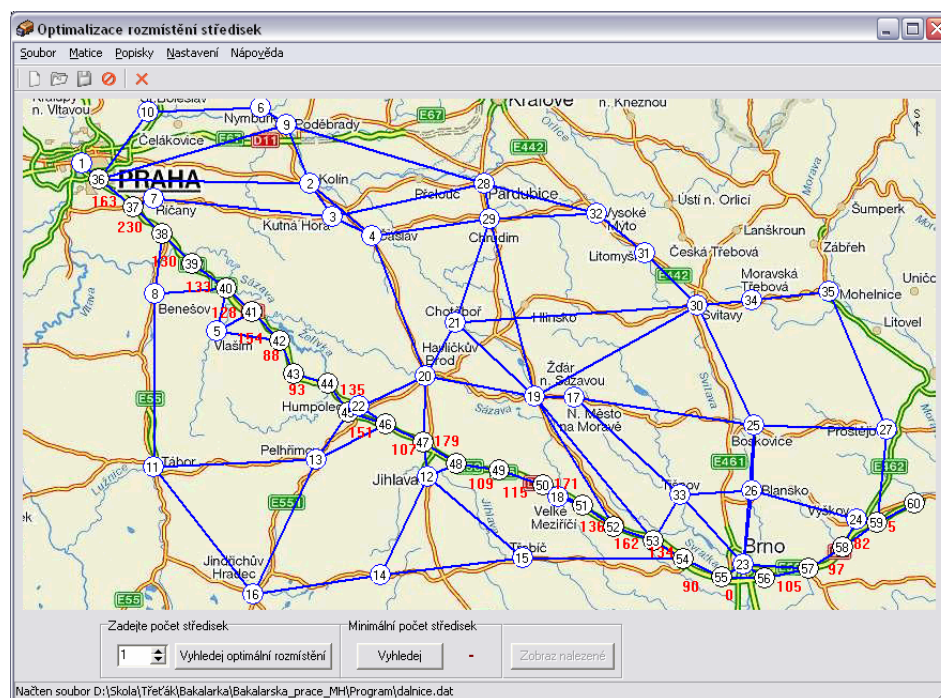
Jednou z podmínek je **Vyhláška 434/1992 sb. ministerstva zdravotnictví České republiky ze dne 28. července 1992 o zdravotnické záchranné službě**, ve které je mimo jiné uvedeno „*Sít' zdravotnické záchranné služby musí být organizována tak, aby byla zabezpečena dostupnost přednemocniční neodkladné péče a její poskytnutí do 15 minut od přijetí tísňové výzvy s výjimkou případů hodných zvláštního zřetele.*“ Tato podmínka spolu s průměrnou rychlostí vozidel již přesně definuje oblast, kterou je dané středisko obsluhy schopno obsloužit, tedy i nejmenší počet zdravotních středisek, která by měla být kolem úseků dálnice rozmístěna. Dalším ukazatelem jsou dozajista i finanční prostředky ovlivňující maximální počet středisek, která mohou být vybudována.

6.1 Příprava pracovní plochy aplikace

Po načtení mapy s názvem „mapadálnice.bmp“ bylo třeba zvolit potenciální střediska záchranné služby. V praktickém příkladu byla zvolena města, která již mají záchrannou službu, či se v nich alespoň nachází nemocnice. Jedná se o tyto obce – Praha, Kolín, Kutná Hora, Čáslav, Vlašim, Nymburk, Říčany, Benešov, Poděbrady, Stará Boleslav, Tábor, Jihlava, Pelhřimov, Telč, Třebíč, Jindřichův Hradec, Nové Město na Moravě, Velké Meziříčí, Žďár nad Sázavou, Havlíčkův Brod, Chotěboř, Humpolec, Brno, Vyškov, Boskovice, Blansko, Prostějov, Pardubice, Chrudim, Svitavy, Litomyšl, Vysoké Mýto, Tišnov, Moravská Třebová, Mohelnice. Jako obsluhované vrcholy byly zvoleny 10 kilometrové úseky dálnice D1. Jedná se o 25 úseků (Praha – Vyškov) dálnice.

