

MATEMATICKÁ FORMULACE HODNOCENÍ KVALITY PROCESŮ V DOPRAVĚ

Tatiana MOLKOVÁ

Katedra technologie a řízení dopravy

Úvod

Výsledná kvalita každého procesu (a tedy i dopravního a přepravního) je ovlivňována úrovní kvality základních vlastností, ze kterých se proces skládá. Hodnocení **výsledné úrovně kvality** procesu proto vyžaduje nejdříve rozbor a hodnocení dílčích kvalitativních ukazatelů popřípadě kvalitativních znaků. Pro dílčí absolutní ukazatele se definují **cílové** nebo **standardní hodnoty** kvality, které jsou odvozeny z požadavků zákazníků.

1. Konstrukce relativního a komplexního ukazatele kvality

Pro zjištění úrovně reálně dosažené kvality je možno uvést pro každou dílčí kvalitu stupeň plnění cílové kvality - **relativní ukazatel** K_{ij} . Hodnota relativního ukazatele vyjadřuje stupeň uspokojení společenské potřeby $S(P_{ij})$ hodnocenou vlastností x_{ij} . Pro kvantifikovatelné dílčí kvalitativní znaky je stanovení hodnot relativních ukazatelů :

$$K_{ij} = \frac{Q_{ij} - q_i^v}{q_i^{st} - q_i^v} \quad \text{nebo} \quad K_{ij} = \frac{Q_{ij} - q_i^v}{q_i^{cil} - q_i^v} \quad (1)$$

kde:

K_{ij} - relativní ukazatel i -té vlastnosti

Q_{ij} - okamžitá hodnota ukazatele i -té vlastnosti

q_i^v - nepřijatelná hodnota ukazatele i -té vlastnosti

q_i^{st} - standardní hodnota ukazatele i -té vlastnosti

q_i^{cil} - cílová hodnota ukazatele i -té vlastnosti

Při překročení cílové hodnoty daného kvalitativního ukazatele nebo znaku všeobecně neplatí, že kvalita daného procesu se ještě více zlepší. Pro takovéto případy se stanoví:

$$Q_{ij} = q_i^{cil} \text{ nebo } Q_{ij} = q_i^{st} \quad (2)$$

Výpočet relativního ukazatele podle vztahu (1) platí jen v případě, že úroveň kvality stoupá s rostoucí číselnou hodnotou (např. v dopravním procesu - počet uskutečněných jízd bez zpoždění). V opačném případě, tedy když úroveň klesá s rostoucí hodnotou (např. při prostojích), se uvažuje s hodnotou převrácenou.

Budou-li se brát v úvahu obě uvedená omezení, je zajištěno, že relativní ukazatele pro hodnocení úrovně kvality vlastností se budou pohybovat v intervalu $<0,1>$ (takovéto určení mezí hodnot K_{ij} je vhodné pro praktické výpočty). Čím více se relativní ukazatel blíží hodnotě 1, tím více se dosažená úroveň blíží cílové kvalitě hodnocené vlastnosti. Při 100% naplnění cílové kvality je hodnota relativního ukazatele rovna 1. Čím je hodnota relativního ukazatele nižší, tím více je skutečně dosažená úroveň kvality vzdálená plánované cílové úrovni kvality.

Takto definovaná funkce výpočtu relativního ukazatele umožňuje otestovat, zda každá hodnocená vlastnost a zejména kritická vlastnost dosahuje minimálně přípustné hodnoty q_i^{pr} .

Konstrukcí relativního ukazatele dochází ke srovnání hodnot absolutních ukazatelů přímo měřitelných i neměřitelných (jsou vyjádřeny pomocí vhodné stupnice). Relativní ukazatele se dostávají do stejné míry vyjádření a je možné s nimi dále pracovat rovnocenně. Námitka, že ne všechny vstupní hodnoty jsou objektivně změřeny, je opodstatněná. Ve velké míře záleží na tom, jak objektivně budou stanoveny hodnoty přímo neměřitelných vlastností. Současná úroveň poznání zatím nedokáže tento nedostatek eliminovat. Ale tak, jak se rozšiřuje úroveň vědeckého poznání, lze předpokládat, že se najdou způsoby, jak objektivně změřit všechny vlastnosti dopravního a přepravního procesu.

