

# OPTIMALIZACE PLÁNOVÁNÍ TRAS PRO OSOBY S POSTIŽENÍM ZRAKU

## OPTIMIZATION OF ROUTING FOR BLIND PEOPLE

Jaroslav Matuška<sup>1</sup>

---

*Anotace: Příspěvek prezentuje možnosti užití metod operačního výzkumu (teorie grafů) pro určení optimální – nejbezpečnější – pěší trasy pro cesty nevidomých osob na území města. Nevidomé osoby volí trasu nikoliv nejkratší, ale pro ně nejbezpečnější. Pro určení výsledné trasy je důležitá korekce výchozího řešení z hlediska uživatele.*

*Klíčová slova: kritické místo, nejkratší cesta, nevidomá osoba, optimalizace, teorie grafů, trasa*

*Summary: This article presents some methodology for optimal routing for blind people. Blind people use the safe routes for them, not the shortest ones. All of critical points (their safety) have to be first in view blind users analyzed. Only than can be determined optimal - the safest route.*

*Key words: Blind Person, Critical Point, Graph Theory, Optimization, Routing, Shortest Route*

### 1. ZÁSADY POHYBU NEVIDOMÝCH OSOB A KRITICKÁ MÍSTA

Trendem několika posledních let je budování ucelených bezbariérových tras na území měst a obcí. To přispívá k celkově většímu efektu pro jejich uživatele – osoby s omezenou schopností pohybu a orientace (OOSPO), mezi něž nepatří pouze osoby nevidomé nebo na vozíku, ale též doprovod kočárků a dětí, osoby pokročilého věku aj. Tento příspěvek se zaměřuje pouze na jednu skupinu OOSPO, a sice na osoby nevidomé.

V rámci plánování bezbariérových tras na území města je třeba vyhledat, analyzovat a upravit všechna kritická místa (KM), která by mohla pro uživatele znamenat bariéru. Více o vztahu KM a bariér i o problematice samostatného pohybu zrakově postižených osob v (1).

Mezi kritická místa pro nevidomé osoby patří přechody pro chodce, místa pro přecházení (MPP), křížení drážního tělesa (tramvajové dráhy), křížení nebo i souběh cyklostezek, rozlehlá prostranství bez jasných vodících linií nebo akustických informací.

Pro lepší pochopení problematiky i výsledku řešení, je vhodné připomenout některá specifika pohybu nevidomých osob i zásady, které se při samostatném pohybu nevidomých se slepeckou holí uplatňují:

1. nevidomé osoby se pohybují podél „vodících linií“; k pohybu i zjištění potřebných hmatných informací používají bílou slepeckou hůl;

---

<sup>1</sup> Ing. Jaroslav Matuška, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, CZ-53210 Pardubice, Tel.: +420 466036420, e-mail: [jaroslav.matuska@upce.cz](mailto:jaroslav.matuska@upce.cz)

2. prostředí, ve kterém se mají pohybovat, resp. trasy, které mají užívat, se učí nejprve poznávat se svým instruktorem, tj. v neznámém prostředí se samostatně pohybují jen ve zcela výjimečných případech;
3. při své chůzi se slepeckou holí užívají mj. hmatných úprav na pozemních komunikacích, např. signální, varovné, nebo hmatné pásy<sup>2</sup>, vodící pásy přechodu, příp. umělé vodící linie<sup>3</sup>;
4. nevidomé osoby upřednostňují při své chůzi nikoli nejkratší, ale nejbezpečnější trasy, tzn., že mohou-li si vybrat, volí bezpečnější, i když delší trasu.

