CZU: [005.585+005.216.1+005.332.4]:[338.47:334.72]

EVALUAREA COMPETITIVITĂȚII ÎNTREPRINDERILOR DE TRANSPORT RUTIER DE MĂRFURI PRIN INTEGRAREA METODELOR PCA ȘI TOPSIS

Dr., prof. univ. Maria GHEORGHIȚA, UTM
maria.gheorghita@emin.utm.md
ORCID: 0000-0002-2177-3497
Drd. Natalia SESTENCO-DIACEK, UTM
natalia.sestenco@adm.utm.md
ORCID: 0000-0002-0726-600X
DOI: https://doi.org/10.53486/econ.2026.137.46

Rezumat

Creșterea concurenței pe piața transportului rutier de mărfuri impune aplicarea unor metode obiective de evaluare a competitivității operatorilor de transport. Studiul propune o metodologie integrată care combină analiza componentelor principale (Principal Component Analysis – PCA) și metoda Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), în vederea reducerii subiectivismului în stabilirea ponderilor criteriilor și obținerea unor rezultate mai fiabile. Cercetarea a inclus opt companii de transport evaluate pe baza a trei indicatori: rentabilitatea capitalului propriu, coeficientul de utilizare a parcursului și tariful de transport. PCA a fost utilizată pentru determinarea ponderilor criteriilor, iar TOPSIS pentru calcularea indicatorului integrat de competitivitate și ierarhizarea întreprinderilor. Rezultatele evidențiază rolul determinant al rentabilității capitalului propriu și al tarifului de transport în creșterea competitivității. Metodologia propusă constituie un instrument eficient și obiectiv pentru evaluarea performanței competitive a întreprinderilor de transport.

Cuvinte-cheie: *competitivitate, transport rutier de mărfuri, PCA, TOPSIS, indicator integrat.*

Clasificarea JEL: C38, L25, L91, R41.

Introducere

Sectorul transportului rutier de mărfuri reprezintă un element esențial al infrastructurii economice, contribuind la dezvoltarea comerțului, integrarea piețelor și funcționarea eficientă a lanțurilor logistice. În contextul globalizării și al intensificării concurenței, care generează un mediu concurențial tot mai dinamic, competitivitatea întreprinderilor de transport a devenit un factor determinant pentru menținerea și extinderea poziției pe piață [1, 2].

Conceptul de competitivitate a întreprinderii este abordat în literatura economică ca exprimând capacitatea acesteia de a genera avantaje competitive durabile datorită utilizării eficiente a resurselor dispo-

UDC: [005.585+005.216.1+005.332.4]:[338.47:334.72]

ASSESSING THE COMPETITIVENESS OF ROAD FREIGHT TRANSPORT COMPANIES THROUGH THE INTEGRATION PCA AND TOPSIS METHODS

PhD, Professor Maria GHEORGHITA, UTM
maria.gheorghita@emin.utm.md
ORCHID: 0000-0002-2177-3497
PhD candidate Natalia SESTENCO-DIACEK, UTM
natalia.sestenco@adm.utm.md
ORCID: 0000-0002-0726-600X
DOI: https://doi.org/10.53486/econ.2026.137.46

Abstract

Increasing competition in the road freight transport market requires the application of objective methods for assessing the competitiveness of transport operators. This study proposes an integrated methodology combining Principal Component Analysis (PCA) and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), in order to reduce subjectivity in determining criterion weights and obtain more reliable results. The research included eight transport companies evaluated on the basis of three indicators: return on equity, route utilisation coefficient and transport tariff. PCA was used to determine the criterion of weights, while TOPSIS was used to calculate the integrated competitiveness indicator and rank the enterprises. The results highlight the determining role of return on equity and transport tariffs in increasing competitiveness. The proposed methodology constitutes an efficient and objective tool for assessing the competitive performance of road freight transport enterprises.

Keywords: *competitiveness, road freight transport, PCA, TOPSIS, integrated indicator.*

JEL Classification: C 38, L 25, L91, R41.

Introduction

The road freight transport sector represents an essential component of the economic infrastructure, contributing to the development of trade, market integration and efficient functioning of logistics chains. In the context of globalisation and intensifying competition, which generates an increasingly dynamic competitive environment, the competitiveness of transport companies has become a determining factor in maintaining and expanding their market position [1, 2].

The concept of enterprise competitiveness is approached in the economic literature as it's the capacity of an enterprise to generate sustainable competitive advantages through the efficient use of available resources and continuous adaptation to changes

nibile și adaptării continue la schimbările mediului extern. Pe de altă parte, competitivitatea este definită ca abilitatea unei economii de a crea și menține un mediu favorabil pentru întreprinderi și cetățeni [3].

