

Stanisław Bogdanowicz  
Politechnika Warszawska  
Wydział Transportu  
Zakład Logistyki i Systemów Transportowych

## METODA USTALANIA WSPÓŁCZYNNIKA DYNAMICZNEGO WYKORZYSTANIA ŁADOWNOŚCI POJAZDU

**Streszczenie:** Ogólna podstawa metodyczna ustalania współczynnika wykorzystania ładowności pojazdu. Rodzaje podsystemów przewozowych. Cel ustalania współczynnika dynamicznego wykorzystania ładowności jako średniej harmonicznej. Przykład rynkowy i transportowy ustalania omawianej średniej.

### 1. WSTĘP

Wśród wskaźników pracy transportu samochodowego jednym z istotnych jest współczynnik wykorzystania ładowności (pojemności, udźwigu, nośności, uciążu) pojazdu. Najwięcej kłopotów sprawia ustalanie i interpretacja współczynnika dynamicznego wykorzystania ładowności pojazdu - E.

W przewozach wahadłowych mamy do czynienia ze statycznym wykorzystaniem ładowności - C, którego wyrazem jest stosunek masy jednorazowo przemieszczanej (Q) do ładowności pojazdu (q), czyli wielkości oferowanej. I nawet powtarzalność tych przewozów nie zmienia, ani ww. metody, ani wyniku, gdyż występują tu tylko 2 punkty obrotu ładunkowego; nadawca i odbiorca.

Nieco inaczej przedstawia się wykorzystanie ładowności pojazdu w przewozach wykonywanych w systemie zwózkowym, albo rozwózkowym, lub mieszanym. Rzeczywiste kształtowanie się wykorzystania ładowności jest - oczywiście - odmienne, w porównaniu do przewozów w systemie wahadłowym.

Omawiany problem dotyczy np. przewozów płodów rolnych w okresie zbiorów w systemie zwózkowym, lub zaopatrzenia gospodarstw rolnych, czy handlu detalicznego/hurtowego w systemie rozwózkowym. Wówczas w poszczególnych odcinkach (jazdy) jednego kursu między różnymi punktami ładunkowymi, np. sklepami, występuje zjawisko różnorodnego wykorzystania ładowności środków przewozowych. A ponadto, mamy - na

ogół - różnice w wielkości odcinków danego kursu. Z tego względu niezbędne jest uwzględnienie dynamiki zmian w wykorzystaniu ładowności pojazdu i dynamiki zmian w odległościach przewozu.

W celu uwzględnienia zmian w omawianych wskaźnikach pracy transportu musimy określić ich rzeczywiste kształtowanie się. Omawiane zjawisko oznacza konieczność uwzględniania oferowanej i wykonanej wielkości przewozów wyrażonej albo w jednostkach przewozu, np. t, lub w jednostkach pracy przewozowej, np. tkm.

Wskazanemu celowi służy ustalanie dynamicznego współczynnika wykorzystania ładowności pojazdu - E. Jest on formą obliczania wielkości przeciętnej jako średniej harmoniczej, tj. będącą inną, w porównaniu ze średnią arytmetyczną. Wybór właściwego parametru średniej arytmetycznej czy harmoniczej zależy od formy przedstawienia danych.

Zwróćmy uwagę, że średnią harmoniczną stosuje się wtedy, gdy wartości cechy są podane (lub ustalamy) w przeliczeniu na stałą jednostkę innej zmiennej, czyli w postaci natężenia, wagi natomiast - w jednostkach liczników tych cech (dzielną wskaźnika natężenia). Można tu podać przykłady takich cech, jak:

- wydajność pojazdu w jednostkach przewozu (np. t/h) lub pracy przewozowej (np. tkm/h), czyli waga  $w_i$  - t lub tkm;
- prędkość pojazdu w km/h, czyli waga  $w_i$  - km;
- pracochłonność w min./szt., czyli  $w_i$  - czas w min.;
- gęstość zaludnienia w osobach/km<sup>2</sup>, czyli  $w_i$  - osoby;
- spożycie w kg/osobę, czyli  $w_i$  - kg;
- cena jednostkowa w zł/szt., czyli  $w_i$  - w zł,
- inne cechy.

Przedstawmy rozpatrywany problem metodyczny, ustalania średniej harmoniczej, bazując na przykładzie targowiska rynkowego, dotyczącego sprzedaży jakiegokolwiek produktu spożywczego: płodów rolnych - ziemniaki, buraki, pomidory, itp., czy sadownictwa - owoców, np. jabłka.

Obliczmy przeciętną cenę targowiskową jabłek, jeśli znamy ceny 1 kg jabłek i wysokość utargu w czterech punktach. Na tej podstawie możemy określić wielkości sprzedaży w kg w tych punktach i ogółem. Omawiane dane kształtowały się tak jak przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1.