## 2. METODY TEORIE GRAFŮ PRO STANOVENÍ OPTIMÁLNÍ TRASY

Pro nalezení optimální trasy, kterou by mohl nevidomý pro své cesty na území města užívat, je možné s výhodou použít některé metody teorie grafů. Podle podmínek zadání úlohy, resp. dle očekávaného výsledku, se jedná zejména o metody hledání minimálních, příp. maximálních cest v neorientovaných grafech, a to buď mezi všemi vrcholy sítě nebo mezi počátečním vrcholem grafu  $v_1$  a koncovým vrcholem  $v_n$ . Tabulka 1 uvádí přehled vybraných metod pro určení minimálních, resp. maximálních cest na neorientovaných, hranově ohodnocených grafech  $G(V, X, p)$ , kde  $V$  je množina vrcholů grafu  $G$ ,  $X$  je množina hran a  $p$  incidence grafu  $G$ . Ohodnocení hrany  $h \in X$ ;  $p(h) = (u, v)$  je  $o(h)$ . Informace k dalším typům úloh i k jednotlivým algoritmům viz (2).

Tab. 1 – Vybrané metody teorie grafů a jejich stručná charakteristika

| Metoda - algoritmus                          | Výsledek                                 | Charakteristika   |
|--|--|---|
| Dijkstrův                                    | nejkratší cesta mezi vrcholy $v_1, v_n$  | $o(h)$ : vzdálenost [m] mezi důležitými místy, např. přechody, budovami aj.;<br>hranově neohodnocený graf: $o(h)=1 \Leftrightarrow \exists h \in X$ |
| Floydův                                      | nejkratší cesta mezi všemi vrcholy grafu | ohodnocení hran – viz Dijkstra; vhodné pro určení nejkratších vzdáleností mezi vybranými body na území města  |
| Littlův (též „úloha obchodního cestujícího“) | nejkratší hamiltonovská kružnice         | do každého vrcholu právě jednou může začínat a končit ve stejném vrcholu  |
| Metoda postupného výběru hran                | minimální kostra <sup>4</sup> grafu      | užití v případě, že není třeba najít kružnici   |
| Vyhledání nejspolehlivější cesty             | nejbezpečnější trasa                     | $o(h)$ : pravděpodobnost bezpečného průchodu hranou ve vztahu ke KM   |

Zdroj: (2), autor

Při užití metod teorie grafů k vyhledávání vhodných tras pro nevidomé osoby je množina vrcholů  $V$  představována jednotlivými kritickými místy - např. přechod pro chodce, místo pro přecházení, nebo jiné místo s rizikem ohrožení bezpečnosti nevidomého, příp.

<sup>2</sup> povrch tvořen půlkulatými výstupky – předepsané vlastnosti viz Technické návody TZUS 12.03.04

<sup>3</sup> povrch tvořen drážkami předepsaných rozměrů - viz Technické návody TZUS 12.03.06

<sup>4</sup> podgraf  $G'$  grafu  $G$ , který je stromem

důležitými objekty (budovy, orientačně důležitá místa). Množinu hran  $X$  tvoří spojnice uvedených vrcholů – komunikace pro pěší (chodníky). Ohodnocení hran  $o(h)$  se nejčastěji váže ke vzdálenosti v [m] nebo pravděpodobnosti  $p(h) \in (0;1)$  bezpečného projití danou hranou. Graf  $G$  je tedy tvořen sítí komunikací pro pěší na území města a důležitými místy z hlediska bezpečnosti nevidomých.

## 2.1 Podklady pro stanovení optimální trasy

K řešení úlohy je třeba zajistit následující podklady:

1. síť komunikací pro pěší – lze využít mapové podklady – plány města (městských částí);
2. seznam kritických míst včetně jejich vyznačení v mapových podkladech;
3. výsledky analýzy kritických míst – nejnáročnější fáze řešení: je třeba provést analýzu KM, a to zvláště pro osoby nevidomé<sup>5</sup> a osoby na vozíku;
4. ohodnocení  $p(h)$ ,  $p(h) \in (0;1)$ , tj. přiřazení spolehlivosti jednotlivým úsekům trasy na základě výsledků analýzy KM, které se na nich nacházejí, a vzhledem k jejich významu pro bezpečnost uživatelů – viz tab. 3, obr. 2. V tomto příspěvku budou užity hodnoty určené odborným odhadem autora, neboť stanovení konkrétní hodnoty  $p(h)$  si vyžaduje podrobnější zkoumání (např. dotazníkový průzkum) mezi nevidomými, jejich instruktory mobility i dalšími odborníky.

