

METODA HODNOCENÍ KVALITY MĚSTSKÉ HROMADNÉ DOPRAVY

METHOD OF THE URBAN MASS TRANSPORTATION QUALITY EVALUATION

Ivana Olivková¹

Anotace: Článek se zabývá problematikou hodnocení kvality městské hromadné dopravy. Teoreticky je zde detailně popsána metoda hodnocení kvality městské hromadné dopravy. Výsledky dosažené aplikací metody jsou prezentovány provedením vyhodnocení kritérií časové dostupnosti.

Klíčová slova: Městská hromadná doprava, kvalita dopravy, kritéria časové dostupnosti

Summary: This paper deals with urban mass transportation quality evaluation. Method of urban mass transportation quality evaluation is theoretically described in detail. The results of the method application are presented by evaluation of time availability criteria.

Key words: Urban mass transportation, quality evaluation, time availability criteria

1. ÚVOD

Úkolem městské hromadné dopravy (MHD) je zabezpečení přepravních požadavků na území města, případně aglomerace na požadované kvalitativní úrovni. Kvalita přemístění v systému MHD sehrává významnou roli především ve vztahu k využívání individuální automobilové dopravy.

Hodnocení kvality přemístění MHD je významným nástrojem pro řešení problémů v oblasti kvality MHD. V teorii dopravy však není metodám hodnocení kvality věnována dostatečná pozornost. Výsledky těchto metod jsou přitom prostředkem pro zjišťování názorů na kvalitu, zejména při výzkumech u cestujících. Cílem tohoto článku je proto navrhnout metodu hodnocení kvality MHD a tuto metodu ověřit provedením vyhodnocení kritérií časové dostupnosti v dopravní síti MHD.

2. HODNOCENÍ KVALITY MĚSTSKÉ HROMADNÉ DOPRAVY

Při hodnocení kritérií kvality přemístění MHD nastává situace, kdy část kritérií je kvantitativní povahy (hodnoty kvantitativních kritérií jsou vyjádřeny v metrické stupnici) a část kvalitativní povahy (hodnoty kvalitativních kritérií jsou vyjádřeny v ordinální stupnici). Prostředkem, jak i s použitím ordinální stupnice dosáhnout možnosti statistického

¹ Ing. Ivana Olivková, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: +420 59732 3122, e-mail: ivana.olivkova@vsb.cz

vyhodnocení, běžného pro metrické stupnice, je jejich metrizační, tj. přiřazení bodů z bodové stupnice jako nástroje pro měření postojů a názorů cestujících. Pro každý stupeň bodového hodnocení je přesně definovaná úroveň každého kritéria kvality slovním výrazem (deskriptorem). Přiřazením bodu z bodové stupnice cestující určuje, do jaké míry dané kritérium plní jeho/její očekávání. Nominální hodnoty kvalitativních kritérií jsou tak vyjádřeny subjektivně na základě postojů cestujících ve škálových hodnotách. Subjektivně vyjádřené postoje pak lze statisticky objektivizovat.

2.1 Popis metody hodnocení kvality

Metoda byla ověřena provedením dopravního průzkumu spokojenosti cestujících v ostravském systému MHD. Kritéria kvality přemístění byla hodnocena cestujícími v dotazníku. Metodu je možno rozdělit do následujících kroků:

1. Konstrukce dílčí funkce užítka kritéria:
 - a) vymezení definičního oboru dílčí funkce užítka,
 - b) grafické znázornění průzkumem zjištěných hodnot pomocí bodového diagramu,
 - c) určení typu regresní funkce (dílčí funkce užítka kritéria) a stanovení jejích parametrů metodou nejmenších čtverců.
2. Rozdělení definičního oboru dílčí funkce užítka kritéria na intervaly nominálních hodnot a určení mezních nominálních hodnot.

ad.1a) Vymezení definičního oboru dílčí funkce užítka

Definičním oborem dílčí funkce užítka kritéria je interval nominálních hodnot kritéria $x_i = \langle x_{i \min}; x_{i \max} \rangle$. Nominální hodnoty byly stanoveny objektivně na základě kvantitativních údajů (ve stupnici metrického typu) uvedených cestujícími v dotazníku. Krajní body tohoto intervalu lze označit jako $x_{i \min}$ a $x_{i \max}$ kde:

$x_{i \min}$ je nejnižší (minimální) hodnota i-tého kritéria

$x_{i \max}$ je nejvyšší (maximální) hodnota i-tého kritéria.

ad.1b) Grafické znázornění průzkumem zjištěných hodnot pomocí bodového diagramu

Prostřednictvím bodového hodnocení kvality kritéria 1, 2, 3, 4 nebo 5 kde 1 je hodnocení nejlepší a 5 nejhorší, přiřazují cestující určité nominální hodnotě kritéria x_i hodnotu užítka $u_i = 1, u_i = 0,75, u_i = 0,5, u_i = 0,25$ nebo $u_i = 0$. Uspořádané dvojice $(x_i, u_i(x_i))$ tvoří souřadnice bodů, které lze zobrazit graficky pomocí bodového diagramu - na ose x jsou vyneseny nominální hodnoty kritéria a na ose y jim odpovídající průměrné hodnoty užítka.