Hrany, spojující vrcholy (města a úseky dálnice), jsou položeny stejně jako skutečné silnice a mají přibližně stejné ohodnocení jako vzdálenosti mezi městy či úseky dálnice.

Celý projekt je uložen do souboru „dalnice.dat“, ze kterého je možné jej znovu kdykoli načíst. Po načtení souboru (při vypnutém ohodnocení hran a vypnutých nehodách) vypadá aplikace přibližně jako na obrázku č. 16.



Obrázek 16. Načtený projekt "dalnice.dat"

V okolí dálnice se nacházejí popisky s počty nehod na jednotlivých úsecích v roce 2005. Po dvojkliku na kterýkoli popisek se objeví rámeček s rozbohem nehod na určitém úseku dálnice. První číslice symbolizuje celkový počet nehod v úseku, druhá počet smrtelných nehod, třetí počet těžkých a čtvrtá počet lehkých nehod. Popisky lze pro lepší přehlednost projektu vypnout (poté i později zapnout) v menu programu v záložce „Popisky“.

Před začátkem testování je třeba nastavit průměrnou rychlost vozidel záchranné služby a čas, za který musí být úseky obslouženy. Vše se provede v menu nastavení (klávesa F10) – průměrná rychlost 90 km/h a čas k obslužení vrcholu 15 minut.

6.2 Provádění výpočtů a testů

Projekt je nyní připraven k provádění testů a výpočtů. Pro přesné zjištění vzdáleností mezi jednotlivými vrcholy lze zobrazit matici přímých vzdále-

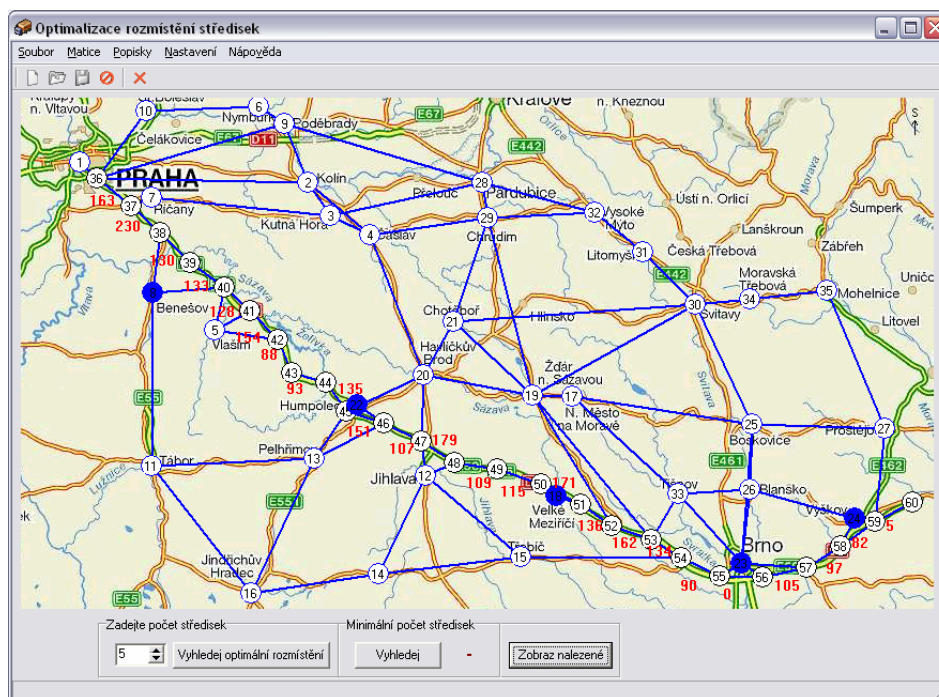
ností (klávesa F5) a distanční matici (klávesa F6). Část distanční matice zobrazuje obrázek č. 17.

