

## MAKROSKOPICKÝ TVAR KRITÉRIA PŘEPRAVNÍCH NÁKLADŮ

Antonín TUZAR <sup>a)</sup>, Bohdan LINDA <sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> Katedra technologie a řízení dopravy, Dopravní fakulta Jana Pernera

<sup>b)</sup> Katedra matematiky, Fakulta ekonomicko - správní

Představme si, že je potřebné přepravit jistý náklad z místa A do místa B. S tímto přemístěním jsou spojeny náklady, které v celém komplexu nebyly doposud exaktně vyjádřeny. Pokusme se proto nejprve verbálně popsat nákladovou (účelovou) funkci, vyjadřující náklady na přemístění jistého množství nákladu na jistou vzdálenost. Ve své podstatě tato funkce bude záviset na velikosti nákladu i na přepravní vzdálenosti (například spotřeba pohonných hmot závisí na ujeté vzdálenosti i na zatížení dopravního prostředku). Z teoretického hlediska není problém tyto požadavky zakomponovat do účelové funkce. Problémy by však nastaly v okamžiku, kdy bychom chtěli vyčíslit hodnotu účelové funkce, protože závislost spotřeby na projeté vzdálenosti a zatížení je individuální pro každý jednotlivý dopravní prostředek. Proto bude výhodné zaměřit se u těchto veličin na střední hodnoty. Kromě toho kritériální funkce musí zahrnovat další faktory, které na první pohled nejsou zřejmé a doposud se v takovýchto funkcích nevyskytovaly. Úkol, který si v této fázi vytkneme, bude spočívat v popisu jejich jednotlivých složek. Na základě takovéto kritériální funkce budeme moci potom rozhodnout, který druh dopravy, případně kombinace kterých druhů dopravy bude nejvýhodnější. Účelová funkce bude záviset na:

- **spotřebě energie (e)**. Spotřeba energie závisí na druhu a typu vozidla, jeho zatížení, délce trasy, členitosti terénu a povětrnostních podmínkách. Z těchto

údajů v účelové funkci vzhledem k problematickému vyjádření vynecháme členitost terénu a povětrnostní podmínky.

- **pořizovacích nákladech (p)**. Zde se jedná o nákupní cenu dopravního prostředku přepočtenou na jeden kilometr. Opět je třeba vycházet ze středních hodnot. přepočtených na jeden kilometr.

- **nákladech na údržbu (u)**. Zde budou zahrnuty jak ceny preventivních prohlídek, tak i náklady na opravy. Opět vycházíme ze středních hodnot, přepočtených na jeden kilometr.

- **amortizace (a)**. Amortizace tu představuje časový úbytek ceny dopravního prostředku. Lze jej přepočítat na úbytek ceny vzhledem k ujetému kilometru.

- **nákladech za použití dopravní cesty (c)**. Zde bude potřeba přehodnotit tyto náklady především u silniční dopravy, protože podle stávajících předpisů se na silničních nákladech podílí veškeré obyvatelstvo. Náklady musí zahrnovat jak údržbu, tak i rekonstrukci a výstavbu nových dopravních cest. Jsou závislé i na velikosti nákladu a vzdálenosti. Režijní mzdy lze zahrnout do těchto nákladů.

- **ekologických škodách (s)**. V důsledku používání jakéhokoli dopravního prostředku dochází k devastaci životního prostředí. Kromě druhu dopravy jsou škody závislé i na zatížení vozidla. Bohužel doposud nejsou správně finančně oceněny. Po jejich objektivním a vyčerpávajícím ohodnocení se může cenový poměr automobilové a vlakové dopravy radikálně změnit. Do těchto nákladů můžeme zahrnout i škody vzniklé v důsledku zabití zvíře.

- **majetkové škody a škody na zdraví a životech obyvatelstva (z)**. Opět se musí vycházet ze středních hodnot, přepočítaných na kilometr.

- **manipulační náklady (l)** Zde se budou započítávat náklady na nakládku, vykládku a v případě, že půjde o kombinovanou dopravu i náklady na překládku nákladu.