**Parametry targowiskowej sprzedaży jabłek**

L.p.	Rodzaj parametru	Jednostka miary	Symbol parametru	Oznaczenia punktów sprzedaży				Wielkość łączna
				A	B	C	D	
1.	Cena	zł/kg	$x_i = w_i/n_i$	0,60	0,70	0,80	0,90	0,71 <sup>1</sup>
2.	Utarg	zł	$w_i = x_i n_i$	36,00	56,00	32,00	18,00	142,00
3.	Sprzedaż	kg	$n_i = w_i/x_i$	60,00	80,00	40,00	20,00	200,00

<sup>1</sup> jest to cena średnia harmoniczna będąca relacją między łącznym utargiem (w. 2) i sprzedażą (w. 3).

Możemy zatem przedstawić średnią harmoniczną w postaci wzoru (1):

$$\bar{X}_H = \frac{W}{\sum_{i=1}^k \frac{w_i}{x_i}} \quad (1)$$

przy czym:  $w_i = x_i n_i$  oraz  $W = \sum_{i=1}^k w_i$

gdzie:

$w_i$  - utarg ze sprzedaży na poszczególnych stoiskach targowiska w zł,  
 $x_i$  - cena jednostkowa na poszczególnych stoiskach targowiska w zł/kg,  
 $n_i$  – wielkość masy produktów sprzedanych na stoiskach targowiska w kg,  
 $W$  - ogólna (łączna) wielkość utargu ze sprzedaży w zł.

Na podstawie przedstawionego wzoru (1) obliczamy średnią cenę 1 kg jabłek na targowisku. W wyniku obliczeń uzyskano średnią harmoniczną cenę jabłek w wysokości 0,71 zł/kg, przy rozpiętości ceny od 0,60 do 0,90 zł/kg.

Podstawiając dane do wzoru (1) otrzymujemy:

$$\bar{x}_H = \frac{\sum_{i=1}^k w_i}{\sum_{i=1}^k \frac{w_i}{x_i}} = \frac{0,6 * 60 + 0,7 * 80 + 0,8 * 40 + 0,9 * 20}{\frac{36}{0,6} + \frac{56}{0,7} + \frac{32}{0,8} + \frac{18}{0,9}} = \frac{36+56+32+18}{60+80+40+20} = \frac{142}{200} = 0,71$$

Łatwo sprawdzić, że licznik obliczanej średniej jest sumą iloczynów ceny za 1 kg i liczby kg sprzedanych jabłek na 4 stoiskach, czyli utargiem, zaś mianownik jest sumą ilorazów wielkości utargu przez cenę 1 kg jabłek na poszczególnych stoiskach targowiska, czyli liczbą kg sprzedanych jabłek. Widać więc, że średnią harmoniczną można zastąpić średnią arytmetyczną ważoną, ale wówczas zamiast  $w_i$ , tj. utargu, należy przyjąć  $n_i$  równą liczbie kilogramów sprzedanych jabłek. Stąd:

$$\bar{x}_H = \bar{x}_A$$

czyli: jak podano w przykładzie.

## 2. METODA USTALANIA WSPÓŁCZYNNIKA DYNAMICZNEGO E

Podobnie, jak w przedstawionym przykładzie z dziedziny pozatransportowej, dotyczącej ceny targowiskowej jabłek, kształtuje się problem w transporcie samochodowym w przewozowym systemie zwózkowo – rozwózkowym, lub mieszanym.

Dla uproszczenia przyjmijmy wielkość produkcji transportowej w jednostkach pracy przewozowej (tkm), jako odzwierciedlających dynamikę zmian w odległości przewozu. W transporcie tym omawiana średnia harmoniczna musi uwzględniać zmiany (dynamikę) wartości cech (wskaźników natężenia), np. wykorzystania ładowności pojazdu, przy jednoczesnej zmianie odległości przewozu. Przykładem są następujące dane o przewozie ładunku, przy przyjęciu oznaczeń stosowanych w transporcie samochodowym, zaprezentowane w tabeli 2.

Tabela 2.

## Parametry przewozu ładunku

L.p.	Parametry przewozu	Symbol transportowy	Symbol statystyczny	Jednostka miary	Wartości w nr. odcinka jazdy w kursie				Suma/kurs
					1	2	3	4	
1.	Ładowność pojazdu	$q_i$	$q_i$	t	10				10
2.	Ilość wiezionego ładunku	$Q_i$	$Q_i$	t	10	8	5	1	max10
3.	Statyczny współczynnik wykorzystania ładowności w odcinku jazdy (w.2/w.1)	$C_i$	$x_i$	-	1,0	0,8	0,5	0,1	x
4.	Odległość przewozu	$L_i$	$L_i$	km	10	20	15	5	50
5.	Praca przewozowa wykonana (w.2*w.4)	$Pwyk_i$	$w_i=Q_iL_i$	tkm	100	160	75	5	340
6.	Praca przewozowa oferowana (w.2*w.4/w.3)	$Pof_i$	$n_i=w_i/x_i$	tkm	100	200	150	50	500

Źródło: opracowanie własne.