## 2.2 Klasifikace spolehlivosti kritických míst

Ohodnocení hran, které představuje pravděpodobnost bezpečného projití daného úseku komunikace pro pěší, má zásadní význam pro stanovení výsledku řešení úlohy.

Návrh ohodnocení hran (spolehlivosti) v závislosti na výskytu jednotlivých KM pro osoby nevidomé uvádí tabulka 2. V ní jsou uvedena KM, která se v intravilánu mohou vyskytovat. Pokud není uvedeno v tabulce 2 jinak, předpokládá se, že přechod pro chodce, příp. MPP má základní bezbariérové (BB) úpravy<sup>6</sup> (1). ASP uvádí instalovanou a funkční akustickou signalizaci přechodu (v případě, že by měla na přechodu být – např. na orientačně složitém, děleném přechodu, přes víceproudovou komunikaci), VPP vyjadřuje přítomnost vodícího pásu přechodu (v případech, kdy se vyžaduje – např. při délce přechodu větší než 8 m). Vybavení přechodu světelným signalizačním zařízením (SSZ) doplněným o ASP má, stejně jako délka přechodu, zásadní význam pro bezpečnost a možnost samostatného užití přechodu nevidomou osobou.

Mezi kriteria klasifikace KM byla zahrnuta i ne/existence, příp. ne/správné provedení dvou specifických hmatových prvků, které mají značný význam pro bezpečnost nevidomých osob. Jedná se o vodící linie (umělé – UVL, nebo přirozené – PVL) a o hmatný pás (HP) na rozhraní pásu pro cyklisty a pásu pro pěší na cyklostezce vedené v jedné úrovni.

Pro potřeby této úlohy neuvažuje pravděpodobnost spodní krajní hodnotu. Pokud je  $p(h) = 0$  (užití daného úseku / místa je zcela vyloučeno), nemusí být hrana v grafu uvedena, resp. může být uvedena s  $o(h)$  řádově vyšším než běžné hodnoty. Naopak horní hranice intervalu je ostrá, neboť zcela bezbariérově upravené KM se na trase může vyskytnout;

<sup>5</sup> Obě skupiny mají odlišné požadavky na bezbariérové úpravy kritických míst.

<sup>6</sup> Přechod: zejm. správné provedené signální, varovné pásy; místo pro přecházení: odsazený SP od VP

otázkou ovšem stále zůstává posouzení bezpečnosti z hlediska vlastního užití kritického místa nevidomou osobou, kdy žádné KM (zejména přechody) pravděpodobně nelze pro nevidomou osobu považovat za 100% bezpečné.

Tab. 2 – Kritická místa pro nevidomé a jejich spolehlivost

| Kritické místo             | Varianta - charakteristika                                     | Spolehlivost |
|----------------------------|--|--------------|
| Přechod pro chodce se SSZ  | ASP, VPP   | 0,9 – 1      |
|                            | VPP, bez ASP   | 0,7 – 0,8    |
|                            | ASP, bez VPP   | 0,65 – 0,75  |
|                            | bez ASP, bez VPP ( $l_p > 8$ m, bez ostrůvku)                  | 0,6 – 0,7    |
|                            | BB úpravy částečné, nikoli však nebezpečné                     | 0,4 – 0,5    |
|                            | BB úpravy nesprávně provedené - nebezpečné                     | 0,2 – 0,3    |
| Přechod pro chodce bez SSZ | VPP  | 0,6 – 0,7    |
|                            | bez VPP ( $l_p > 8$ m, bez ostrůvku)                           | 0,4 – 0,5    |
|                            | BB úpravy částečné, nikoli však nebezpečné                     | 0,3 – 0,4    |
|                            | BB úpravy nesprávně provedené - nebezpečné                     | 0,001        |
|                            | jen varovný pás, jiné BB úpravy chybí (signální pás, VPP, ASP) | 0,001        |
|                            | bez jakýchkoliv BB úprav - nepoužitelný                        | 0,001        |
| Místo pro přecházení       | se standardními BB úpravami                                    | 0,35 – 0,45  |
|                            | BB úpravy částečné, nikoli však nebezpečné                     | 0,2 – 0,3    |
|                            | BB úpravy nesprávně provedené - nebezpečné                     | 0,001        |
|                            | bez BB úprav – nepoužitelné                                    | 0,001        |
| Souběh s cyklostezkou      | pás pro pěší oddělen HP; funkční vodící linie                  | 0,9 – 1      |
|                            | pás pro pěší oddělen HP; bez vodící linie                      | 0,6 – 0,7    |
|                            | pás pro pěší neoddělen HP; funkční vodící linie                | 0,5 – 0,6    |
|                            | pás pro pěší neoddělen HP; bez vodící linie                    | 0,001        |
| Vodící linie               | funkční PVL nebo UVL   | 0,9 – 1      |
|                            | PVL / UVL přerušena (více než 8 m) nebo částečně nefunkční     | 0,6 – 0,8    |
|                            | Chybí  | 0,2 – 0,3    |