ad.1c) Určení typu regresní funkce (dílčí funkce užítka kritéria) a stanovení jejích parametrů metodou nejmenších čtverců

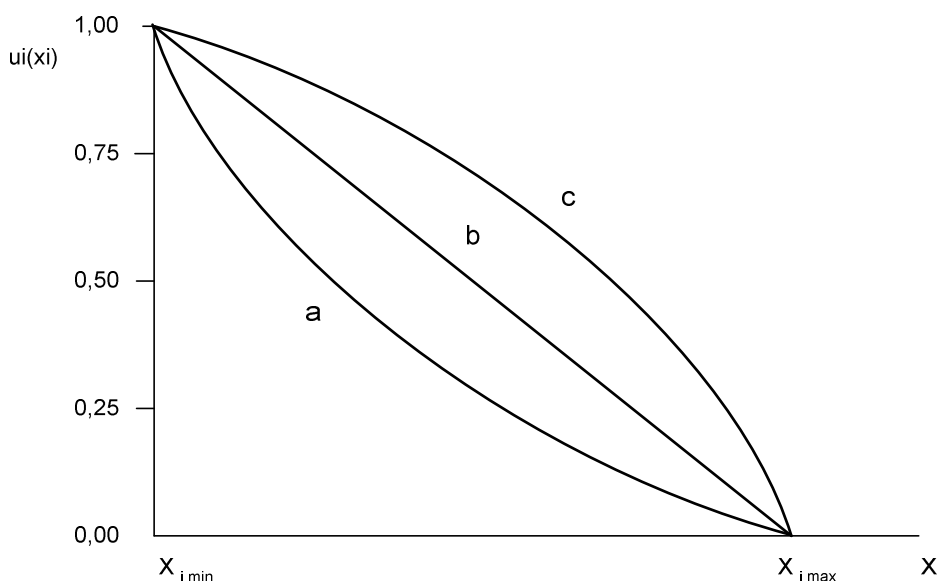
Metodou nejmenších čtverců lze nalézt regresní (aproximační) funkci, která má součet čtverců odchylek pozorovaných (průzkumem zjištěných) hodnot y_i od vypočtených (teoretických) y_i' co nejmenší.

Metoda nejmenších čtverců spočívá v hledání regresní (aproximační) funkce pro kterou bude platit vztah:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2 = \min \quad (1)$$

Postup je následující:

Z bodového diagramu, kde jsou graficky znázorněny průzkumem zjištěné hodnoty kriterií (viz. obr. 2, 3, 4) lze usoudit, že závislost je kvadratická. Funkce $u_i(x_i)$ bude ve svém definičním oboru $x_i = \langle x_{i\min}; x_{i\max} \rangle$ monotónně klesající. Lze očekávat dva typy průběhu funkcí $u_i(x_i)$, tj. konvexní (obr.1- typ a) nebo konkávní funkci užítka (obr. 1- typ c).



Obr. 1 - Typy průběhu dílčí funkce užítka $u_i(x_i)$ (a-konvexní, b-lineární, c-konkávní)

Průzkumem zjištěné hodnoty lze tedy aproximovat parabolou (kvadratickou funkcí, polynomem druhého řádu) s rovnicí $y = f(x) = ax^2 + bx + c$. Odhady jejich parametrů lze získat pomocí **metody nejmenších čtverců**, tj. z podmínky, aby součet čtverců odchylek S byl minimální:

$$S(a, b, c) = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c)^2 = \min \quad (2)$$

Aby byl tento součet minimální, musí být jeho parciální derivace rovny nule:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = \frac{\partial S}{\partial b} = \frac{\partial S}{\partial c} = 0 \quad (3)$$

Uvedeným postupem lze odvodit soustavu lineárních rovnic:

$$a \sum_{i=1}^n x_i^4 + b \sum_{i=1}^n x_i^3 + c \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i x_i^2$$

$$\begin{aligned}
 a \sum_{i=1}^n x_i^3 + b \sum_{i=1}^n x_i^2 + c \sum_{i=1}^n x_i &= \sum_{i=1}^n y_i x_i \\
 a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i + c \cdot n &= \sum_{i=1}^n y_i
 \end{aligned} \tag{4}$$

Položí-li se $S_m = \sum_{i=1}^n x_i^m$ ($S_0 = n$), jsou odhady parametrů a, b, c :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(S_1 S_3 - S_2^2) \sum_{i=1}^n y_i + (S_1 S_2 - n S_3) \sum_{i=1}^n y_i x_i + (n S_2 - S_1^2) \sum_{i=1}^n y_i x_i^2}{\Delta} \\
 b &= \frac{(S_2 S_3 - S_1 S_4) \sum_{i=1}^n y_i + (n S_4 - S_2^2) \sum_{i=1}^n y_i x_i + (S_1 S_2 - n S_3) \sum_{i=1}^n y_i x_i^2}{\Delta} \\
 c &= \frac{(S_2 S_4 - S_3^2) \sum_{i=1}^n y_i + (S_2 S_3 - S_1 S_4) \sum_{i=1}^n y_i x_i + (S_1 S_3 - S_2^2) \sum_{i=1}^n y_i x_i^2}{\Delta}
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\text{kde } \Delta = n (S_2 S_4 - S_3^2) + S_1 (S_2 S_3 - S_1 S_4) + S_2 (S_1 S_3 - S_2^2)$$