Evaluarea competitivității întreprinderilor necesită utilizarea unor instrumente metodologice riguroase și obiective, capabile să reflecte în mod fidel poziția concurențială a acestora. Literatura de specialitate oferă o varietate de metode pentru aprecierea nivelului de competitivitate, iar în cazul întreprinderilor de transport sunt utilizate frecvent metode grafice, matriciale și calcule analitice. Analiza abordărilor existente relevă însă faptul că majoritatea metodologiilor se bazează pe ponderi stabilite prin expertiză sau pe modele liniare statice, ceea ce poate afecta obiectivitatea rezultatelor și stabilitatea clasamentelor obținute [4]. În aceste condiții, devine necesară dezvoltarea unor metode moderne de evaluare care să permită determinarea automată a importanței relative a criteriilor și să reducă influența factorului subiectiv. Astfel de abordări contribuie la creșterea fiabilității procesului de evaluare și la fundamentarea unor decizii manageriale mai eficiente privind competitivitatea întreprinderilor de transport.

În cazul întreprinderilor de transport, competitivitatea reprezintă un concept multidimensional, determinat de interacțiunea simultană a unor factori financiari, operaționali și comerciali, care influențează atât eficiența utilizării resurselor, cât și capacitatea de adaptare la cerințele pieței și de satisfacere a nevoilor clienților [5, 6]. Complexitatea acestor interdependențe face dificilă evaluarea competitivității prin intermediul unor indicatori individuali, fiind necesară utilizarea unor instrumente analitice capabile să integreze multiple criterii de performanță într-un cadru unitar de analiză.

Metodele de analiză multicriterială au cunoscut o extindere semnificativă în ultimele două decenii, fiind considerate instrumente eficiente pentru evaluarea performanței și competitivității organizaționale. În concordanță cu abordarea lui Triantaphyllou, competitivitatea reprezintă o problemă decizională complexă, caracterizată prin existența unor criterii multiple și adesea contradictorii [7]. Aceasta justifică utilizarea combinată a metodei Principal Component Analysis (PCA) și a metodei Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) pentru creșterea obiectivității procesului de evaluare a competitivității, prin determinarea statistică a ponderilor criteriilor și prin raportarea alternativelor la soluția ideală și anti-ideală

Metoda PCA contribuie la reducerea dimensionalității seturilor de date și la identificarea celor mai relevante componente care explică variația performanței organizaționale, oferind, astfel, o bază obiectivă pentru determinarea ponderilor criteriilor de evaluare [8]. La rândul său, metoda TOPSIS permite

in the external environment. From a broader perspective, competitiveness is defined as the ability of an economy to create and maintain a favourable environment for enterprises and citizens [3].

Assessing enterprise competitiveness requires the use of rigorous and objective methodological tools, capable of accurately reflecting the competitive position of enterprises. The specialised literature provided a variety of methods for assessing the level of competitiveness, while graphical and matrix methods, as well as analytical calculations, are frequently used in the case of transport enterprises. However, an analysis of existing approaches reveals that most methodologies are based on weights determined through expert judgement or on static linear models, which may affect the objectivity of the results and the stability of the rankings obtained [4]. Under these conditions, it is necessary to develop modern assessment methods that enable the relative importance of the criteria to be determined objectively and reduce the influence of subjective judgement. Such approaches contribute to increasing the reliability of the assessment process and provide a stronger basis for managerial decisions aimed at enhancing the competitiveness of transport enterprises.

In the case of transport companies, competitiveness is a multidimensional concept, determined by the simultaneous interaction of financial, operational and commercial factors, which influence both the efficiency of resource use and the ability to adapt to market requirements and meet customer needs [5, 6]. The complexity of these interdependencies makes it difficult to assess competitiveness using individual indicators and therefore requiring analytical tools capable of integrating multiple performance criteria witin a unified analytical framework.

Multicriteria analysis methods have been increasingly applied over the past two decades and are considered effective tools for assessing organisational performance and competitiveness. In line with Triantaphyllou's approach, competitiveness represents a complex decision-making problem characterised by the existence of multiple and often contradictory criteria [7]. This justifies the combined use of the Principal Component Analysis (PCA) and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) to increase the objectivity of the competitiveness assessment process by statistically determining criterion weights and comparing the alternatives with the ideal and anti-ideal solutions.

PCA contributes to reducing the dimensionality of datasets and identifying the most relevant components that explain the variation in organisational performance, thereby providing an objective basis for determining the weights of the assessment criteria [8]. In turn, the TOPSIS enables alternatives to be ranked by comparing their distances from the

clasificarea alternativelor prin compararea distanței acestora față de soluția ideală și soluția anti-ideală, facilitând identificarea entităților cu cel mai înalt nivel de performanță [9, 10].

Pornind de la aceste considerente și ținând cont de importanța determinării obiective a nivelului de competitivitate al întreprinderilor de transport de mărfuri, scopul prezentului studiu constă în dezvoltarea și testarea empirică a unei metodologii integrate, bazate pe combinarea metodelor PCA și TOPSIS, pentru evaluarea competitivității întreprinderilor de transport rutier de mărfuri.