Zdroj: Autor

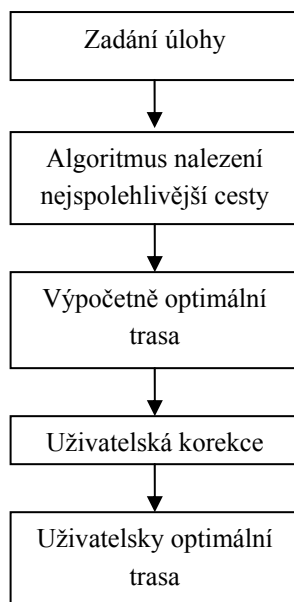
*Pozn.:* Ohodnocení kritického místa konkrétní hodnotou  $p(h)$  z intervalu záleží mj. i na místní situaci, frekvenci vozidel v okolí přechodu a dalších okolnostech.

Intervalové ohodnocení bylo zvoleno mj. i na základě skutečnosti, že každá nevidomá osoba vnímá absenci úprav KM subjektivně jinak a je také v různé míře schopna jeho samostatného užití. Ohodnocení  $p(h) = 0,001$  je přiřazeno kritickému místu, které je pro svůj stav BB úprav pro osoby nevidomé nepoužitelné; záporná hodnota dekadického logaritmu jeho spolehlivosti je rovna 3, což při užití algoritmu pro nalezení nejspolehlivější (minimální) cesty v podstatě vylučuje zařazení úseku s takovým kritickým místem do výsledné trasy. V praxi se jedná např. o MPP, v jehož blízkosti se nachází přechod pro chodce.

### 2.3 Nejspolehlivější trasa

Jsou-li k dispozici podklady uvedené v kap. 2.1, může být pomocí algoritmu vyhledání nejspolehlivější cesty určen výchozí návrh pro trasu nevidomého z místa  $A$  (vrchol  $v_1$ ) do místa  $B$  (vrchol  $v_{29}$ ). Uvedený algoritmus vyhledá optimální – nejspolehlivější – cestu na základě ohodnocení hran. Tento výsledek je však třeba v praxi považovat „pouze“ za výchozí řešení. Před skutečným užitím dané trasy následuje druhý krok, a to korekce výchozího řešení v souladu s potřebami nevidomého nebo skutečnou místní situací. Korekce může spočívat v

porovnání výchozího řešení např. s nejkratší cestou, kterou lze mezi místy  $A$  a  $B$  užit (viz však bod 4 v kap. 1) nebo se schopnostmi nevidomého bezpečně užit i některá relativně méně bezpečná KM. Po této korekci by trasa, kterou se nevidomý bude se svým instruktorem učit užívat, měla být optimální také z hlediska uživatelského. Postup stanovení uživatelsky optimální trasy je schematicky uveden na obr. 1.



