STANOVENÍ VÝVOJE NÁKLADŮ
FIXING COSTS TREND

Rudolf Kampf[1], Jaroslav Morkus[2]

Anotace: Autoři článku se zabývají metodikou stanovení vývoje nákladů, což slouží jako základ pro stanovení faktorů vnímaných uživatelem dopravní služby při posuzování nákladů a užitku. Článek předkládá souhrnný pohled na všechna omezení a všechny možné chyby v globálních výpočtech při analýze a v druhém kroku i prognóze empiricky zjištěných ukazatelů. Autoři se pokusili, ve zkratce, popsat varianty prokládání časových řad s ukázkou grafických řešení.

Klíčová slova: náklady, ukazatel, doprava, časová řada

Summary: The article deals with methodology fixing costs trend, which is engaged as basic instrument of assesment factors perceived user of transport service by perspective on costs and utility. The authors describe variants of time series fitting.

Keywords: costs, idicator, transport, time series

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY STANOVENÍ VÝVOJE UKAZATELŮ

Náklady výrobní a náklady v dopravě úzce souvisí s výkony. Výkony v dopravě můžeme měřit objektivně pouze ukazateli, jako jsou tunokilometry (tkm), osobokilometry (oskm) a komplexně za celou dopravu převedenými tunokilometry. Oskm můžeme sčítat s tkm převedením určitým koeficientem, pro hrubou představu koeficient může být roven i 1, pak dostáváme tzv. převedené tunokilometry (přtkm).

Zamyslíme-li se hlouběji nad těmito ukazateli, např. nad tkm, vidíme, že tento ukazatel nemusí odpovídat nákladově stejnému počtu tkm. Není zde z hlediska nákladů matematická rovnost, jestliže 1 tkm vypočteme jako 0,5 tuny x 2 km nebo 2 tuny na vzdálenost 0,5 km. Matematicky nám vždy vyjde 1 tkm, ale z hlediska vynaložených nákladů na realizaci tohoto výkonu, jsou výsledky jiné. Z empirických pozorování lze tvrdit, že ve výhodě a méně nákladné u železniční dopravy je vést tuny na větší vzdálenosti než naopak. Dokonce ve výsledcích dostáváme odchylky při stejně realizovaném výkonu v nákladech. Je to způsobeno různými podmínkami provozu (druh tratě, vozového parku a jeho využití v únosnosti, sklonové poměry, počasí a další).

[1] doc. Ing. Rudolf Kampf, CSc. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravní management, marketing a logistika, Studentská 95, 532 10 Pardubice, tel.: +420 466 036 400, e-mail: rudolf.kampf@upce.cz

[2] Ing. Jaroslav Morkus, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravní management, marketing a logistika, Studentská 95, 532 10 Pardubice, tel.: +420 466 036 400, e-mail: jaroslav.morkus@upce.cz

Přes všechna tato omezení a všechny možné chyby v globálních výpočtech, třeba za region a za určité období, můžeme tvrdit, že chyby a odchylky se podle zákona velkých čísel eliminují a především je zřejmé, že lepší ukazatele pro dopravní výkon prostě nemáme.

Tyto ukazatele v železniční dopravě jsou vyvolané okolím a je obtížné nějakým vhodným způsobem, například marketingovými metodami, je ovlivňovat. V dopravě jsou ovšem ještě další problémy v tomto kontextu, jako je špatná dopravní politika státu (není dostatečně preferovaná železniční doprava) a určitá zkostnatělost v přístupu k zákazníkům a špatná motivace zaměstnanců ze strany železnice. Tuto situaci ještě komplikuje fakt, že vnímání užitku a nákladů je u jednotlivých uživatelů dopravy různé. Jeden zákazník, například uživatel nákladní železniční dopravy dává přednost rychlejšímu přemístění svých zásilek, jiný přesnosti dodání, další dává přednost nízké ceně za přepravu.

Ukazatele se tedy sledují v čase, dostáváme časové řady a z nich se sestavují prognózy. Prognózování zachycuje okruh problémů, spojených s předvídáním možných směrů rozvoje, které zároveň představují potencionální cíle. Prognózy můžeme definovat jako objektivní verifikovatelné, alternativní a ohodnocené předpovědi budoucího stavu nebo vývoje.