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	v21
v1	0,00	51,34	59,00	68,65	51,49	48,07	19,64	36,67	47,88	23,43	74,65	107,07	94,28	135,98	140,51	115,06	133,47	131,97	124,79	100,46	113,90
v2	51,34	0,00	8,78	17,80	89,65	20,65	48,14	74,83	13,89	45,29	112,81	72,78	81,84	101,69	106,22	114,46	83,69	97,68	75,01	50,68	64,12
v3	59,00	8,78	0,00	9,65	80,87	29,43	39,36	66,05	22,67	54,07	104,03	64,63	73,69	93,54	98,07	106,31	75,54	89,53	66,86	42,53	55,97
v4	68,65	17,80	9,65	0,00	86,33	38,45	49,01	75,70	31,69	63,09	99,72	54,98	64,04	83,89	88,42	96,66	65,89	79,88	57,21	32,88	46,32
v5	51,49	89,65	80,87	86,33	0,00	89,28	41,51	22,64	89,09	64,64	60,62	60,06	47,27	88,97	93,50	79,89	86,46	84,96	77,78	53,45	66,89
v6	48,07	20,65	29,43	38,45	89,28	0,00	57,43	74,46	6,76	24,64	112,44	93,43	102,49	122,34	126,87	135,11	104,34	118,33	95,66	71,33	84,77
v7	19,64	48,14	39,36	49,01	41,51	57,43	0,00	26,69	57,24	32,79	64,67	97,09	84,30	126,00	130,53	105,08	104,62	121,99	106,22	81,89	95,33
v8	36,67	74,83	66,05	75,70	22,64	74,46	26,69	0,00	74,27	49,82	37,98	78,22	65,43	106,61	111,66	78,39	128,35	104,62	95,94	71,61	85,05
v9	47,88	13,89	22,67	31,69	89,09	6,76	57,24	74,27	0,00	31,40	87,80	86,67	95,73	115,58	120,11	128,35	97,58	142,97	88,90	64,57	78,01
v10	23,43	45,29	54,07	63,09	64,64	24,64	32,79	49,82	31,40	0,00	87,80	118,07	107,43	146,98	151,51	128,21	128,98	142,97	120,30	95,97	109,41
v11	74,65	112,81	104,03	99,72	60,62	112,44	64,67	37,98	112,25	87,80	0,00	70,45	35,68	68,63	100,04	40,41	99,85	91,17	91,17	66,84	80,28
v12	107,07	72,78	64,63	54,98	60,06	93,43	97,09	78,22	86,67	118,07	70,45	0,00	34,77	28,91	33,44	57,13	55,11	30,74	46,43	22,10	35,54
v13	94,28	81,84	73,69	64,04	47,27	102,49	84,30	65,43	95,73	107,43	35,68	34,77	0,00	60,62	66,87	40,41	99,85	95,35	46,43	22,10	35,54
v14	135,98	101,69	93,54	83,89	88,97	122,34	126,00	106,61	115,58	146,98	68,63	28,91	60,62	0,00	66,87	40,41	99,85	95,35	46,43	22,10	35,54
v15	140,51	106,22	98,07	88,42	93,50	126,87	130,53	111,66	120,11	151,51	100,04	33,44	66,87	66,87	0,00	57,13	55,11	30,74	46,43	22,10	35,54
v16	115,06	114,46	106,31	96,66	79,89	135,11	105,08	78,39	128,35	128,21	40,41	57,13	40,41	66,87	66,87	0,00	57,13	55,11	30,74	46,43	22,10
v17	133,47	83,69	75,54	65,89	86,46	104,34	114,90	104,62	97,58	128,98	99,85	55,11	55,11	66,87	66,87	57,13	0,00	30,74	46,43	22,10	35,54
v18	131,97	97,68	89,53	79,88	84,96	118,33	121,99	103,12	111,57	142,97	95,35	30,74	30,74	66,87	66,87	55,11	55,11	0,00	46,43	22,10	35,54
v19	124,79	75,01	66,86	57,21	77,78	95,66	106,22	95,94	88,90	120,30	91,17	46,43	46,43	66,87	66,87	30,74	30,74	46,43	0,00	22,10	35,54
v20	100,46	50,68	42,53	32,88	53,45	71,33	81,89	71,61	64,57	95,97	66,84	22,10	22,10	66,87	66,87	46,43	46,43	46,43	46,43	0,00	35,54
v21	113,90	64,12	55,97	46,32	66,89	84,77	95,33	85,05	78,01	109,41	80,28	35,54	35,54	66,87	66,87	57,13	55,11	30,74	46,43	22,10	0,00