Metodologia cercetării

În cadrul cercetării, a fost aplicată o metodologie integrată, bazată pe combinarea metodei PCA cu metoda TOPSIS, ce oferă o abordare metodologică riguroasă pentru evaluarea competitivității întreprinderilor de transport rutier de mărfuri. *Metoda PCA* a fost utilizată la determinarea obiectivă a ponderilor criteriilor pe baza informației statistice disponibile, iar TOPSIS a permis clasificarea întreprinderilor în funcție de apropierea acestora de profilul competitiv ideal.

Conform lui *Jolliffe și Cadima*, PCA reprezintă una dintre cele mai utilizate tehnici de analiză multivariată, care permite stabilirea ponderilor criteriilor de evaluare [11].

Procedura PCA utilizată în cercetare a inclus următoarele etape:

1. Construirea matricei inițiale de date alcătuită din ***m*** indicatori și ***n*** întreprinderi;
2. Standardizarea variabilelor pentru eliminarea influenței unităților diferite de măsură;
3. Determinarea matricei de corelație;
4. Calcularea valorilor proprii (*eigenvalues*) și a vectorilor proprii (*eigenvectors*);
5. Determinarea ponderilor criteriilor pe baza încărcăturilor factoriale și a contribuției fiecărei componente la varianța totală.

Metoda TOPSIS a fost utilizată pentru determinarea nivelului de competitivitate și realizarea clasamentului întreprinderilor analizate și s-a bazat pe următoarele etape [7]:

1. Construirea matricei decizionale;
2. Normalizarea matricei decizionale;
3. Construirea matricei normalizate ponderate;
4. Determinarea soluțiilor ideale;
5. Calcularea distanțelor față de soluțiile ideale;
6. Calcularea coeficientului de apropiere de soluția ideală.

De asemenea, pentru identificarea factorilor fundamentali ai competitivității operatorilor de transport de mărfuri s-a utilizat analiza combinată ABC (clasificarea după importanță) – XYZ (clasificarea după gradul de variabilitate) pentru prelucrarea rezultatelor empirice obținute în urma sondajului a 135 întreprinderi de profil.

ideal solution and the anti-ideal solutions, thus facilitating the identification of entities with the highest levels of performance [9, 10].

Based on these considerations and taking into account the importance of bjectively determining the level of competitiveness of freight transport enterprises, the purpose of this study is to develop and empirically test an integrated methodology, based on the combination of PCA and TOPSIS methods, for assessing the competitiveness of road freight transport enterprises.

Research Methodology

In the research applied an integrated methodology based on a combination of PCA and TOPSIS, providing a rigorous methodological framework for assessing the competitiveness of road freight transport enterprises. *The PCA method* was used to determine the criterion weights objectively on the criteria basis of the available statistical information, while TOPSIS was used to rank the enterprises according to their proximity to the ideal competitive profile.

According to *Jolliffe and Cadima, PCA is one of the most widely used* multivariate analysis techniques and can be applied to determine the weights of evaluation criteria[11].

The PCA procedure used in the research included the following steps:

1. Construction of the initial data matrix consisting of ***m*** indicators and ***n*** enterprises;
2. Standardisation of the variables to eliminate the influence of different units of measurement;
3. Determination of the correlation matrix;
4. *Calculation of* eigenvalues *and* eigenvectors;
5. Determination of criterion weights based on the factor loadings and the contribution of each component to the total variance.

The TOPSIS method was used to determine the level of competitiveness and rank the analysed enterprises and was based on the following steps [7]:

1. Building the decision matrix;
2. Normalisation of the decision matrix;
3. Construction of the weighted normalised decision matrix;
4. Determination of the ideal solutions;
5. Calculation of the distances from the ideal solutions;
6. Calculation of the coefficient of approximation to the ideal solution.

In addition, to identify the fundamental factors determining the competitiveness of road freight transport operators, the combined ABC (classification by importance) – XYZ (classification by degree of variability) analysis was applied to process the empirical results obtained from the survey of 135 profile companies operating in the sector.

Rezultate obținute și discuții

Baza de date utilizată

În cadrul prezentei cercetări, baza informațională a fost constituită din datele economico-financiare și operaționale aferente unui eșantion format din opt întreprinderi de transport rutier de mărfuri care activează pe piața serviciilor de transport: *Imperador SRL, Velatrans Export SRL, Langix-Auto SRL, Ifostrans SRL, Bianconero SRL, VSP Trans Group SRL, Estcargo Service SRL și Autofraht-Trans SRL*. Datele utilizate provin din rapoartele financiare și operaționale ale companiilor, precum și din informațiile disponibile în platforma de analiză economică Data2B.

Selectarea întreprinderilor a fost efectuată aleatoriu și a urmărit includerea operatorilor cu caracteristici diferite din punct de vedere al dimensiunii activității, structurii operaționale și performanțelor economice, ceea ce permite obținerea unei imagini relevante asupra nivelului de competitivitate existent pe piață.