Všimneme si nyní časových řad. Definice by zřejmě zněla, že jde o chronologické údaje, které musí být věcně a prostorově srovnatelné. Můžeme je analyzovat a podle potřeby i prognózovat. Analýzou a prognózou se rozumí soubor metod, které slouží k popisu těchto systémů a předvídání jejich budoucího chování. Rozeznáváme členění na:

- intervalové časové řady,
- okamžikové,
- a krátkodobé časové řady (s periodicitou kratší než 1 rok),
- dlouhodobé,
- a časové řady absolutních ukazatelů,
- odvozených ukazatelů (zjištěných výpočtem),
- časové řady naturálních ukazatelů,
- peněžních ukazatelů.

Intervalovou časovou řadou se rozumí časová řada intervalového ukazatele, tj. ukazatele, jehož velikost závisí na délce intervalu, za který je sledován. Z povahy intervalových ukazatelů vyplývá, že se mají vztahovat ke stejně dlouhým intervalům, protože v opačném případě by šlo o zkreslení. Abychom zajistili srovnatelnost, přepočítáme všechna období na jednotkový časový interval. Tato operace se nazývá očišťování časových řad od důsledků ,,kalendářních variací". Údaje očištěné na kalendářní dny dostaneme jako:

$$y_i^0 = y_i \frac{\bar{k}_i}{k_i} \tag{1}$$

kde: yi je hodnota očišťovaného ukazatele v příslušném dílčím období roku (měsíci či čtvrtletí),

ki - počet kalendářních dní v příslušném dílčím období roku (měsíci či čtvrtletí),

ki s pruhem- průměrný počet kalendářních dní v dílčím období roku (např. v měsíci).

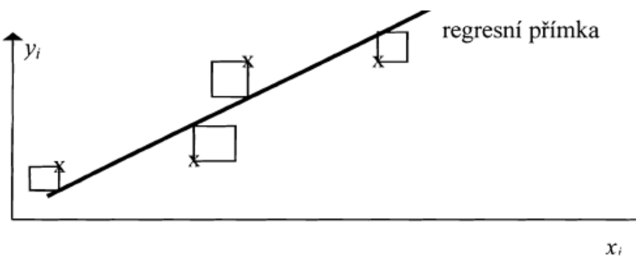
Ještě předtím, než přistoupíme k analýze, případně prognóze údajů v časové řadě, nutně se musíme přesvědčit především o tom, zda údaje použité k prognóze či analýze jsou srovnatelné. Pokud jde o věcnou srovnatelnost, je třeba mít na paměti, že často stejně nazývané ukazatele nemusí být vždy stejně obsahově vymezené. Mění-li se během času obsahové vymezení ukazatele, jsou časové řady nesrovnatelné a pro další úvahy prakticky bezcenné. Prostorovou srovnatelnost je třeba chápat geografickým územím. Nejde vždy o čistě geografický problém, může jít o „ekonomický prostor". Časová srovnatelnost vzniká především u intervalových ukazatelů a tedy se týká produktivity práce (počet výrobků, počet výkonů, počet vypravených vlaků, rozposunovaných vozů atd. za určité období - den, týden, rok apod.). Tato problematika je řešena vzorcem (1).

Problémem zvláštního druhu je také cenová srovnatelnost údajů v ekonomické časové řadě. Během času se ceny mění a je možno používat běžné (současné) ceny nebo je možno použít „stálé ceny", fixované k určitému datu. Tato problematika se týká indexů (cenových a indexů objemových) a přesahuje svojí šíří tento příspěvek.

2 METODIKA STANOVENÍ VÝVOJE NÁKLADŮ

Předpokládejme, že všechny obtíže, uvedené v předchozím, jsme překonali a chceme provést analýzu a v druhém kroku i prognózu empiricky zjištěných ukazatelů. Mluvíme zde o regresní a korelační analýze, jejím cílem je poznaní příčinných vztahů mezi statistickými znaky. Jsou zde dva hlavní úkoly, první se týká průběhu závislostí, druhy intenzity. Průběh závislostí při analýze dvou proměnných se týká volby regresní křivky. Již nakreslené hodnoty (ať na papíře nebo i počítačem) nám dávají přibližnou představu o probíhající situaci. Úkolem je nyní najít takovou regresní křivku, (tedy vyrovnat empirické hodnoty hodnotami teoretickými) která by „nejlépe“ vystihovala danou závislost.

Problém se dá vyřešit zkusmo - body proložíme křivkou, řekněme přímkou tak, aby odchylky bodů od přímky byly co nejmenší. Přesnější metoda je metoda matematická. Vysvětlíme si to na obrázku číslo 1.