Obrázek 17. Distanční matice praktického příkladu

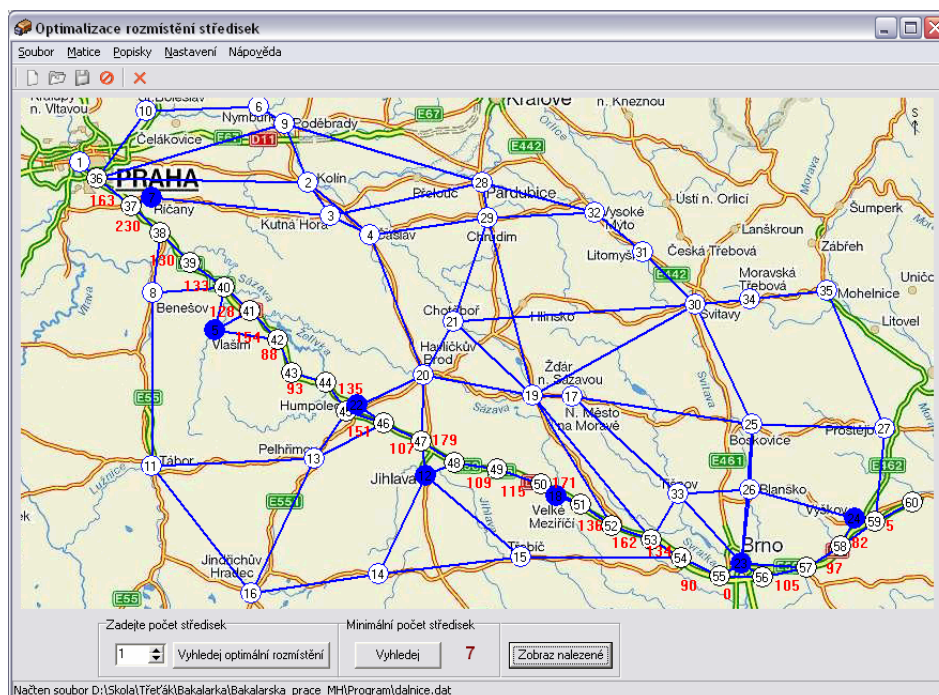
Záleží na množství financí, které jsou na výstavbu a provoz středisek k dispozici. Následující příklad uvádí optimální výběr 5 středisek záchranné služby. Po zadání počtu a stisku tlačítka „Vyhledej optimální rozmístění“ aplikace vybere nejvhodnější kombinaci středisek obsluhy. Vyhledávání trvá přibližně 10 vteřin.

Ze všech možných měst, která byla potenciálními kandidáty pro stanice záchranné služby program vybral těchto 5 – Benešov, Humpolec, Velké Meziříčí, Brno a Vyškov. Vybraná města se po ukončení vyhledávání středisek obsluhy zvýrazní, jak zobrazuje obrázek č. 18.