Pentru identificarea indicatorilor ce influențează competitivitatea a fost efectuat un sondaj în rândul a 135 de întreprinderi din ramură. În baza aplicării analizei combinată ABC-XYZ au fost selectați trei indicatori care caracterizează principalele dimensiuni ale competitivității unei întreprinderi de transport:

- *rentabilitatea capitalului propriu (ROE),* care reflectă performanța financiară și eficiența utilizării capitalului investit, deoarece toate întreprinderile sunt private;
- *coeficientul de utilizare a parcursului*, care caracterizează eficiența exploatării parcului auto și gradul de utilizare a resurselor tehnice;
- *tariful de transport, exprimat în lei/tonă·km,* care evidențiază politica de preț și poziționarea companiei pe piață.

Acești indicatori reflectă, simultan, trei perspective esențiale ale competitivității: performanța financiară, eficiența operațională și competitivitatea comercială.

Valorile medii ale indicatorilor pentru întreprinderile analizate sunt prezentate în **Tabelul 1**.

Analiza preliminară a datelor evidențiază existența unor diferențe semnificative între întreprinderi. De exemplu, rentabilitatea capitalului propriu variază de la 8 la 68%, coeficientul de utilizare a parcursului între 0,59 și 0,95, iar tariful de transport între 1,18 și 2,60 lei/tonă·km. Aceste variații confirmă existența unui nivel diferit de performanță și justifică necesitatea utilizării unor metode multicriteriale capabile să integreze informațiile provenite din indicatori cu unități de măsură și semnificații economice diferite.

Results and Discussions

Database used

The empirical analysis was based on economic, financial and operational data for a sample of eight road freight transport companies operating on the transport services market: *Imperador SRL, Velatrans Export SRL, Langix-Auto SRL, Ifostrans SRL, Bianconero SRL, VSP Trans Group SRL, Estcargo Service SRL and Autofraht-Trans SRL*. The data were obtained from the companies' financial and operational reports, as well as from the information available in the Data2B economic analysis platform.

The companies were selected randomly with the aim of including operators with different characteristics in terms of business size, operational structure and economic performance, thereby providing a relevant picture of the levels of competitiveness existing on the market.

To identify the indicators influencing competitiveness, a survey was conducted among 135 companies operating in the industry. Based on the application of the combined ABC-XYZ analysis, three indicators were selected to reflect the main dimensions of a transport company's competitiveness:

- *return on equity (ROE),* which reflects financial performance and the efficiency with which invested capital is used, given that all enterprises are privately owned;
- *the route utilisation coefficient*, which reflects the operational efficiency of the vehicle fleet and the degree of utilisation of technical resources;
- *the transport tariff, expressed in MDL/ton·km,* which reflects the company's pricing policy and market positioning.

These indicators reflect three essential dimensions of competitiveness: financial performance, operational efficiency and commercial competitiveness.

The average values of the indicators for the analysed enterprises are presented in **Table 1**.

A preliminary data analysis highlights the existence of significant differences between enterprises. For example, the return on equity varies from 8% to 68%, the route utilisation coefficient between 0.59 and 0.95, and the transport tariff between 1.18 and 2.60 MDL/tonne *km*. These variations confirm the existence of a different level of performance and justify the use of multi-criteria methods capable of integrating information from indicators with different units of measurement and economic significance.

Tabelul 1/Table 1

Indicatorii de performanță ai operatorilor de transport rutier de mărfuri (valori medii pentru perioada 2022-2024)/ Performance indicators of road freight transport operators (average values for the period 2022-2024)

Întreprinderea/ Company	Rentabilitatea capitalului propriu/ Return on Equity, %	Coeficientul de utilizare a parcursului/ Route Utilisation Coefficient	Tariful de transport (lei/tonă-km)/ Transport Tariff (MDL/tonne km)
Imperador SRL	68	0,71	2,03
Velatrans Export SRL	20	0,87	1,50
Langix -Auto SRL	8	0,59	2,60
Ifostrans SRL	41	0,64	1,18
Bianconero SRL	54	0,95	1,52
VSP Trans Group SRL	26	0,92	1,77
Estcargo Service SRL	24	0,91	2,53
Autofraht -Trans SRL	26	0,92	2,27

***Sursa**: elaborat de autor pe baza datelor de la serviciul online https://data2b.md/ și a rapoartelor 1 TR-AUTO, 65-AUTO din cadrul operatorilor de transport indicați n tabel./ **Source:** prepared by the author based on data from the online service https://data2b.md/ and reports 1 TR-AUTO, 65-AUTO from the transport operators indicated in the table.*

Determinarea ponderilor prin metoda PCA

Matricea inițială de date este formată din:

n = 8 observații și

m = 3 variabile, reprezentând baza informațională pentru aplicarea PCA.