Obr. 1 - Náčrt proložení bodů regresní přímkou

Je vidět, že čtverce na náčrtu vznikly dle vzdálenosti od bodu (x) k regresní přímce, což tvoří jednu stranu čtverce. Chceme, aby součet plochy těchto čtverců by1 minimální, protože potom regresní křivka dobře vystihuje danou závislost. Matematicky to můžeme vyjádřit následovně:

$$Y_i = \sum_{i=1}^{n} (y_i - Y_i)^2 \text{ .... minimum} \quad (2)$$

kde: Y_i je regresní křivka (přímka) a y_i jsou empiricky zjištěné hodnoty, tedy body *(x)* na našem obrázku. Za Y_i dosadíme rovnici přímky a po úpravách dostáváme:

$$Y_i = \sum (y_i^2 + a^2 + b^2 x_i^2 - 2a\,y_i - 2b\,x_i y_i + 2ab\,x_i) \tag{3}$$

abychom dostali minimum, parciálně tuto rovnici derivujeme podle *a* a podle *b* a vzniklé rovnice položíme rovny nule. Po úpravách dostáváme dvě tzv. normálové rovnice, které po úpravě mají tvar:

$$\begin{aligned} \sum y_i &= na + b\sum x_i \\ \sum x_i\, y_i &= a\sum x_i + b\sum x_i^2 \end{aligned} \tag{4}$$

Z těchto normálových rovnic můžeme vypočítat koeficienty *a*, *b* a tím přesně vypočítat regresní přímku. U ostatních křivek (parabola, hyperbola, exponenciála atd.) při regresní analýze postupujeme metodicky stejné, dostáváme pochopitelně odlišné normálové rovnice. Výsledkem je regresní přímka:

$$\begin{aligned} Y_i &= a + bx_i \\ a &= \bar{y} - b\bar{x} \\ b &= \frac{n\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \end{aligned} \tag{5}$$

Už ne tak častý je výpočet tzv. spřažený regresní přímky, tj. kde se minimalizují horizontální (-) vzdálenosti (resp. čtverce těchto vzdáleností!). Ale není těžké si uvědomit, že záměnou *x* za *y* se výpočet převede na „klasickou" metodu nejmenších čtverců. Rovnice přímky má teď tvar:

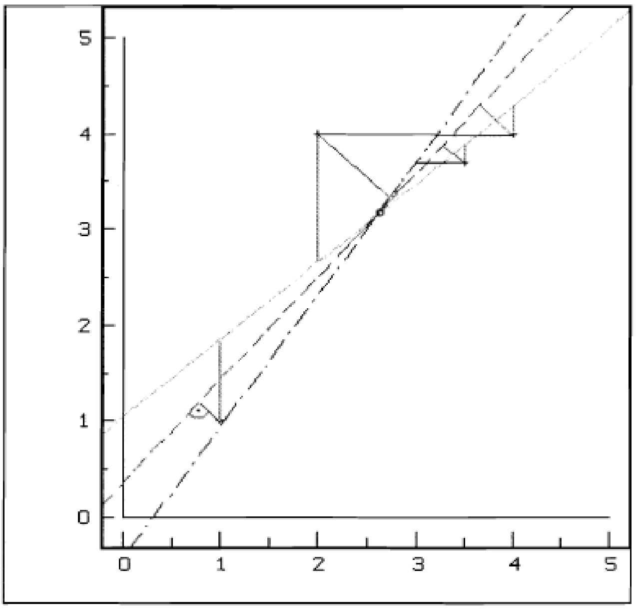
$$y = \frac{x-a}{b} \qquad \text{(protože vycházíme z rovnice x = a + by)}$$

(11)

$$\begin{aligned} a &= \bar{x} - b\bar{y} \\ b &= \frac{n\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2} \end{aligned} \tag{6}$$

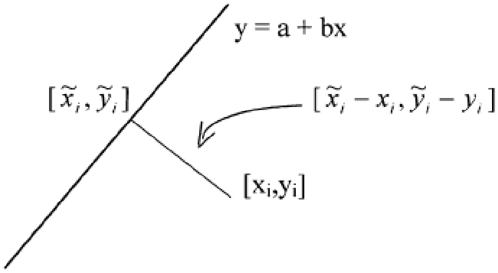
Roli směrnice, tj. b, tady hraje člen 1/b a roli a -a/b.