Pomocí **indexu determinace** lze zjistit vhodnost regresní funkce. Jeho konstrukce vychází z rozkladu součtu čtvercových odchylek pozorovaných (naměřených) hodnot od jejich aritmetického průměru

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \tag{6}$$

na dvě složky. A to na součet čtverců reziduí:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2 \tag{7}$$

a na součet čtverců vypočtených (teoretických) hodnot od aritmetického průměru

$$\sum_{i=1}^n (y'_i - \bar{y})^2 \tag{8}$$

Součet čtverců vypočtených (teoretických) hodnot od průměru představuje tu část součtu čtverců, kterou je možno vysvětlit zvolenou regresní funkcí.

Index determinace udává z jaké části je variabilita závislé proměnné vysvětlena zvoleným modelem:

$$I^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i' - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (9)$$

Index determinace (v programu Microsoft Excel označován R^2) nabývá hodnot z uzavřeného intervalu $\langle 0, 1 \rangle$.

ad.2) Rozdělení definičního oboru dílčí funkce užitku kvantitativního kritéria na intervaly nominálních hodnot a určení mezních nominálních hodnot

Transformací bodového hodnocení kvality kritéria může být pomocí dílčí funkce užitku $u_i(x_i)$ kritéria rozdělen definiční obor funkce do pěti dílčích intervalů nominálních hodnot. Pomocí funkce $u_i(x_i)$ můžeme rovněž získat mezní nominální hodnoty $x_i^1, x_i^{0,75}, x_i^{0,5}, x_i^{0,25}, x_i^0$ pro něž by $u_i(x_i)$ měla nabývat hodnot $u_i(x_i^1) = 1, u_i(x_i^{0,75}) = 0,75, u_i(x_i^{0,5}) = 0,5, u_i(x_i^{0,25}) = 0,25$ a $u_i(x_i^0) = 0$.

2.2 Hodnocení kritérií časové dostupnosti v dopravní síti MHD

Časová dostupnost v dopravní síti MHD je vyjádřením kvality dopravní obsluhy města městskou hromadnou dopravou. Skupina kritérií časové dostupnosti (dostupnost zastávek, čekání na spoj a přestupovost v dopravní síti MHD), která jsou hodnocena v této kapitole, se vztahuje k pohodlí cestujících mimo vozidlo. Hodnotí fyzickou a psychickou stránku cestujícího v průběhu jeho příchodu na zastávku, odchodu ze zastávky, v průběhu čekání na spoj a v průběhu přestupu. Jsou ovlivňována jak úrovní organizace a řízení dopravy, tak samotnou dopravní cestou a dopravní sítí linek MHD.

2.2.1 Hodnocení kritéria dostupnost zastávek MHD

Každá cesta dopravním prostředkem městské hromadné dopravy začíná a končí pěší chůzí. Návaznost pěších cest a přístupů má být proto logická, co nejkratší, přehledná a co nejbezpečnější. Dostupnost zastávek MHD určuje z prostorového hlediska vzdálenost a z hlediska časového dobu dostupnosti zastávek a stanic při vstupu do systému městské hromadné dopravy. Docházková vzdálenost je kritérium, jehož nastavení ovlivní přístup občana k veřejné dopravě. Při stanovení limitu docházkové vzdálenosti k zastávce, resp. k prostředku veřejné dopravy, je nutno brát v úvahu i skutečnost, že čas strávený chůzí je součástí času stráveného k dosažení cíle. Toto kritérium je možné charakterizovat jako časovou dostupnost zastávek MHD.

Časová dostupnost zastávek MHD je obecně funkcí průměrné vzdálenosti mezi zastávkami MHD a hustoty dopravní sítě MHD. Odpovídá střední délce chůze cestujícího k nejbližší zastávce v sledovaném dopravním okrsku a rychlosti chůze. Graficky je možné vyhodnotit časovou dostupnost zastávek s použitím izochron časové dostupnosti. Izochrona časové dostupnosti zastávky je čára, z které je stejná doba chůze k zastávce.

Ve vyjádření časové dostupnosti zastávek MHD má významný podíl vzdálenost mezi zastávkami. Se zvětšující se vzdáleností mezi zastávkami (při konstantní hustotě dopravní sítě) se zvětšuje doba chůze na zastávku. Na druhé straně se zmenšuje doba přepravy, protože se zvětšuje cestovní rychlost. Kriteřiem pro stanovení optimální vzdálenosti mezi zastávkami je proto minimální doba přemístění.