Întrucât indicatorii analizați sunt exprimați în unități de măsură diferite, datele au fost standardizate înainte de aplicarea metodei PCA. Pentru asigurarea comparabilității, fiecare variabilă a fost transformată utilizând procedura de standardizare z-score, conform relației:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j} \quad (1)$$

Unde: x_{ij} – valoarea indicatorului j pentru întreprinderea i;

$\bar{x}_j$ – valoarea medie a indicatorului;

σ_j – deviația standard.

În urma transformării, s-a obținut o matrice standardizată cu medie egală cu zero și deviație standard egală cu unu pentru fiecare indicator.

Standardizarea este indispensabilă deoarece împiedică dominarea analizei de către indicatorii cu valori numerice mai mari și asigură contribuția proporțională a tuturor variabilelor la construcția componentelor principale.

Datele standardizate au fost utilizate pentru construirea matricei de corelație, care evidențiază relațiile dintre indicatorii analizați și constituie baza calculului componentelor principale.

Această etapă a permis identificarea gradului de relație liniară dintre variabile și determinarea măsurii în care acestea se completează reciproc în mod semnificativ. Matricea de corelație a servit drept bază pentru calculul ulterior al componentelor principale.

Determining weights using the PCA method

The initial data matrix consists of:

n = 8 observations and

m = 3 variables, representing the information base for applying PCA.

Since the analysed indicators are expressed in different units of measurement, the data were standardised before applying the PCA method. To ensure comparability, each variable was transformed using the z- score standardisation procedure, according to the relationship:

Where: x_{ij}– the value of indicator j for enterprise i;

$\bar{x}_j$– the average value of the indicator;

σ_j – standard deviation.

Following the transformation, a standardised matrix was obtained with each indicator a having a mean of zero and a standard deviation equal to one.

Standardisation is indispensable, because it prevents the analysis from being dominated by indicators with higher numerical values and ensures that all variables contribute proportionally to the construction of the principal components.

The standardised data were used to construct the correlation matrix, which highlights the relationships between the analysed indicators and constitutes the basis for the calculation of the principal components.

This step made it possible to identify the degree of linear relationship between the variables and the determination of the extent to which they complement each other significantly. The correlation matrix served as the basis for the subsequent calculation of the principal components.

La etapa următoare au fost determinate valorile proprii ale matricei, acestea indicând contribuția fiecărei componente la variația totală a datelor. Pe baza acestora s-a calculat proporția variației explicate, criteriu utilizat pentru identificarea componentelor cu cea mai mare capacitate informativă. A fost analizat vectorul propriu asociat componentei principale dominante, calculat conform relației:

In the next step, the eigenvalues of the matrix were determined, indicating the contribution of each principal component to the total variation of the data. Based on these, the proportion of the explained variation was calculated, providing a criterion for identify the components with the highest informative capacity. The eigenvector associated with the dominant principal component was analysed, calculated according to the relationship:

$$(\Sigma-\lambda I)\cdot a_1=0 \quad (2)$$

Unde: Σ și I – matricea de corelație și matricea identitate;
λ_1 – valoarea proprie aferentă componentei 1;
a_1 – vectorul propriu căutat (vector coloană).

Where: Σ and I – the correlation matrix and the identity matrix;
λ_1 – eigenvalue related to component 1;
a_1 – the sought eigenvector (column vector).

Coeficienții săi (încărcăturile factoriale) reflectă contribuția relativă a fiecărui indicator la formarea componentei și au fost utilizați pentru determinarea ponderilor aplicate în calculul indicatorului integrat de competitivitate.

Its coefficients (factor loadings) reflect the relative contribution of each indicator to the formation of the component and were used to determine the weights applied in the calculation of the integrated competitiveness indicator.

Pentru aceasta, elementele vectorului propriu au fost normate utilizând formula:

For this purpose the elements of the eigenvector were normalised using the following formula:

$$\omega_j = \frac{|\alpha_j|}{\sum_{j=1}^{m}|\alpha_j|} \quad (3)$$

Unde: ω_j – ponderea finală (greutatea) a indicatorului j, gata de a fi utilizată în formula competitivității;
$|\alpha_j|$ – valoarea absolută (modulul) a coordonatei aferente indicatorului j;
$\sum_{j=1}^{m}|\alpha_j|$ – suma valorilor absolute ale tuturor elementelor din vector propriu;
m – numărul total de variabile (indicatori) incluse în model.

Where: ω_j– the final weight of indicator j, ready to be used in the competitiveness formula;
$|\alpha_j|$ – the absolute value (modulus) of the coordinate related to indicator j;
$\sum_{j=1}^{m}|\alpha_j|$– the sum of the absolute values of all elements in the eigenvector;
m – the total number of variables (indicators) included in the model.

În urma aplicării metodei PCA, a fost determinat vectorul propriu asociat componentei principale dominante:

Following the application of the PCA method, the eigenvector associated with the dominant principal component was determined:

$$a_1 = (0.62;\ 0.48;\ 0.61)$$

Rezultatele obținute indică faptul că rentabilitatea capitalului propriu (X_1) și tariful de transport (X_3) au contribuții aproape similare și cele mai ridicate la formarea componentei principale, în timp ce coeficientul de utilizare a parcursului (X_2) prezintă o contribuție relativ mai redusă.