Zdroj: Autor

Obr. 1 – Postup určení uživatelsky optimální trasy

### 2.3.1 Algoritmus nalezení nejspolehlivější cesty

Kompletní algoritmus i další potřebné informace pro určení nejspolehlivější cesty lze najít např. v [2]. Pro účely tohoto příspěvku budiž připomenut pouze základní princip algoritmu, který spočívá v:

1. ohodnocení hran grafu pomocí  $p(h)$  - pravděpodobnost úspěšného (bezpečného) projití daného úseku (hrany),
2. určení spolehlivosti  $s$  cesty  $m$  mezi dvěma vrcholy  $u$  a  $v$  dle vztahu (1)

$$s(m(u, v)) = \prod_{h \in m(u, v)} p(h) \quad (1)$$

3. převedení pravděpodobnostního ohodnocení  $p(h)$  na logaritmické hodnoty  $o(h)$  dle vzorce (2)

$$o(h) = -\log p(h) \quad (2)$$

4. určení minimální - nejkratší cesty v hranově ohodnoceném grafu mezi vrcholy  $u$  a  $v$ ; hodnoty  $o(h)$  jsou určeny dle vztahu (2); minimální cesta  $m^*$  z množiny  $M$  všech cest mezi vrcholy  $u$  a  $v$  bude splňovat podmínku

$$m^*(u, v) : \sum_{h \in m^*(u, v)} o(h) = \min_{m \in M} \left\{ \sum_{h \in m(u, v)} o(h) \right\} \quad (3)$$

### 2.3.2 Ohodnocení hran

Jak bylo uvedeno v kapitole 2.1, pro určení nejspolehlivější trasy je třeba stanovit síť komunikací, které lze užít k cestě z místa  $A$  do místa  $B$ . Na základě výsledků analýzy KM byly přiřazeny jednotlivým úsekům komunikací pro pěší (hranám grafu  $G$ ) hodnoty  $p(h)$ , které vyjadřují míru bezpečnosti KM pro nevidomou osobu;  $p \in (0;1)$ ; čím vyšší hodnota  $p$ , tím bezpečnější prvek resp. úsek komunikace je.

Ohodnocení hrany se vztahuje k:

1. úseku procházené komunikace (chodník / pás pro pěší v souběhu s pásem pro cyklisty) – ohodnocení vyjadřuje zejména ne/přítomnost, resp. správnost provedení vodící linie pro nevidomé;
2. kritickému místu (přechod, místo pro přecházení) na jednom jejím konci – ohodnocení vyjadřuje stav bezbariérových úprav, příp. dalšího vybavení těchto míst.