Obrázek 18. Nalezení 5 středisek obsluhy

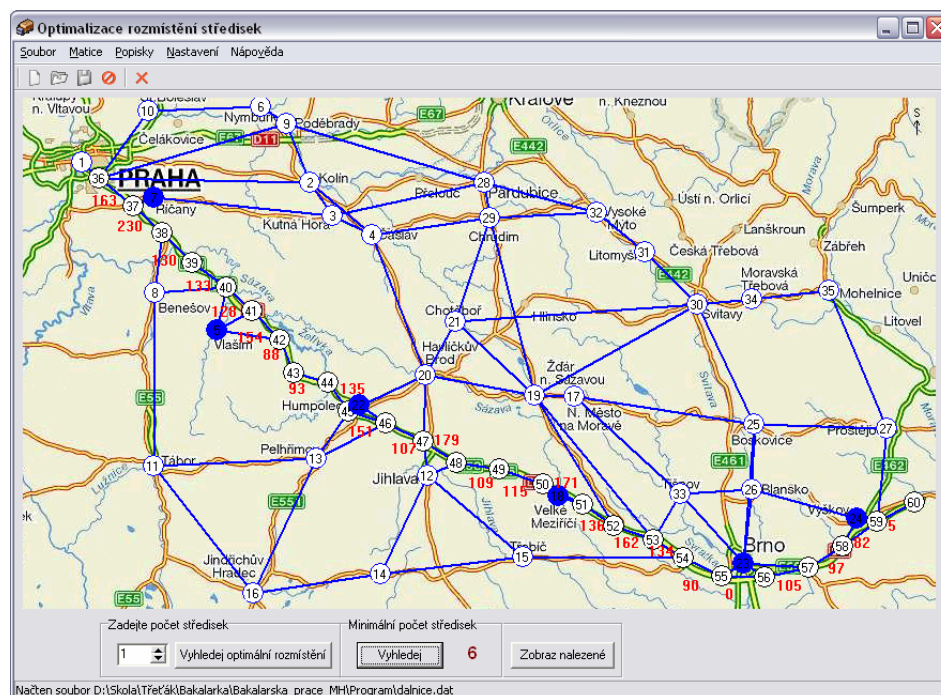
Zjištění minimálního počtu zdravotních středisek, potřebného pro obslužení všech úseků dálnice, probíhá po stisku tlačítka „Vyhledej“ v části „Minimální počet středisek“. Vyhledávání v tomto případě trvá něco kolem 5 minut.



Obrázek 19. Zobrazení minimálního počtu zdravotních středisek

Po vyhledání je nalezen minimální počet středisek obsluhy, který činí 7 zdravotních středisek (obrázek č. 19). Byla vybrána města – Říčany, Vlašim, Humpolec, Jihlava, Velké Meziříčí, Brno a Vyškov.

Pro další testování byla nastavena průměrná rychlost vozidel záchranné služby na 100 km/h. Při této rychlosti stačí pro obsluhu všech úseků dálnice 6 středisek záchranné služby (obrázek č. 20).



Obrázek 20. Minimální počet středisek při 100 km/h

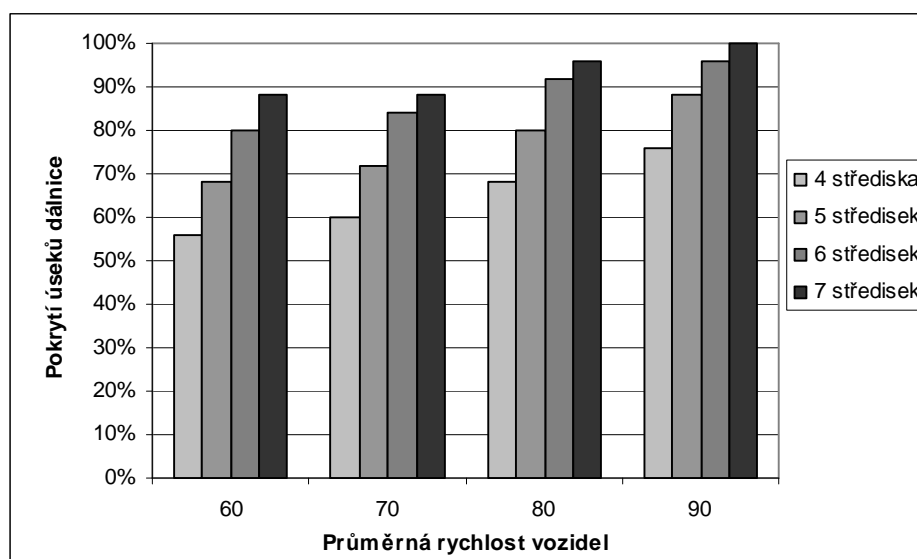
Z předchozího seznamu měst vypadla Jihlava, jelikož vozidla záchranné služby z Humpolce a Velkého Meziříčí by nyní obsloužily i úseky obsluhované z Jihlavy.