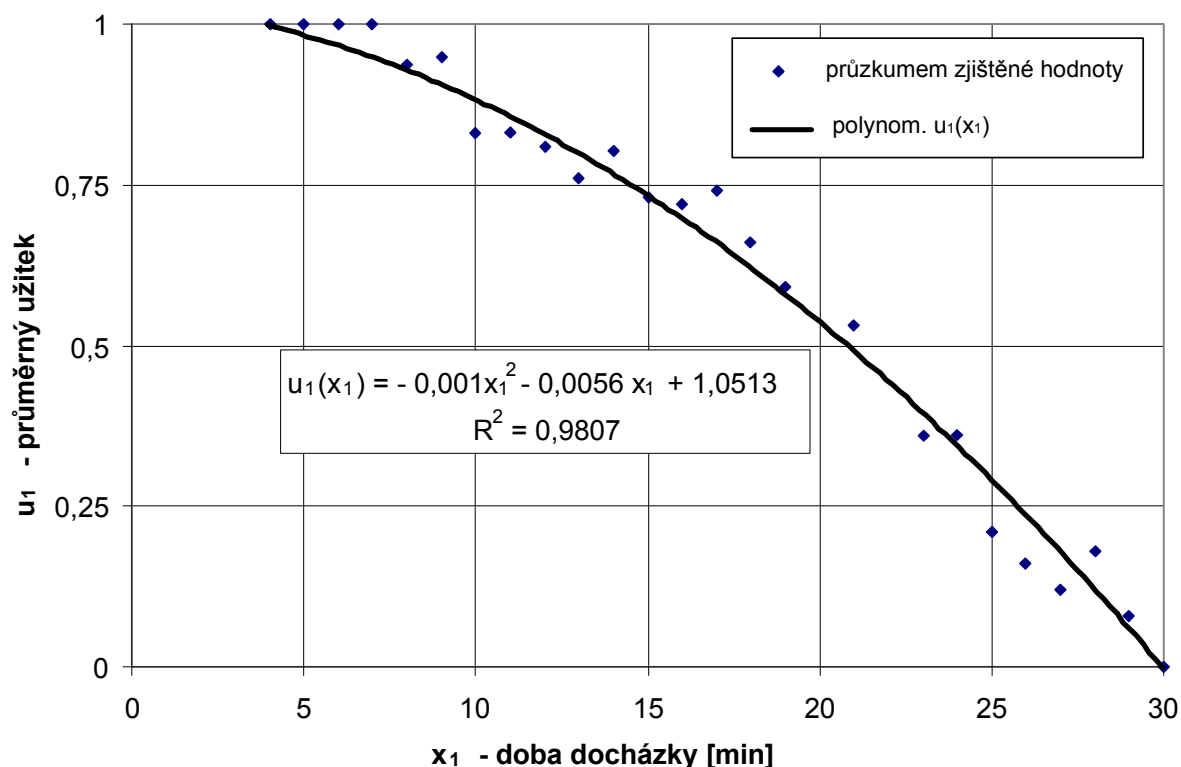
Aby bylo možno objektivně stanovit dostupnost zastávek je nutno brát v úvahu konkrétní údaje o jednotlivých složkách doby chůze (ze zdroje přemístění na výchozí zastávku a z cílové zastávky k cíli přemístění), získané od cestujících v dotazníku.

Prostřednictvím bodového hodnocení kvality kritéria ve stupnici 1, 2, 3, 4, 5 přiřadili cestující určité nominální hodnotě doby docházky x_1 hodnotu užitečnosti $u_1 = \langle 1 ; 0 \rangle$. Uspořádané dvojice $(x_1, u_1(x_1))$ tvoří souřadnice bodů, které jsou vyneseny na obr. 2 (na ose x jsou vyneseny nominální hodnoty doby docházky a na ose y jim odpovídající průměrné hodnoty užítka). Průzkumem zjištěné hodnoty lze nejlépe aproximovat parabolou (kvadratickou funkcí, polynomem druhého řádu).

Dílčí funkce užítka kritéria dostupnost zastávek $u_1(x_1)$ má tvar:

$$u_1(x_1) = -0,001 x_1^2 - 0,0056 x_1 + 1,0513 \quad (10)$$

Hodnota indexu determinace $R^2 = 0,9807$ což znamená dobré proložení bodů.



Obr. 2 - Dílčí funkce užítka kritéria dostupnost zastávek $u_1(x_1)$

Funkce $u_1(x_1)$ je ve svém definičním oboru $x_1 = \langle 4; 30 \rangle$ monotónně klesající z funkční hodnoty $u_1(x_1^1) = 1$ na funkční hodnotu $u_1(x_1^0) = 0$, průběh funkce je konkávní. Dostupnost

zastávek je tedy kritériem s klesající preferencí, stejné přírůstky nominálních hodnot subkritéria přináší respondentům stále menší užitek.

Definiční obor funkce $u_1(x_1)$ byl rozdělen na základě respondenty přiřazeného bodového hodnocení do pěti intervalů. Pomocí funkce $u_1(x_1)$ lze rovněž získat mezní hodnoty $x_1^1, x_1^{0,75}, x_1^{0,5}, x_1^{0,25}, x_1^0$, pro něž $u_1(x_1)$ nabývá hodnot $u_1(x_1^1) = 1, u_1(x_1^{0,75}) = 0,75, u_1(x_1^{0,5}) = 0,5, u_1(x_1^{0,25}) = 0,25$ a $u_1(x_1^0) = 0$.