Jako třetí možnou variantu lineární regrese zde odvodíme pro vzdálenosti kolmé (resp. nejkratší). Nyní uvádíme obrázek, kde jsou shrnuty všechny 3 varianty (pro přehlednost nejsou vyznačené celé čtverce ale jenom vzdálenosti). Na obrázku 2 plná čára odpovídá 1. variantě, čerchovaná 2. variantě a konečně čárkovaná 3. Variantě.



Obr. 2 - Ukázka variant možností proložení bodů přímkou

K odvození rovnice pro minimalizaci kolmé vzdálenosti použijeme následující obrázek, kde je pro přehlednost zobrazený jenom jeden bod [xi,yi]



Obr. 3 - Schéma nákresu na odvození rovnice pro minimalizaci kolmé vzdálenosti

Nejdříve určíme bod $[\tilde{x}_i, \tilde{y}_i]$ v závislosti na bodě [xi,yi] a parametrech regr. přímky a, b (které mimochodem chceme určit). To můžeme např. dvojím způsobem: minimalizací jejich vzdálenosti tj.: $(\tilde{x}_i - x_i)^2 + (\tilde{y}_i - y_i)^2 = \min(\tilde{x}_i)$, přičemž bereme bod $[\tilde{x}_i, \tilde{y}_i]$ na přímce, nebo požadavkem kolmosti vektorů (připomeňme, že pro lib. vektory v, w když jsou kolmé tak platí v.w=0) tj.: $[\tilde{x}_i - x_i, a + b\tilde{x}_i - y_i] \cdot [1, b] = 0$ kde jsme využili toho že vektor [1,b] určuje směr naši přímky. Roznásobením tohoto součinu dostaneme:

$\tilde{x}_i - x_i + ab + b^2\tilde{x}_i - \tilde{y}_i b = 0$ a z toho přímo máme (jak bychom ostatně po úpravě dostali i z první varianty):

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i + by_i - ab}{1 + b^2} \; ; \; \tilde{y}_i = a + b\tilde{x}_i = a + b\frac{x_i + by_i - ab}{1 + b^2} \qquad (7)$$

Takže se nám podařilo ke každému zadanému bodu určit bod na přímce a tedy vzdálenost od přímky. My se teď pokusíme tuto vzdálenost minimalizovat. To znamená, určíme takovou přímku (tj. a, b) aby čtverce vzdálenosti byli minimální, vyjádřeno rovnicí:

$$\sum_{i=1}^{n}\left\{\left(\widetilde{x}_i - x_i\right)^2 + \left(\widetilde{y}_i - y_i\right)^2\right\} = \min(a,b) \tag{8}$$

A to je základní rovnice pro naše další počítání. Po úpravách jsme tedy obdrželi poměrně „pěkný“ tvar naší základní rovnice. V dalším budeme tedy hledat její minimum (resp. extrém). V matematické řeči to zapíšeme jako soustavu:

$$\frac{\partial}{\partial a}\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{\left(a+bx_i-y_i\right)^2}{1+b^2}\right)=0 \qquad \frac{\partial}{\partial b}\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{\left(a+bx_i-y_i\right)^2}{1+b^2}\right)=0 \tag{9}$$

V (9) můžeme jednoduše zkrátit jmenovatele (nederivujeme podle b!) a přímo dostaneme vztah:

$\sum_{i=1}^{n}\left(a+bx_i-y_i\right)=0$, a po „vysumování“ $a + b\overline{x} - \overline{y} = 0 \quad \Rightarrow \quad a = \overline{y} - b\overline{x}$ (10)

3 ZÁVĚR

Závěrem můžeme říci, že článek souhrně předložil možnosti regresní analýzy a její využití pro stanovení nejen nákladů. Popisuje zde nazorně metodikou stanovení vývoje nákladů, což slouží jako základ pro stanovení faktorů vnímaných uživatelem dopravní služby při posuzování nákladů a užitku. Tato analýzu se využívá například při stanovování vývoje dopravy a to jak vývoje počtu automobilů, tak výkonů provozovaných jednotlivými dopraními obory.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] KAMPF, R. a kol. Statistika v dopravě, Pardubice: Univerzita Pardubice 2007, s. 107. ISBN 978-80-7194-996-1.

[2] MELICHAR, V., JEŽEK, J. Ekonomika dopravního podniku. 3. přeprac. vydaní. Pardubice: Univerzita Pardubice 2004, s. 192. ISBN 80-7194-711-3.

Recenzent: doc. Ing. Jozef Strišš, CSc.
Žilinská univerzita v Žiline, FRI, Katedra manažérskych teórií