The results obtained indicate that the return on equity (X_1) and the transport tariff (X_3) have almost similar and highest contributions to the formation of the main component, while the route utilisation coefficient (X_2) has a relatively lower contribution.

Pe baza coeficienților obținuți au fost calculate ponderile criteriilor, ce evidențiază rolul dominant al rentabilității capitalului propriu și al tarifului de transport în evaluarea competitivității întreprinderilor de transport:

Based on the obtained coefficients, the weights of the criteria were calculated, which highlight the dominant role of return on equity and transport tariff in assessing the competitiveness of transport enterprises:

$$w_1 = 0{,}36,\ w_2 = 0{,}28,\ w_3 = 0{,}36.$$

Rezultatele confirmă utilitatea metodei PCA pentru determinarea obiectivă a importanței relative a criteriilor și fundamentarea statistică a indicatorului integrat de competitivitate.

The results confirm the usefulness of the PCA method for objectively determining the relative importance of the criteria and the statistical substantiation of the integrated competitiveness indicator.

Evaluarea poziției concurențiale a întreprinderilor de transport prin metoda TOPSIS

Pașii principali ai metodei TOPSIS includ construirea matricei decizionale pe baza alternativelor și criteriilor analizate, urmată de normalizarea datelor și aplicarea ponderilor criteriilor. Ulterior, se determină soluția ideală (valorile cele mai favorabile ale criteriilor) și soluția anti-ideală (valorile cele mai puțin favorabile). În etapa următoare se calculează distanțele fiecărei alternative față de soluția ideală și anti-ideală, iar pe baza acestora se determină coeficientul de apropiere relativă.

În cadrul metodei TOPSIS, pentru criteriile stimulatoare sunt considerate ideale valorile maxime, deoarece creșterea acestora contribuie la îmbunătățirea performanței și a competitivității. În schimb, pentru criteriile destimulatoare sunt preferate valorile minime, deoarece reducerea acestora conduce la o poziție concurențială mai favorabilă.

- ***Soluția ideală*** se determină după relația:

$$A^+ = \{maxv_{i1};\ maxv_{i2};\ minv_{i3}\} \quad (4)$$

Unde: A^+ – vectorul soluției ideale pozitive (reprezintă performanța maximă posibilă);
$maxv_{i1}, maxv_{i2}$ – valorile maxime (cele mai bune) pentru indicatorii de tip „maxim” (rentabilitatea, coeficientul de utilizare a parcursului);
$minv_{i3}$ – valoarea minimă (cea mai bună) pentru indicatorul de tip „minim” (tariful).

Pe baza matricei normalizate ponderate se obține:

$$A^+ = \{0{,}2444;\ 0{,}1184;\ 0{,}0799\}$$

Această soluție descrie o întreprindere ipotetică ce dispune simultan de cea mai ridicată rentabilitate a capitalului propriu, cel mai înalt grad de utilizare a parcului auto și cel mai redus tarif de transport dintre toate întreprinderile analizate. Prin urmare, soluția ideală pozitivă constituie reperul de performanță la care sunt raportate toate alternativele evaluate în cadrul metodei TOPSIS.

Soluția anti-ideală se determină după relația:

$$A^- = \{minv_{i1};\ minv_{i2};\ maxv_{i3}\} \quad (5)$$

Unde: A^- – vectorul soluției ideale negative (reprezintă cea mai slabă performanță);
$minv_{i1};\ minv_{i2}$ – valorile minime (cele mai slabe) pentru indicatorii de tip „maxim”;
$maxv_{i3}$ – valoarea maximă (cea mai slabă) pentru indicatorul de tip „minim”.

Soluția anti-ideală reprezintă combinația celor mai nefavorabile valori ale criteriilor analizate și descrie profilul teoretic al unei întreprinderi cu cel mai redus nivel de performanță. În cadrul metodei TOPSIS, pentru criteriile stimulatoare sunt selectate

Evaluation of the competitive position of transport companies using the TOPSIS method

The main steps of the TOPSIS method include building the decision matrix based on the analysed alternatives and criteria, followed by data normalisation and application of criteria weights. Subsequently, the ideal solution (the most favourable values of the criteria) and the anti-ideal solution (the least favourable values) are determined. In the next step, the distances of each alternative from the ideal and anti-ideal solutions are calculated, and based on these, the relative proximity coefficient is determined.

Within the TOPSIS method, maximum values are considered ideal for stimulating criteria, since their increase contributes to improved performance and competitiveness. Conversely, minimum values are preferred for discouraging criteria, since their reduction leads to a more favourable competitive position.