Z hodnot uvedených v tabulce 1 vyplývá, jak cestující hodnotí čas strávený docházkou (z bydliště na výchozí zastávku MHD a z cílové zastávky MHD na pracoviště) na cestě do zaměstnání. Nejvyšší užitek cestujícím přináší dostupnost zastávek do 11 minut, ještě "příznivě" hodnotí dobu docházky do 18 minut. Neutrálně "ani příznivě ani nepříznivě" je hodnoceno navýšení času stráveného docházkou do 23 minut. Další prodloužení doby docházky je již z hlediska cestujících nepřijatelné.

Tab. 1 - Transformace bodového hodnocení kvality kritéria dostupnosti zastávek do intervalů a mezních hodnot x_1 pomocí dílčí funkce užítu $u_1(x_1)$

	Bodové hodnocení	Interval x_1 [min]	Mezní hodnoty x_1 [min]
1	velmi příznivé	4-11	5
2	příznivé	12-18	15
3	ani příznivé ani nepříznivé	19-23	21
4	nepříznivé	24-27	26
5	velmi nepříznivé	28-30	30

Z hodnot uvedených v této tabulce vyplývá, že cestující nehodnotí čas strávený docházkou příliš negativně. Přírůstky nominálních hodnot na počátku definičního oboru přináší cestujícím menší poklesy užítu, než přírůstky nominálních hodnot v blízkosti hodnoty $x_{3,1max} = 30$ minut. Důvodem může být skutečnost, že cestující nepokládají dobu docházky za součást přemístění. Počátkem přemístění rozumí příchod na výchozí zastávku, koncem přemístění odchod z cílové zastávky (případně až nástup do dopravního prostředku a výstup z dopravního prostředku).

2.2.2 Hodnocení kritéria čekání na spoj MHD

Doba čekání na spoj je doba měřená od příchodu cestujícího na zastávku MHD po odjezd dopravního prostředku požadovaného spoje. Průměrná doba čekání na spoj závisí na rozdělení doby příchodu cestujícího na zastávku a na pravidelnosti, spolehlivosti a přesnosti dopravy. Pokud cestující přichází na zastávku nezávisle na jízdním řádu, tj. bez znalosti odjezdů spojů na dané lince, přichází náhodně. Za předpokladu pravidelné a přesné dopravy je průměrná doba čekání na spoj cestujícího, který přijde na zastávku MHD bez znalosti jízdního řádu, polovina intervalu dopravy. Tato situace nastává i v případě, kdy nejsou jízdním řádem stanovené odjezdy, ale jen interval dopravy.

Cestující při pravidelných cestách do zaměstnání již předem zná jízdním řádem stanovené odjezdy a s cílem snížit dobu čekání na spoj přizpůsobuje svůj příchod na zastávku odjezdu požadovaného spoje.

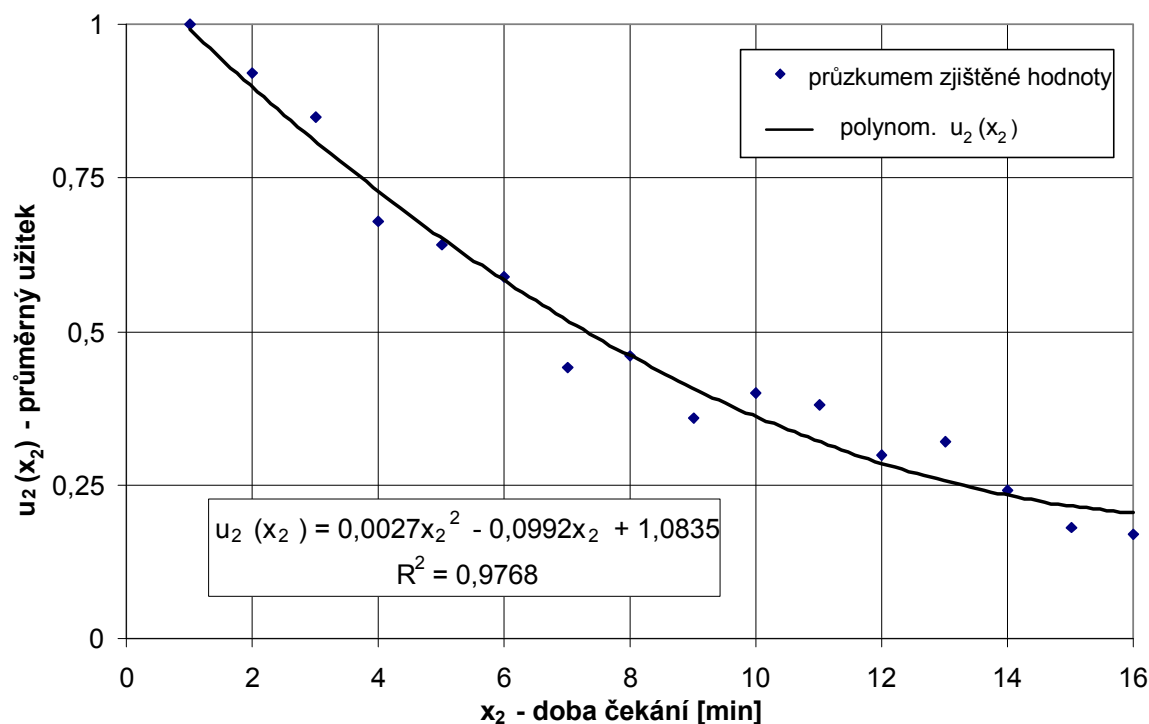
Kriterium čekání na spoj MHD (doby čekání na spoj) cestující hodnotili z hlediska času stráveného čekáním na zastávce na cestě do zaměstnání. Nominální hodnoty x_2 byly stanoveny na základě údajů o době čekání, získaných od cestujících prostřednictvím dotazníku.