Na základě relativních hodnot ukazatelů jednotlivých vlastností lze vyjádřit výslednou kvalitu dopravního a přepravního procesu pomocí **komplexního ukazatele** K_k . Hodnota komplexního ukazatele kvality objektu se většinou stanoví pomocí účelové funkce φ (3) jednotlivých relativních ukazatelů kvality relevantních vlastností.

$$K_k = \varphi(K_1, K_2, \dots, K_n) \quad (3)$$

Dílčím ukazatelům se přiřadí váha (určité reálné číslo) W_i s ohledem na to, jakou mají závažnost ve vztahu k výslednému efektu dopravního a přepravního procesu. Pro definování funkce φ se ve většině případů používá vážený průměr - aritmetický (4) nebo geometrický (5). Mohou se použít i další druhy vážených průměrů např. harmonický, kvadratický, kubický nebo medián. Pro konstrukci ukazatele K_k je možné využít i různé polynomy (např. glyf), které nejsou průměrnými veličinami. Na tomto místě je třeba poukázat na to, že stanovení vhodné účelové funkce není jenom kvalimetrickou, ale do značné míry i statistickou úlohou. Jednoznačný návod, kdy použít multiplikační nebo aditivní formu funkce φ neexistuje a výběr funkce ve velké míře závisí na osobnosti hodnotitele (obdobně jako při hodnocení různých variant v podmínkách neurčitosti).

$$K_{k_j} = \sum_{i=1}^n K_{ij} W_i \quad [-] \quad (4)$$

$$K_{k_j} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_{ij}^{W_i}} \quad [-] \quad (5)$$

kde:

K_{k_j} komplexní ukazatel kvality hodnoceného objektu Ω_j [-]

W_i koeficient váhy ukazatele i -té vlastnosti [-]

K_{ij} relativní ukazatel úrovně kvality dílčí vlastnosti [-]

Aby byl výpočet komplexního ukazatele korektní, je potřebné uvést ještě jedno omezení:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad [-] \quad (6)$$

Pro konstrukci komplexního ukazatele kvality je vhodné vyjít ze sestrojeného stromu vlastností. Z řešení se vyloučí ty vlastnosti, kterých váha je mimo rámec přesnosti výpočtu. Proto je účelné po sestrojení stromu a určení hodnot koeficientů váhy W_i seřadit vlastnosti (podle klesající veličiny W_i) a vyloučit z této řady takový maximální počet vlastností n , který bude vyhovovat nerovnosti:

$$\sum_{i=1}^n W_i \leq \Delta W \quad [-] \quad (7)$$

ΔW absolutní nepřesnost při stanovení koeficientů váhy.

Výpočet komplexního ukazatele kvality dopravního a přepravního procesu určitě má své opodstatnění. Na jeho základě lze:

- stanovit, jak je vzdálená hodnocená výsledná kvalita od svého ideálního stavu,
- určit, jak více nebo méně naléhavé je zlepšení kvality v závislosti od poptávky po přepravě,

- porovnávat dosaženou úroveň kvality různých druhů dopravy s přihlédnutím na preference určitých vlastností (zejména z celospolečenského hlediska).

Z praktického hlediska je důležité i zkoumání a hodnocení úrovně kvality dílčích vlastností, prostřednictvím kterých je možné ovlivnit výslednou kvalitu procesu. To umožní:

- odhalit slabé stránky v procesu přemístění,
- stanovit požadavky a možnosti pro plánované zlepšení kvality jednotlivých vlastností a následně celého hodnoceného objektu.

Zkoumání a měření kvality dílčích znaků proto musí vždy tvořit jádro každé analýzy hodnocení kvality dopravního a přepravního procesu.