- **mzdové náklady (o)**. Budou představovat mzdy osádky dopravního prostředku. Jsou nepřímo úměrné vzdálenosti -*anebo je chápat jako konstantní?*

- **rychlost a časová přesnost přepravy (just in time) (r)**. Je známo, že podniky se snaží minimalizovat zásoby, protože v nich jsou umrtveny finanční prostředky. Velikost zásob silně koreluje s rychlostí a včasností přepravy. Jedná se tu opět o silně neprobádanou oblast, která může podstatně ovlivnit relace mezi různými druhy dopravy.

- **spolehlivost (t)** Že bude náklad vůbec doručen, nebude vykraden, nebude rozbitý. Možno ji charakterizovat ztrátou důvěry.

## Sestavení kritériální funkce

Vyjádříme nyní jednotlivé výše uvedené složky nákladů v závislosti na ujeté vzdálenosti  $d$  (km) a na hmotnosti (nebo jiné míře, např. počtu kusů) dopravované zátěže  $M(t)$ . K ní ještě připočteme hmotnost dopravního prostředku  $m$ . Celkové náklady budou pak součtem jednotlivých složek. Je rozumné aproximovat spotřebu energie výrazem

$$e(d, M) = \xi (M + m)d ,$$

kde konstanta úměrnosti  $\xi$  závisí na zvolené trase a lze ji určovat empiricky. Odpočet pořizovacích nákladů v závislosti na ujeté vzdálenosti lze považovat za veličinu úměrnou této vzdálenosti, alespoň za předpokladu jakéhosi průměrného vytěžování vozidla. Podobně je tomu s náklady na údržbu a s amortizací. Otázku tzv. morálního opotřebením (stárnutí) zde nebudeme řešit a do kritéria je nezahrneme. Přesný matematický model tohoto procesu by nepochybně byl značně složitý, ne-li nemožný. V krátkém časovém horizontu lze tuto složku nákladů zanedbat.

Výše zmíněné veličiny  $p$ ,  $u$ ,  $a$  budeme proto považovat za úměrné ujeté vzdálenosti a vyjádříme je výrazem

$$p + u + a = (P + U + A) d ,$$

kde  $P$ ,  $U$ ,  $A$  jsou konstanty, jež je třeba opět určit na základě zkušenosti.

Další složkou nákladů jsou výdaje za použití dopravní cesty zvýšené o režijní mzdy. Tyto náklady budou úměrné (alespoň přibližně) délce dopravní cesty, částečně mohou záviset i na hmotnosti vozidla a zátěže. Zhruba je lze vyjádřit ve tvaru

$$c = [C(M + m) + R] d ,$$

kde  $C$  a  $R$  jsou konstanty, představující jednotkové náklady za použití dopravní cesty a režijní mzdy, závislé na druhu dopravního systému.

Ekologické škody rovněž budou vzrůstat úměrně k ujeté vzdálenosti i přepravované (brutto) zátěži, tedy

$$s = S(M + m) d ,$$

kde  $S$  je opět konstanta, závislá na použitém dopravním prostředku.

Manipulační náklady při zvoleném druhu dopravy budou úměrné množství přepravované zátěže

$$l = \mu M .$$

Mzdové náklady osádek lze vyjádřit ve tvaru

$$o = (O_1 M + O_2)d + O_3 ,$$

kde je vyjádřena závislost na vykonané práci  $Md$ , ujeté vzdálenosti  $d$  i základní mzda, vyplácená při prostojích.  $O_1, O_2, O_3$  jsou konstanty určené tarifem.

Rychlost přepravy se projeví především určitou měrnou spotřebou energie. Požadavek určité rychlosti (doby doručení) se proto projeví jako veličina úměrná vzdálenosti,

$$v = Vd .$$

Konstanta  $V$  představuje zde nelineární rostoucí funkci průměrné (cestovní) rychlosti, závislou na druhu dopravy.