Prostřednictvím bodového hodnocení kvality kritéria ve stupnici 1, 2, 3, 4, 5 přiřadili cestující určité nominální hodnotě doby čekání x_2 hodnotu užitečnosti $u_2 = \langle 1 ; 0 \rangle$. Uspořádané dvojice $(x_2, u_2(x_2))$ tvoří souřadnice bodů, které jsou vyneseny na obr.3 (na ose x jsou vyneseny nominální hodnoty doby čekání a na ose y jim odpovídající průměrné hodnoty užitku). Průzkumem zjištěné hodnoty lze nejlépe aproximovat parabolou (kvadratickou funkcí, polynomem druhého řádu).

Dílčí funkce užitku kritéria čekání na spoj $u_2(x_2)$ má tvar:

$$u_2(x_2) = 0,0027 x_2^2 - 0,0992 x_2 + 1,0835 \quad (11)$$

Hodnota indexu determinace $R^2 = 0,9768$ což znamená dobré proložení bodů.



Obr. 3 - Dílčí funkce užitku subkritéria čekání na spoj $u_2(x_2)$

Funkce $u_2(x_2)$ je ve svém definičním oboru $x_2 = \langle 1; 16 \rangle$ monotónně klesající z funkční hodnoty $u_2(x_2^1) = 1$ na funkční hodnotu $u_2(x_2) = 0,19$, průběh funkce je konvexní. Čekání na

spoj je tedy kritériem s klesající preferencí, stejné přírůstky nominálních hodnot subkritéria přináší respondentům stále menší poklesy užítku.

Definiční obor funkce $u_2(x_2)$ byl rozdělen na základě respondenty přiřazeného bodového hodnocení do čtyř intervalů. Pomocí funkce $u_2(x_2)$ lze rovněž získat mezní hodnoty x_2^1 , $x_2^{0,75}$, $x_2^{0,5}$ a $x_2^{0,25}$ pro něž $u_2(x_2)$ nabývá hodnot $u_2(x_2^1) = 1$, $u_2(x_2^{0,75}) = 0,75$, $u_2(x_2^{0,5}) = 0,5$ a $u_2(x_2^{0,25}) = 0,25$.

Z hodnot uvedených v tabulce 2 vyplývá, jak cestující hodnotí čas strávený čekáním na zastávce. Velmi příznivě hodnotí čekání na spoj do 2 minut a příznivě do 5 minut. Ještě neutrálně tj. ani příznivě ani nepříznivě je hodnocena doba čekání do 9 minut. Delší čas čekání je již pro cestující nepřijatelný. Z tabulky 2 je patrné, že v rámci definičního oboru $x_2 = \langle 1; 16 \rangle$ nelze transformovat bodové hodnocení 5 (velmi nepříznivé) do intervalu a hodnoty x_2^0 , pro niž by $u_2(x_2)$ měla nabývat hodnoty $u_2(x_2^0) = 0$. Tyto hodnoty leží mimo průzkumem zjištěný definiční obor.

Tab. 2 - Transformace bodového hodnocení kvality kritéria čekání na spoj do intervalů a mezních hodnot x_2 pomocí dílčí funkce užítku $u_2(x_2)$

Bodové hodnocení		Interval x_2 [min]	Mezní hodnoty x_2 [min]
1	velmi příznivé	1 - 2	1
2	příznivé	3 - 5	4
3	ani příznivé ani nepříznivé	6 - 9	7
4	nepříznivé	10 - 16	13
5	velmi nepříznivé	-	-

Cestující hodnotí čas strávený čekáním na zastávce dosti negativně. Přírůstky nominálních hodnot na počátku definičního oboru přináší cestujícím vyšší poklesy užítku, než přírůstky nominálních hodnot na konci definičního oboru. Důvodem může být skutečnost, že cestující při pravidelných cestách do zaměstnání již předem znají jízdním řádem stanovené odjezdy spojů a přicházejí na zastávku před stanoveným odjezdem spoje. Proto neočekávají, že doba čekání na spoj se zvýší.