Tab. 3 – Ohodnocení hran dle výsledků analýzy kritických míst na trase  $A - B$

|        |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|        | $V_1-V_2$       | $V_2-V_3$       | $V_2-V_4$       | $V_3-V_5$       | $V_4-V_5$       | $V_4-V_6$       | $V_5-V_7$       | $V_6-V_7$       | $V_6-V_8$       | $V_6-V_9$       | $V_7-V_{11}$    |
| $p(h)$ | 0,7             | 0,6             | 0,7             | 0,6             | 0,7             | 0,9             | 0,9             | 0,45            | 0,7             | 0,8             | 0,9             |
| $o(h)$ | 0,15            | 0,22            | 0,15            | 0,22            | 0,15            | 0,05            | 0,05            | 0,35            | 0,15            | 0,1             | 0,05            |
|        | $V_8-V_9$       | $V_8-V_{11}$    | $V_8-V_{16}$    | $V_9-V_{10}$    | $V_{10}-V_{16}$ | $V_{11}-V_{12}$ | $V_{11}-V_{14}$ | $V_{12}-V_{13}$ | $V_{13}-V_{14}$ | $V_{13}-V_{25}$ | $V_{14}-V_{15}$ |
| $p(h)$ | 0,65            | 0,9             | 0,8             | 0,6             | 0,6             | 0,8             | 0,8             | 0,55            | 0,65            | 0,6             | 0,9             |
| $o(h)$ | 0,19            | 0,05            | 0,1             | 0,22            | 0,22            | 0,1             | 0,1             | 0,26            | 0,19            | 0,22            | 0,05            |
|        | $V_{15}-V_{16}$ | $V_{15}-V_{18}$ | $V_{16}-V_{17}$ | $V_{17}-V_{18}$ | $V_{17}-V_{19}$ | $V_{18}-V_{20}$ | $V_{18}-V_{21}$ | $V_{19}-V_{20}$ | $V_{20}-V_{22}$ | $V_{21}-V_{22}$ | $V_{21}-V_{23}$ |
| $p(h)$ | 0,001           | 0,8             | 0,8             | 0,7             | 0,7             | 0,7             | 0,6             | 0,7             | 0,8             | 0,001           | 0,7             |
| $o(h)$ | 3               | 0,1             | 0,1             | 0,15            | 0,15            | 0,15            | 0,22            | 0,15            | 0,1             | 3               | 0,15            |
|        | $V_{21}-V_{25}$ | $V_{22}-V_{24}$ | $V_{23}-V_{24}$ | $V_{23}-V_{27}$ | $V_{24}-V_{28}$ | $V_{25}-V_{26}$ | $V_{26}-V_{27}$ | $V_{27}-V_{28}$ | $V_{28}-V_{29}$ |                 |                 |
| $p(h)$ | 0,6             | 0,7             | 0,9             | 0,9             | 0,9             | 0,7             | 0,7             | 0,9             | 0,6             |                 |                 |
| $o(h)$ | 0,22            | 0,15            | 0,05            | 0,05            | 0,05            | 0,15            | 0,15            | 0,05            | 0,22            |                 |                 |

Zdroj: Autor

Tabulka 3 uvádí hodnoty  $p(h)$  - modelové výsledky analýzy kritických míst na sledované trase mezi výchozím a cílovým místem a hodnoty  $o(h)$  určené dle vztahu (2), které slouží k výpočtu minimální cesty. Hodnoty jsou zaneseny do grafů na obr. 2 a 3. Červené hrany  $v_{15}-v_{16}$  (křížení cyklostezky a vozovky – chodcům vstup zakázán) a  $v_{21}-v_{22}$  (MPP) jsou pro nevidomé nepoužitelné, čemuž odpovídá i jejich ohodnocení.