2. Algoritmus výpočtu hodnoty komplexního ukazatele kvality

Navržený algoritmus vychází z expertní metody. Expertní metoda není jednotnou metodou, ale souborem různých postupů, které lze považovat za jejich modifikaci. Zvlášť efektivní je její použití v úkolech, pro něž je charakteristická **neurčitost situace** a **pravděpodobnostní povaha**. Mezi hlavní oblasti použití expertní metody patří optimalizace řídicích rozhodnutí, prognózování a **hodnocení kvality** různých objektů.

Před začátkem hodnocení je třeba:

- **definovat cíle**, které se mají dosáhnout a z jaké **hierarchické úrovně** je hodnocení prováděno,
- **klasifikovat hodnocené objekty** podle jejich určení a podmínek spotřeby.
- rozdělit spotřebitele do přiměřeně **homogenních skupin** podle požadavků a podmínek spotřeby.

Spotřebitelé (podle požadavků a nároků) netvoří homogenní skupinu, proto se i hodnocení kvality těchto objektů - jako míry uspokojení jejich potřeb - může navzájem lišit.

Navržený **algoritmus** se skládá z těchto kroků:

1. **krok:** Po vytvoření skupin spotřebitelů (nebo přesném definování účelu hodnocení) se sestaví všechny vlastnosti charakterizující hodnocený objekt do hierarchické struktury – stromu vlastností.
2. **krok:** Pro každou vlastnost patřící do stromu vlastností se určí pomocí expertní metody dvě základní charakteristiky – koeficient váhy a absolutní ukazatele vlastností.
3. **krok:** Z absolutní hodnoty ukazatele vlastností se pomocí vhodné stupnice vyjádří hodnota relativního ukazatele. Současně s tím se každá vlastnost otestuje, jestli vyhovuje podmínce $Q_{ij} \geq q_i^{př}$ (musí dosahovat minimálně přípustnou hodnotu dané vlastnosti).

4. **krok:** Každé vlastnosti se přiřadí koeficient váhy, který vyjadřuje důležitost hodnocené vlastnosti objektu z hlediska subjektu, pro který se hodnocení provádí. Pro stanovení hodnoty se nejčastěji používá expertní metoda, ale je možné použít i metody analytické [1].
5. **krok:** Vyloučí se ty vlastnosti, které jsou z hlediska jejich významu nepodstatné. Problém přesného stanovení toho, která vlastnost je důležitá a která už ne, je značně složitý. Souvisí i s problémem validity vstupních hodnot a mírou přesnosti celého výpočtu komplexního ukazatele. Za zvážení stojí použití dimenzionální analýzy, která se využívá především v hodnocení hmotných produktů.
6. **krok:** Návrh účelové funkce a následná konstrukce komplexního ukazatele hodnoceného objektu.

V souvislosti s aplikací algoritmu na reálně hodnocený objekt (dopravní a přepravní proces) je nutné vyřešit další **dílčí otázky**:

- volba vhodné stupnice
 - optimální typ stupnice (stupnice pořadí, intervalová, vztahová),
 - rozměr stupnice – dimenzionální nebo bezrozměrná,
 - rozpětí stupnice – používá se stupnice od 0 do 10 bodů dělená po 0,5 bodu; může být doplněna intervalem 0 až 1 děleným po 0,1 bodu; používá se i 100% stupnice.
- **Stanovení koeficientů vah** – většinou se koeficienty váhy určují expertní metodou, i když existují i metody analytické (např. metoda statistického zpracování projektů, metoda koeficientů soustavy lineárních rovnic, metoda dílčích korelačních koeficientů). Použití neexpertních metod pro stanovení koeficientů vah je limitováno určitými předpoklady a podmínkami, které ve většině případů nejsou v dopravním a přepravním procesu splněny.
- **Systémová povaha objektu** – otevírá otázku nalezení kritéria, pomocí kterého by se dalo dostatečně přesně určit, kdy se dá kvalita vykládat jako prostý soubor vlastností a kdy se musí považovat za systém vlastností. Druhým problémem je, že když je kvalita chápána jako systém, u kterého se uplatňuje synergický efekt, jaká musí být korekce, která se musí brát v úvahu při komplexním hodnocení kvality. Je třeba zjistit, jaký je vliv superaditivního nelineárního sčítání na výpočet komplexního ukazatele kvality. Podle tohoto pravidla je funkce systému $\Phi(x,y)$ větší, než součet jemu příslušejících částí $\Phi(x)$ a $\Phi(y)$, tj.:

$$\Phi(x,z) > \Phi(x) + \Phi(y) \quad (8)$$

Možné řešení pro případ, kdy počet vlastností $n=2$:

$$K_k = K_1 + K_2 + mK_1K_2 \quad (9)$$

kde m je empiricky zjištěná hodnota.

Pro obecný případ [1], kdy $n > 2$ je vztah složitější:

$$K_k = \sum_{i=1}^n W_i K_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{i,j} K_i K_j + W_{123\dots n} K_1 K_2 \dots K_n \quad (10)$$

- přípustnost **použití stupnic s různým dělením** – je vhodné používat bezrozměrné kvalimetrické stupnice jednotné pro všechny hodnoty ukazatelů K_i a K_k . Použití rozměrové stupnice (zejména peněžní) je méně vhodné, protože takové stupnice mohou být přijímány rozdílně.

Závěr

Problematika objektivního posouzení kvality a úrovně kvality vnitřních (dopravní) a vnějších (přepravních) procesů v dopravě je náročná, a zdá se, že stále není dostatečně doceněna. Nalezení vhodné metody hodnocení kvality může dát potřebný nástroj do rukou vrcholového managementu pro hledání cest zkvalitnění dopravní a přepravní služby; zákazníkům a orgánům veřejné správy při rozhodování o využití služeb jednotlivých dopravců a přepravníků.

Lektoroval: Doc.Ing. Vlastislav Mojžíš, CSc.

Předloženo: v únoru 2000.

Literatura:

- [1] Azgaldov, G.G.: Kvalimetrie, SNTL, Praha, 1988, s.102-105
- [2] Mojžíš, V. a kol.: Kvalita dopravních a přepravních procesů a služeb, zpráva z 1. etapy řešení projektu institucionálního výzkumu, Pardubice, 1999
- [3] Molková, T.: Hodnocení kvality dopravního a přepravního procesu. Disertační práce, Pardubice, 1999

Resume

MATEMATICKÁ FORMULACE HODNOCENÍ KVALITY PROCESŮ V DOPRAVĚ

Tatiana MOLKOVÁ

Příspěvek se zabývá problematikou hodnocení kvality dopravních a přepravních procesů. Navržený postup vychází z definování základních ukazatelů – absolutních a relativních, na jejichž základě lze zkonstruovat komplexní ukazatel, který do určité míry odráží výslednou kvalitu procesů. V článku je poukázáno i na problémy, které jsou spojeny s navrženým postupem hodnocení vnitřních a vnějších procesů v dopravě.

Tatiana Molková:

Summary

Mathematics formulation of solution of quality transportation processes

Tatiana MOLKOVÁ

The paper is engaged in the problems of solution of quality traffic and transportation processes. Designed procedure is started from definition of the basic index - absolute and relative. On this basis is possible creating the complex index, which solution resulting quality of processes. The paper is engaged in the problems of solutions internal and external transportation processes, too.

Zusammenfassung

Mathematisch Formulierung Einschätzung Qualität Prozess im Transport

Tatiana MOLKOVÁ

Der Beitrag sich betreibt Problematik Einschätzung Qualität Verkehrs und Behälter Prozess. Vorgeschlagen Verfahren geht aus Defination grundlegenden Wegweiser - absolut und relativ. Auf so einer der Basis ist möglich schaffen komplexer Wegweiser, welcher zurückstrahlen resultierend Qualität Prozess. Das Glied sich betreibt und Probleme Einschätzung innerer und externer Prozess im Transport.