- ***The ideal solution*** is determined by the relationship:

Where: A^+ – the vector of the positive ideal solution (represents the maximum possible performance);
$maxv_{i1}, maxv_{i2}$ – maximum (best) values for "maximum" type indicators (profitability, route utilisation coefficient);
$minv_{i3}$ – the minimum (best) value for the “minimum” type indicator (the tariff).

Based on the weighted normalised matrix, we obtain:

This solution describes a hypothetical enterprise that simultaneously has the highest return on equity, the highest fleet utilisation, and the lowest transportation tariff among all the enterprises analysed. Therefore, the positive ideal solution constitutes the performance benchmark to which all alternatives evaluated within the TOPSIS method are reported.

The anti-ideal solution is determined by the relationship:

Where: A^-– the negative ideal solution vector (represents the worst performance);
$minv_{i1};\ minv_{i2}$ – minimum (weakest) values for “maximum” type indicators;
$maxv_{i3}$ – the maximum (weakest) value for the “minimum” type indicator.

The anti-ideal solution represents the combination of the most unfavourable values of the analysed criteria and describes the theoretical profile of an enterprise with the lowest level of performance. Within the TOPSIS method, minimum values are

valorile minime, iar pentru criteriile destimulatoare sunt selectate valorile maxime.

Soluția anti-ideală caracterizează întreprinderea care înregistrează simultan cea mai redusă rentabilitate a capitalului propriu, cel mai scăzut grad de utilizare a parcului auto și cel mai ridicat tarif de transport dintre toate întreprinderile analizate. Din perspectiva competitivității, aceasta reprezintă situația cea mai puțin favorabilă și constituie reperul inferior utilizat în procesul de evaluare.

Determinarea soluției ideale și a soluției anti-ideale face posibilă calcularea distanțelor fiecărei întreprinderi față de aceste două puncte de referință.

Distanța față de soluția ideală se determină după relația:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{3}(v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (6)$$

Unde: S_i^+ – distanța euclidiană de la alternativa (întreprinderea) *i* la soluția ideală pozitivă A^+;

v_{ij}– valoarea normalizată ponderată a indicatorului *j* pentru întreprinderea *i*;

v_j^+ – valoarea ideală pozitivă pentru indicatorul *j* (element al vectorului A^+);

$\sum_{j=1}^{3}(v_{ij} - v_j^+)^2$ – suma pătratelor diferențelor pentru toți cei 3 indicatori analizați.

Iar *distanța față de soluția anti-ideală* se determină după relația:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{3}(v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (7)$$

Unde: S_i^-– distanța euclidiană de la alternativa (întreprinderea) *i* la soluția ideală negativă A^-;

v_{ij} – valoarea normalizată ponderată a indicatorului *j* pentru întreprinderea *i*;

v_j^- – valoarea ideală negativă pentru indicatorul *j* (element al vectorului A^-).

În studiul dat, indicatorii pentru distanța față de soluția ideală și soluția anti-ideală pentru cele opt întreprinderi examinate sunt prezentați în **Tabelul 2**.

selected for the stimulating criteria, and maximum values are selected for the discouraging criteria.

The anti-ideal solution characterises the enterprise that simultaneously records the lowest return on equity, the lowest fleet utilisation and the highest transport tariff among all the enterprises analysed. From a competitiveness perspective, this represents the least favourable situation and constitutes the lower benchmark used in the evaluation process.

Determining the ideal solution and the anti-ideal solution makes it possible to calculate the distances of each enterprise from these two reference points.

The distance from the ideal solution is determined by the relationship:

Where: S_i^+– the Euclidean distance from the alternative (enterprise) *i* to the positive ideal solution A^+;

v_{ij}– weighted normalised value of indicator *j* for enterprise *i*;

v_j^+ – the positive ideal value for indicator *j* (element of vector A^+);

$\sum_{j=1}^{3}(v_{ij} - v_j^+)^2$ – the sum of the squares of the differences for all 3 analysed indicators.

And *the distance from the anti-ideal solution* is determined by the relationship:

Where: S_i^-– the Euclidean distance from alternative (enterprise) *i* to the negative ideal solution A^-;

v_{ij}– weighted normalized value of indicator *j* for enterprise *i* ;

v_j^-– the negative ideal value for indicator *j* (element of vector A^-).

In the given study, the indicators for the distance from the ideal solution and the anti-ideal solution for the eight examined enterprises are presented in **Table 2**.

Tabelul 2/ Table 2

Indicatorii pentru distanța față de soluția ideală și soluția anti-ideală/
Indicators for the distance from the ideal solution and the anti-ideal solution

Întreprinderea/ Company	Solutia ideală/ Ideal solution	Soluția anti-ideală/ Anti-ideal solution
Imperador SRL	0,0573	0,2333
Velatrans Export SRL	0,1718	0,1406
Langix-Auto SRL	0,2455	0,1137
Ifostrans SRL	0,1345	0,1339
Bianconero SRL	0,0913	0,1884
VSP Trans Group SRL	0,1088	0,1541
Estcargo Service SRL	0,1763	0,1613
Autofraht-Trans SRL	0,1391	0,1535

***Sursa**: elaborat de autor/ **Source**: prepared by the author*

Conform principiului metodei TOPSIS, întreprinderea considerată cea mai competitivă va fi cea care se află la cea mai mică distanță de soluția ideală și, simultan, la cea mai mare distanță de soluția anti-ideală. Acest principiu permite realizarea unei evaluări multicriteriale obiective și fundamentate a poziției concurențiale a întreprinderilor de transport.