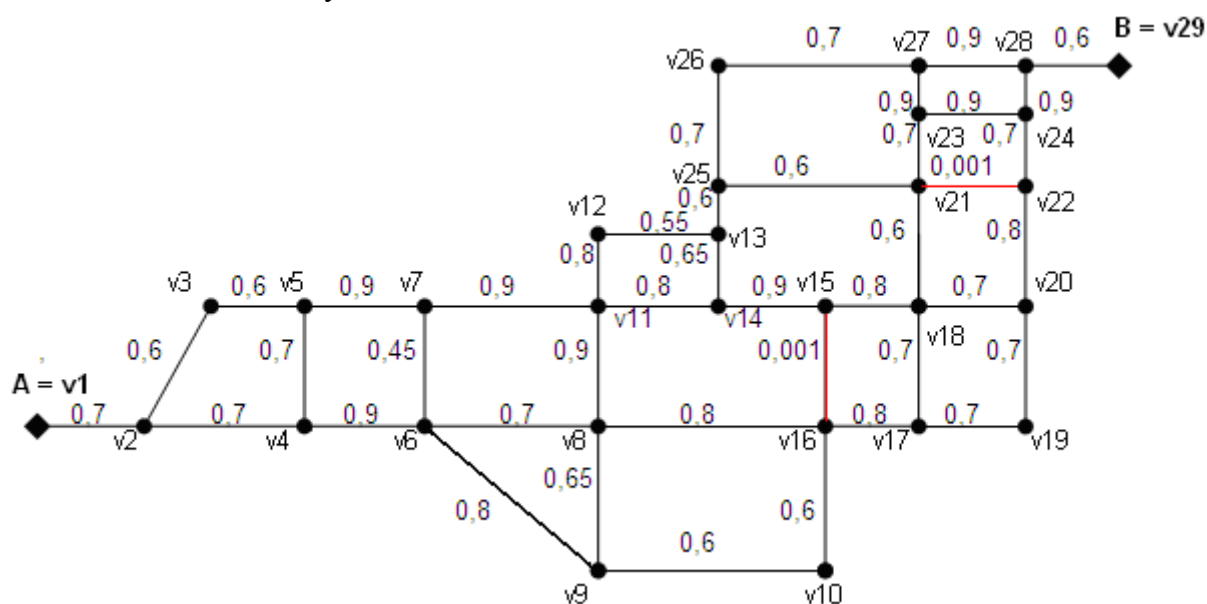
### 3. NEJBEZPEČNĚJŠÍ TRASA

Cílem řešení úlohy je stanovení optimální trasy pro nevidomou osobu, kterou bude moci užívat s minimálním rizikem ohrožení vlastní bezpečnosti nebo ztráty orientace. Z toho důvodu je vhodné problém převést na úlohu určení nejspolehlivější cesty z místa  $A$  do místa  $B$  v rámci sítě komunikací pro pěší na území města.

Nejspolehlivější cesta  $m^*$  mezi vrcholy  $A$  a  $B$ , resp.  $v_1$  a  $v_{29}$  bude taková, pro níž platí vztah (3), který vyjadřuje skutečnost, že součet ohodnocení hran  $o(h)$  bude minimální a tedy trasa pro nevidomé nejbezpečnější.

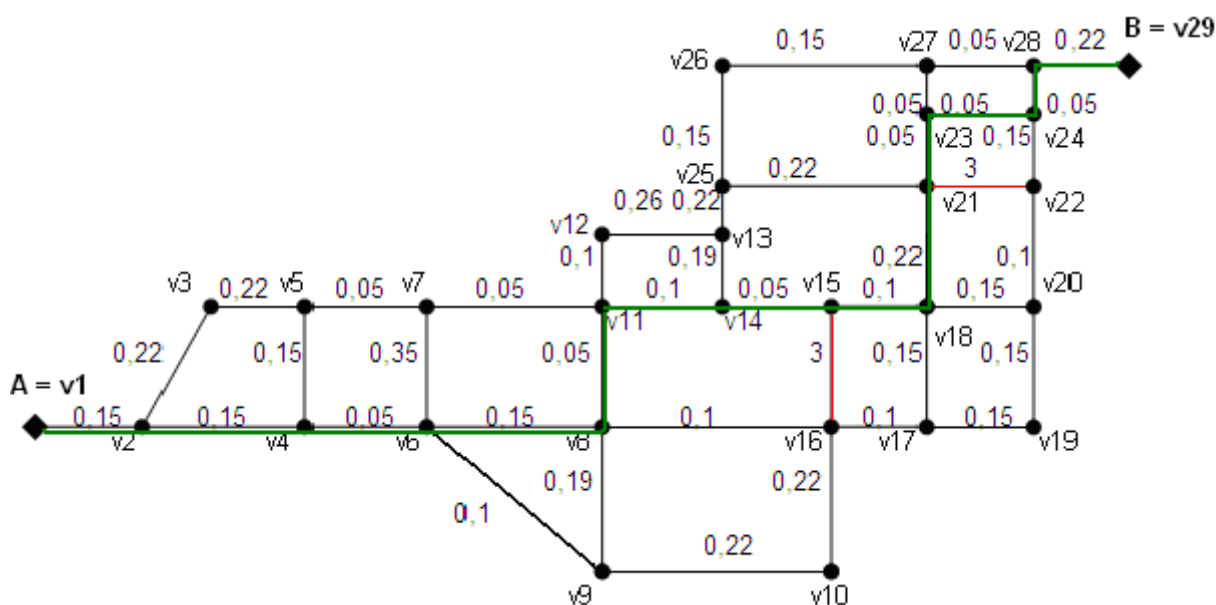
Obr. 2 znázorňuje modelový příklad sítě komunikací pro pěší, po kterých se nevidomá osoba může pohybovat při chůzi z bodu  $A$  do bodu  $B$ . Ohodnocení jednotlivých úseků bylo určeno na základě hodnot v tab. 2 a představuje míru bezpečnosti při chůzi přes jednotlivá

kritická místa. Čím vyšší ohodnocení hrany, tím nižší riziko ohrožení bezpečnosti nebo ztráty orientace nevidomé osoby.