6.3 Závislost rychlosti vozidel a počtu středisek

Všeobecně platí, že při větší průměrné rychlosti obsluhujících vozidel, postačí k obsluhu středisek menší počet obslužných míst a naopak. V tabulce č. 12 a na obrázku č. 21 porovnává průměrnou rychlost vozidel s počtem obslužných míst. Výsledkem je počet obslužených vrcholů společně procentuálním vyjádřením.

Tabulka 12. Závislost průměrné rychlosti a počtu středisek

Průměrná rychlost	60		70		80		90	
Počet středisek								
4	14	56%	15	60%	17	68%	19	76%
5	17	68%	18	72%	20	80%	22	88%
6	20	80%	21	84%	23	92%	24	96%
7	22	88%	22	88%	24	96%	25	100%



Obrázek 21. Závislost průměrné rychlosti a počtu středisek

Z grafu je patrné, že se celých 100% dálnice podařilo pokrýt při rychlosti 90 km/h s využitím 7 středisek obsluhy. Z předchozích testů také vyplynulo, že 100% pokrytí lze dosáhnout i s 6 středisky a průměrnou rychlostí 100 km/h.

7 Závěr

Dopravní procesy jsou důležitou částí každodenního života. Optimální řízení dopravních procesů proto může přinést významné úspory nákladů a zvýšit kvalitu poskytovaných služeb. Potřebná optimalizace je přitom poměrně jednoduchá a snadno využitelná v praxi.

K vytvoření aplikace byla zapotřebí důkladná analýza problémů lokačních úloh, zejména úloh týkajících se poskytování první pomoci při nehodách či jiných komplikacích na dopravních komunikacích. Úlohy s rozmisťováním středisek záchranné služby kladou největší důraz na čas potřebný k příjezdu pomoci, přece jenom čas hraje při nehodách (nejen dopravních) největší roli a mnohdy právě oněch 15 minut (daných vyhláškou) může zachránit lidské životy.

Programovací prostředí softwaru Borland C++ Builder 6.0 poskytlo dokonalou možnost vytvořit aplikaci, která v příjemném prostředí Microsoft Windows zobrazuje graf sítě a to jak dopravní tak kterékoliv jiné. Díky mapovému podkladu si uživatel může udělat konkrétní představu o skutečném lokačním problému. Možnost uložení a následně opětovné načtení vytvořené sítě umožňuje pracovat na jednom projektu i tým lidí s několika počítači.

Cíle stanoveného v úvodu práce se podařilo dosáhnout. Program ze zvolených středisek obsluhy automaticky volí optimální rozmístění středisek obsluhy, která obslouží požadavky v obsluhovaných vrcholech sítě.

Aplikace určitě nalezne své využití při plánování a analýze rozmístění např. středisek záchranné služby, dep zásilkových služeb, středisek pro obsluhu komunikací atd.