Náklady na časovou přesnost a spolehlivost dopravy zřejmě porostou s rostoucí vzdáleností, spolehlivost též s množstvím přepravované zátěže. V nejjednodušším modelu, na který se zatím omezíme, můžeme přibližně nahradit tyto závislosti takto:

$$r + d = (D_1 M + D_2) d .$$

### Výsledné kritérium

Výsledné kritérium přepravních nákladů v našem „makroskopickém“ pojetí, jež zanedbává diskrétnost dopravních procesů, bude tedy funkcí dvou proměnných  $M$  (přepravované množství) a  $d$  (vzdálenost) a můžeme jej vyjádřit ve tvaru

$$N(M, d) = g_1 Md + g_2 M + g_3 d + g_4 ,$$

kde  $g_1, g_2, g_3, g_4$  jsou konstanty závislé na zvoleném druhu dopravy (je v nich zahrnuta i hmotnost  $m$  dopravních prostředků).

Výraz  $g_1 Md + g_2 M + g_3 d$  lze ještě upravit.

Když položíme

$$M' = M + \frac{g_3}{g_1} \quad \text{a} \quad d' = d + \frac{g_2}{g_1}$$

zjednoduší se kritérium na tvar

$$N(M', d') = g_1 M' d' + g_4 - \frac{g_2 g_3}{g_1} .$$

Přičteme-li tedy k veličinám  $M$  a  $d$  jisté kladné konstanty, závislé na druhu dopravního systému, budou až na aditivní konstantu náklady úměrné součinu těchto zvětšených veličin, měřenému v tkm. Pro různé druhy dopravních systémů obsahují obecně takto vytvořené účelové funkce složky úměrné dopravní práci  $Md$  (tkm) i veličinám  $M$  ( $t$ ) a  $d$  ( $km$ ) jednotlivě. Odvozené kritérium vyjadřující celkové náklady (v Kč) může na daném úseku v závislosti na přepravovaném množství zátěže určit nejvýhodnější způsob dopravy (druh dopravního systému). V případě kontejnerové dopravy můžeme např. posoudit, zda je výhodná pro určitou relaci

překládka na železnici a to tak, že náklady na přepravu po železnici srovnáme s odpovídajícími náklady jízdy po silnici (event. po vodě) na úseku, kde toto padá v úvahu. K nákladům za přepravu po železnici je třeba ještě přičíst náklady na manipulaci na překladišti, jež zahrnují i časové ztráty. Spolehlivost tohoto kritéria je však závislá na skutečně objektivním určení konstant v něm vystupujících.

*Lektoroval: Prof. Ing. Stanislav Kolda, CSc.*

Předloženo v říjnu 1996.

### **Resumé**

#### **MAKROSKOPICKÝ TVAR KRITÉRIA PŘEPRAVNÍCH NÁKLADŮ**

Antonín TUZAR, Bohdan LINDA

Přepavní náklady závisí od mnoha faktorů, které je třeba zohlednit v kritériu. V příspěvku je sestaveno takovéto kritérium, které po naplnění konkrétními hodnotami určí z hlediska nákladů optimální způsob dopravy.

### **Summary**

#### **THE MACROSCOPICS EXPRESSION OF THE TRANSPORT COSTS CRITERIUM**

Antonín TUZAR, Bohdan LINDA

The transport costs are dependent on many factors, that must be taken into consideration in the criterium. There is given such a criterium in the contribution, that after filling with the concrete values the optimum way of transport from the point of costs can be determined.

### **Zusammenfassung**

#### **MAKROSKOPISCHES KRITERIUM DER TRANSPORTKOSTEN**

Antonín TUZAR, Bohdan LINDA

Die Transportkosten hängen von vielen Faktoren ab. Alle diese Faktoren müssen in dem Kriterium enthalten sein. In diesem Beitrag wird so ein Kriterium erstellt, das nach der Eingabe von konkreten Daten im Hinblick auf diese Kosten eine optimale Transportart bestimmt.