2.2.3 Hodnocení kritéria přestupovost v dopravní síti MHD

Doba přestupu je součtem doby chůze při přestupu mezi výstupní a nástupní zastávkou linek, mezi kterými se přestupuje a doby čekání na následný spoj. Nutnost přestupu z jednoho dopravního prostředku na jiný při přemístění za účelem dosažení žádoucího cíle cesty snižuje kvalitu přepravy. Protože přestupování mezi různými dopravními systémy nelze zabránit, je úkolem tuto nevýhodu minimalizovat. Předpokladem minimální doby přestupu je dobrá časová a prostorová koordinace v dopravním systému. Doba přestupu je ovlivněna dodržováním jízdního řádu, tj. pravidelností, přesností a spolehlivostí dopravy.

Základním kritériem však zde zůstává celková doba přemístění, tj. spotřeba času "od dveří ke dveřím", kdy naopak přestupem na jiný dopravní prostředek se celková doba přemístění může snížit. V zájmu zamezení negativního hodnocení přestupovosti ze strany

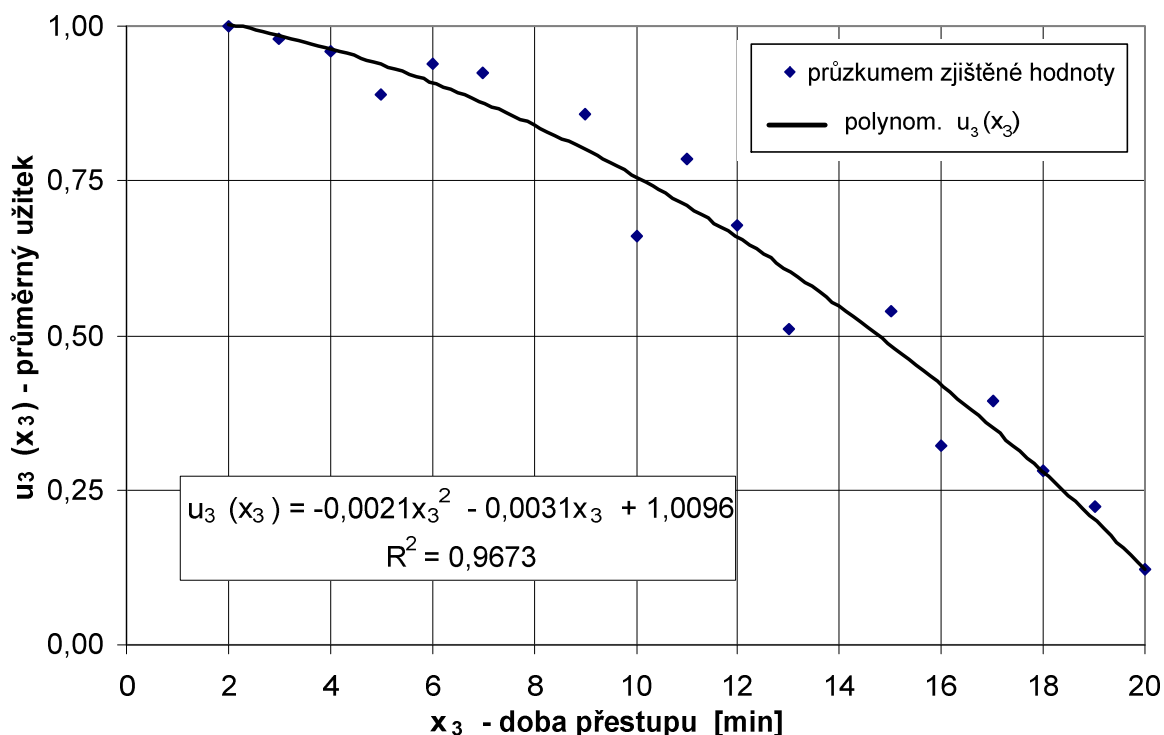
cestujících je však žádoucí, aby se vhodným uspořádáním přestupních vazeb (časových i prostorových) a optimálním řešením sítě linek zamezilo vícenásobným přestupům, které cestující hodnotí velmi negativně.

Kriterium přestupovosti v dopravní síti MHD cestující hodnotili z hlediska doby přestupu v průběhu jejich cesty do zaměstnání. Nominální hodnoty x_3 byly stanoveny na základě údajů o době přestupu (součtu doby docházky při přestupu mezi výstupní a nástupní zastávkou linek, mezi kterými se přestupuje a doby čekání na následný spoj) získaných od cestujících prostřednictvím dotazníku.

Prostřednictvím bodového hodnocení kvality subkriteria ve stupnici 1, 2, 3, 4, 5 přiřadili cestující určité nominální hodnotě doby přestupu x_3 hodnotu užitečnosti $u_3 = \langle 1 ; 0 \rangle$. Uspořádané dvojice $(x_3, u_3(x_3))$ tvoří souřadnice bodů, které jsou vyneseny na obr. 4 (na ose x jsou vyneseny nominální hodnoty doby přestupu a na ose y jim odpovídající průměrné hodnoty užítka). Průzkumem zjištěné hodnoty lze nejlépe aproximovat parabolou (kvadratickou funkcí, polynomem druhého řádu). Dílčí funkce užítka kriteria přestupovost v dopravní síti $u_3(x_3)$ má tvar:

$$u_3(x_3) = -0,0021x_3^2 - 0,0031x_3 + 1,0096 \quad (12)$$

Hodnota indexu determinace $R^2 = 0,9673$ což znamená dobré proložení bodů.