Jeżeli w 4 odcinkach jazdy w danym kursie przewieziono 24 t (por. tabela 2, w. 2; wówczas  $10+8+5+1=24$ ), to na 1 odcinek jazdy przypada 6 t ( $24 \text{ t}/4$  odcinki jazdy). Z tego ustalenia wynika błędny wniosek o wykorzystaniu ładowności pojazdu, gdyż - poza dynamiką ładowności - nie uwzględniono dynamiki zmian w odległości przewozu, tj. wielkości pracy przewozowej. Te wielkości mają zasadniczy wpływ na kształtowanie się współczynnika dynamicznego wykorzystania ładowności pojazdu, który ustalamy w postaci średniej harmoniczej. To oznacza:

$$w_i=Q_iL_i, \quad \text{zaś} \quad x_i=C_i=\frac{Q_i}{q_i}$$

W liczniku obliczanego dynamicznego współczynnika wykorzystania ładowności pojazdu ( $\bar{x}_H$ , czyli E) mamy sumę iloczynów masy w przewozie między dwoma kolejnymi punktami obrotu ładunkowego i odległości przewozu między tymi punktami, czyli  $w_i=Q_iL_i$ . Inaczej jest to praca przewozowa wykonana ( $Pwyk_i$ ).

Natomiast mianownik jest sumą ilorazów wykonanej pracy przewozowej między kolejnymi punktami obrotu ładunkowego ( $Pwyk_i$ ) i statycznego współczynnika wykorzystania ładowności w danym przewozie ( $C_i$ ). Współczynnik ten jest relacją między masą jednorazowo wiezioną między kolejnymi punktami ( $Q_i$ ) i stałą wielkością ładowności pojazdu ( $q_{const.}$ , lub  $q_i$ ), czyli  $x_i=C_i=\frac{Q_i}{q_{const.}}$ . Inaczej, jest to wielkość oferowanej pracy przewozowej ( $Pof_i$ ).

W najprostszym ujęciu, w mianowniku mamy iloczyn ładowności pojazdu ( $q_{const.}$ ) i sumy odległości przewozu między pierwszym i ostatnim punktami ładunkowymi

$$(L = \sum_{i=1}^k L_i).$$

Relacja między wykonaną i oferowaną pracą przewozową określa dynamiczne wykorzystanie ładowności pojazdu (E) w przewozach między punktami ładunkowymi, przy zróżnicowanej masie ładunkowej i różnych odległościach przewozu. Ustalmy tę wielkość na podstawie wzoru (2), będącym zmodyfikowanym - ze względu na transport samochodowy - wzorem (1):

$$E = \frac{\sum_{i=1}^k w_i}{\sum_{i=1}^k \frac{w_i}{x_i}} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{wyk_i}}{\sum_{i=1}^k P_{of_i}} = \frac{\sum_{i=1}^k Q_i L_i}{\sum_{i=1}^k \frac{Q_i L_i}{C_i}} = \frac{\sum_{i=1}^k Q_i L_i}{\sum_{i=1}^k \frac{Q_i L_i}{q_i}} \quad (2)$$

gdzie:

oznaczenia - zob. wzór (1) i w tekście (por. tabela 2).

Podstawiając do wzoru (2) dane z tabeli 2 otrzymujemy:

$$E = \frac{10 \cdot 10 + 8 \cdot 20 + 5 \cdot 15 + 1 \cdot 5}{\frac{10 \cdot 10}{1} + \frac{8 \cdot 20}{0,8} + \frac{5 \cdot 15}{0,5} + \frac{1 \cdot 5}{0,1}} = \frac{100 + 160 + 75 + 5}{100 + 200 + 150 + 50} = \frac{340}{500} = 0,68$$

## 2. PODSUMOWANIE

Uzyskana wielkość dynamicznego wykorzystania ładowności pojazdu obrazuje rzeczywistą jej wartość dla 1 kursu, choć statyczne wykorzystanie ładowności w poszczególnych odcinkach kursu waha się od 1 do 0,1.

W konsekwencji, relacja między wykonaną ( $P_{wyk}$ ) i oferowaną ( $P_{of}$ ) pracą przewozową określa dynamiczne wykorzystanie ładowności pojazdu w przewozach zróżnicowanej masy ładunkowej w poszczególnych odcinkach jazdy w kursie i przy różnych odległościach przewozu.

Oba zaprezentowane przykłady ustalania średniej harmonicznnej są wystarczającymi do zrozumienia idei stosowania dynamicznego współczynnika wykorzystania ładowności transportowych środków przewozowych.

### Literatura

1. Ostasiewicz S., Rusnak Z., Siedlecka U.: Statystyka. Elementy teorii i zadania. Wrocław 2006, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, s. 62-64.
2. Ignatczyk W., Chromińska M.: Statystyka. Teoria i zastosowanie. Poznań 2004, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej, s. 74-75 i 258-262.

### THE METHOD OF DETERMINING THE DYNAMIC VEHICLE CAPACITY UTILIZATION RATIO

**Summary:** The general method of determining dynamic vehicle capacity utilization ration. Types of transportation sub-systems. The aim of determining dynamic capacity utilization as a harmonic mean. Market and transportation example of determining discussed mean.