Zdroj: Autor

Obr. 2 – Síť komunikací pro pěší a ohodnocení bezpečnosti pro nevidomé  $p(h)$



Zdroj: Autor

Obr. 3 – Síť komunikací pro pěší a její ohodnocení  $o(h)$  pro výpočet nejkratší cesty

V obrázku 3, který znázorňuje graf s ohodnocením dle vztahu (2), byla dle algoritmu pro nalezení nejkratší cesty určena trasa, která pro nevidomého představuje minimální riziko při jeho samostatném pohybu (vyznačena zelenou barvou). Nejkratší cestu lze zapsat jako posloupnost vrcholů a hran:

$$m^*(v_1, v_{29}) = \{v_1, (v_1, v_2), v_2, (v_2, v_4), v_4, (v_4, v_6), v_6, (v_6, v_8), v_8, (v_8, v_{11}), v_{11}, (v_{11}, v_{14}), v_{14}, (v_{14}, v_{15}), v_{15}, (v_{15}, v_{18}), v_{18}, (v_{18}, v_{21}), v_{21}, (v_{21}, v_{23}), v_{23}, (v_{23}, v_{24}), v_{24}, (v_{24}, v_{28}), v_{28}, (v_{28}, v_{29})\}. \quad (4)$$



Součet ohodnocení hran ležících na nejkratší cestě  $m^*(v_1, v_{29})$  je  $\sum_{h \in m^*(v_1, v_{29})} o(h) = 1,39$ .

Z pohledu spolehlivosti je možné minimální (nejspolehlivější) cestu vyjádřit hodnotou dle vztahu (1) – jako součin spolehlivostí jednotlivých kritických míst (obr. 2) ležících na minimální cestě  $m^*$ . Výsledná hodnota součinu je 0,033.

Nejbezpečnější trasa vede v tomto případě přes 6 přechodů pro chodce (z toho pouze jeden bez SSZ) a vyhýbá se oběma (červeně označeným) nebezpečným místům.

Jak bylo uvedeno výše, jedná se o výchozí řešení, které může sloužit jako základ pro výběr výsledné varianty trasy, jejíž užívání bude následně nevidomá osoba nacvičovat se svým instruktorem mobility.

## ZÁVĚR

Pomocí popsaného postupu a využitím metod teorie grafů lze zjistit i některé další informace, které mohou ovlivnit rozhodovací procesy při plánování bezbariérových úprav komunikací pro pěší na území města. Z výsledků analýzy spolehlivosti kritických míst může být např. stanoven rozsah potřebných úprav pro dosažení určitého stupně spolehlivosti vybraných kritických míst na trase (včetně jejich finanční náročnosti). Stanoveny mohou být též variantní trasy pro nevidomé při dočasné nebo i trvalé změně spolehlivosti jednotlivých kritických míst.

Pro stanovení výchozího řešení optimální trasy na území většího města, kde lze očekávat řádově desítky kritických míst, je možné využít software OmniTRANS. Při zohlednění potřeb a kritických míst pro osoby na vozíku lze nalézt optimální trasu i pro tuto skupinu OOSPO.

*Příspěvek vznikl za podpory Institucionálního výzkumu „Teorie dopravních systémů“ (MSM 0021627505) Univerzity Pardubice.*

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MATUŠKA, J. *Bezbariérová doprava*. Vyd. 1. Pardubice : Institut Jana Pernera, 2009. 200 s. ISBN 978-80-86530-62-8.
- [2] VOLEK, J. *Operační výzkum I (Teorie grafů)*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2002. 111 s. ISBN 80-7194-410-6.