Seznam použité literatury

1. *Statistiky dopravní nehodovosti*, 2007 [online]. Ministerstvo vnitra ČR. Praha. [cit. 2007-03-20].
Dostupný z WWW: <http://www.mvcr.cz/statistiky/nehody.html>.
2. CALDA, E. *Kombinatorika, pravděpodobnost pro Gymnázia*. Praha: Prometheus, 2006. ISBN 80-7196-147-7.
3. NEŠETRIL, Jaroslav. *Teorie Grafů*. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1979. 316 s.
4. NEČAS, Jiří. *Grafy a jejich použití*. Praha: Nakladatelství techn. lit., 1978. 191 s.
5. VOLEK, Josef. *Operační výzkum I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. 111 s. ISBN 80-7194-410-6
6. DUKORKIN, Jiří. *Operační výzkum*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. 296 s.
7. JANÁČEK, Jaroslav. *Optimalizace na dopravních sítích*. Žilinská univerzita, 2002. ISBN 80-8070-031-1, 248 str.

Příloha A

TGraf
<pre> -TVrchol* Vrcholy -THrana* Hrany -int PocetVrcholu -int VychoziVrchol -int PocetKandidat -int PocetObsluh -int seznam[10] -int PocetNalezenychKandidatu -vector<int> Nehody -vector<TVrchol*> SeznamVrcholu -vector<TVrchol*> SeznamKandidat -vector<TVrchol*> SeznamObsluh -vector<double*> MaticeVzdalenosti -vector<double*> DistancniMatice -TVrchol* SeznamKandidatu[10] </pre>
<pre> +TGraf() +~TGraf() +void VlozVrchol(int _X,int _Y,int _Rozliseni) +void VlozHranu(TVrchol* Z,TVrchol* K,int Meritko=1) +TVrchol* NajdiVrchol(int _X,int _Y) +int DejPocetVrcholu() +void Kresli() +void KresliPosledniVrchol() +void PridejPosledniPozadavky(float _Pozadavky) +double DejPosledniDelku() +void PridejPosledniDelku(float _Delka) +double DejMaticiVzdalenosti(int i,int j) +double DejVzdalenost(TVrchol* Z,,TVrchol* K) +void PocitejMaticiVzdalenosti() +void VytvorSeznamVrcholu() +double DejDistancniMatici(int i,int j) +void PocitejDistancniMatici() +void SmazMaticiVzdalenosti() +void SmazDistancniMatici() +void UlozDoSouboru(AnsiString jmeno) +void NactiZeSouboru(AnsiString jmeno) +void NastavVychoziVrchol(TVrchol* v) +void PocitejFunkci(int maximum) +void ZobrazVrcholy(TVrchol* v) +void PridejNehodu(int Nehoda) +int DejNehodu(int index) +void VymazNehody() +void UlozHodnoceni(TVrchol* v) +void VymazHodnoceni() +void HledejNejKandidaty(int _pocet) +int DejSoucetHodnoceni() +void ZobrazKandidaty(int _pocet) +void ZobrazVsechnyKandidaty() +void VytvorSeznamKandidatu() +void VytvorSeznamObsluh() +void HledejMinPocet() +long HledejOptimalni(int a_pocet) +bool TestMax(int a_i,int a_pocet) +long PocitejFactorial(int a_cislo) +double PocitejKombinace(int a_cislo) +void ZobrazOptimalni() +bool LzeObslouzitVse() </pre>

ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Počítačový nástroj na řešení svozně/rozvozných úloh
Autor práce	Martin Hromádko
Obor	Informační technologie
Rok obhajoby	2007
Vedoucí práce	doc. Ing. Josef Volek, CSc.
Anotace	Práce se zabývá problematikou svozně-rozvozných úloh. Popisuje aplikaci, která řeší optimální rozmístění středisek obsluhy vzhledem k obsluhovaným vrcholům. Součástí práce, pro přiblížení problematiky, jsou statistické rozbory nehodovosti, grafy počtu nehod, na jednotlivých úsecích dálnice v průběhu několika let.
Klíčová slova	Svozně-rozvozové úlohy, optimalizace rozmístění středisek obsluhy, lokační úlohy