Obr. 4 - Dílčí funkce užítka kriteria přestupovost v dopravní síti MHD $u_3(x_3)$

Funkce $u_3(x_3)$ je ve svém definičním oboru $x_3 = \langle 2 ; 20 \rangle$ monotónně klesající z funkční hodnoty $u_3(x_3^1) = 1$ na funkční hodnotu $u_3(x_3) = 0,13$ průběh funkce je konkávní.

Přestupovost v dopravní síti MHD je tedy kritériem s klesající preferencí, stejné přírůstky nominálních hodnot kritéria přináší respondentům stále menší užitek.

Definiční obor funkce $u_3(x_3)$ byl rozdělen na základě respondenty přiřazeného bodového hodnocení do čtyř intervalů. Pomocí funkce $u_3(x_3)$ lze rovněž získat mezní hodnoty x_3^1 , $x_3^{0,75}$, $x_3^{0,5}$ a $x_3^{0,25}$ pro něž $u_3(x_3)$ nabývá hodnot $u_3(x_3^1) = 1$, $u_3(x_3^{0,75}) = 0,75$, $u_3(x_3^{0,5}) = 0,5$ a $u_3(x_3^{0,25}) = 0,25$.

Podrobnější výsledky obsahuje tabulka 3. Definiční obor funkce $u_3(x_3)$ byl rozdělen na základě respondenty přiřazeného bodového hodnocení do čtyř intervalů. Pomocí funkce $u_3(x_3)$ lze rovněž získat mezní hodnoty x_3^1 , $x_3^{0,75}$, $x_3^{0,5}$ a $x_3^{0,25}$ pro něž $u_3(x_3)$ nabývá hodnot $u_3(x_3^1) = 1$, $u_3(x_3^{0,75}) = 0,75$, $u_3(x_3^{0,5}) = 0,5$ a $u_3(x_3^{0,25}) = 0,25$.

Tab. 3 - Transformace bodového hodnocení kvality přestupovost v dopravní síti MHD do intervalů a mezních hodnot x_3 pomocí dílčí funkce užítku $u_3(x_3)$

Bodové hodnocení		Interval x_3 [min]	Mezní hodnoty x_3 [min]
1	velmi příznivé	2-7	2
2	příznivé	8-11	10
3	ani příznivé ani nepříznivé	12-16	15
4	nepříznivé	17-20	18
5	velmi nepříznivé	-	-

Z hodnot uvedených v tabulce 3 vyplývá, jak cestující hodnotí čas strávený přestupováním. Přírůstky nominálních hodnot na počátku definičního oboru přináší cestujícím menší poklesy užítku, než přírůstky nominálních hodnot v blízkosti hodnoty $x_{3\max} = 20$ minut. Důvodem může být skutečnost, že cestujícím příliš nevadí nutnost 1 přestupu z jednoho dopravního prostředku na jiný v průběhu přemístění, pokud není časová ztráta při přestupu příliš velká. Vícenásobné přestupy, kdy se současně zvyšuje i časová ztráta, však cestující hodnotí nepříznivě.

3. ZÁVĚR

Článek se zabývá problematikou hodnocení kvality MHD. Zejména se věnuje popisu metody hodnocení kvality přemístění MHD a experimentálnímu ověření navržené metody provedení vyhodnocení kritérií časové dostupnosti.

Pro zhodnocení navržené metody jsou významné výsledky provedeného průzkumu, které ukazují, že je vhodný pro praktické využití v oblasti hodnocení spokojenosti a kvality přemístění MHD z hlediska cestujících, protože umožňuje:

- identifikovat očekávání cestujících týkající se kvality přemístění v systému MHD,
- identifikovat existující úroveň kvality,
- odhalovat příčiny nespokojenosti cestujících,
- odhalovat silné a slabé stránky dopravce,

- poskytovat informace a data pro projekty zlepšování kvality,
- přinášet kvantifikované výstupy s možností vyhodnocování trendů.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] OLIVKOVÁ, I. *Hodnocení spokojenosti cestujících v podniku MHD*. Ostrava: 13. mezinárodní konference „Jakost 2004 - Quality 2004“, ISBN 80-02-01645-9.
- [2] OLIVKOVÁ, I. *Hodnocení spokojenosti cestujících s kvalitou městské hromadné dopravy*. Pardubice: Perner's Contact II/2006. Univerzita Pardubice, 2006. s. 67-73. ISSN 1801-674X.
- [3] SUROVEC, P. *Provoz a ekonomika silniční dopravy I*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. 2000. ISBN – 80-7078-735-X.

Recenzenti: Ing. Ivana Havlíčková
UDIMO, spol. s r. o., Ostrava
doc. Ing. Tatiana Molková, Ph.D.
Univerzita Pardubice, DFJP, Katedra technologie a řízení dopravy