La etapa finală a metodei TOPSIS, pe baza distanțelor calculate față de soluția ideală pozitivă (S_i^+) și soluția ideală negativă (S_i^-), s-a determinat coeficientul de apropiere relativă pentru fiecare întreprindere analizată. Coeficientul dat reprezintă indicatorul sintetic de competitivitate și exprimă măsura în care o întreprindere se apropie de soluția ideală și se îndepărtează de soluția anti-ideală. Cu cât valoarea coeficientului este mai mare, cu atât poziția concurențială a întreprinderii este mai favorabilă.

Coeficientul de apropiere relativă se calculează cu ajutorul relației:

$$C_i = \frac{s_i^-}{s_i^+ + s_i^-} \quad (8)$$

Unde: C_i – coeficientul de apropiere relativă pentru întreprinderea *i*;
S_i^+ – distanța față de soluția ideală pozitivă;
S_i^- – distanța față de soluția ideală negativă.

Coeficientul de apropiere relativă C_i ia valori în intervalul [0; 1], unde valorile mai mari indică un nivel superior al competitivității și o poziție concurențială mai favorabilă.

În urma aplicării metodei TOPSIS, au fost calculate valorile finale ale indicatorului pentru fiecare întreprindere analizată, pe baza cărora s-a realizat clasamentul competitivității și s-a determinat poziția relativă a fiecărei întreprinderi în cadrul eșantionului studiat prezentate în **Tabelul 3**.

According to the principle of the TOPSIS method, the enterprise considered the most competitive is the one located at the shortest distance from the positive ideal solution and, simultaneously, at the greatest distance from the anti-ideal solution. This principle allows for an objective and substantiated multi-criteria assessment of the competitive position of transport enterprises.

At the final stage of the TOPSIS method, based on the calculated distances from the ideal positive solution (S_i^+) and the ideal negative solution (S_i^-), the relative proximity coefficient was determined for each analysed enterprise. The given coefficient represents the synthetic indicator of competitiveness and expresses the extent to which an enterprise approaches the ideal solution and moves away from the anti-ideal solution. The higher the value of the coefficient, the more favorable the competitive position of the enterprise.

The relative proximity coefficient is calculated using the relationship:

Where: C_i – the relative proximity coefficient for enterprise *i* ;
S_i^+– the distance from the positive ideal solution;
S_i^-– the distance from the negative ideal solution.

The relative proximity coefficient $C_i$takes values in the range [0; 1], where higher values indicate a higher level of competitiveness and a more favourable competitive position.

Following the application of the TOPSIS method, the final values of the indicator were calculated for each analysed enterprise, based on which the competitiveness ranking was achieved and the relative position of each enterprise within the studied sample was determined, presented in **Table 3**.

Tabelul 3/ Table 3

Clasificarea întreprinderilor după nivelul de competitivitate/
Classification of enterprises by level of competitiveness

Întreprinderea/ Company	**Coeficientul TOPSIS (C_i)/ TOPSIS coefficient (C_i)**	**Poziția concurențială în cadrul eșantionului analizat/ Competitive position within the sample analyzed**
Imperador SRL	0,803	**I**
Bianconero SRL	0,674	**II**
VSP Trans Group SRL	0,586	**III**
Autofraht-Trans SRL	0,525	IV
Ifostrans SRL	0,499	V
Estcargo Service SRL	0,478	VI
Velatrans Export SRL	0,450	VII
Langix-Auto SRL	0,317	VIII

Sursa: *elaborat de autor/* ***Source:*** *prepared by the author*

Rezultatele prezentate în **Tabelul 3** evidențiază diferențe semnificative între nivelurile de competitivitate ale întreprinderilor analizate. Cea mai bună poziție concurențială este deținută de întreprinderea *Imperador SRL*, care a obținut un coeficient TOPSIS de *0,803*, ceea ce indică cea mai mare apropiere de profilul ideal de competitivitate. Pe pozițiile următoare se situează întreprinderea *Bianconero SRL* și întreprinderea *VSP Trans Group SRL*, cu valori ale coeficientului de *0,674* și, respectiv, *0,586*.

La polul opus se află întreprinderea *Langix-Auto SRL*, care a înregistrat cea mai redusă valoare a indicatorului integrat (C_i=0,317), ocupând ultimul loc în clasamentul competitivității. Această poziție indică o distanță relativ mare față de soluția ideală și o apropiere mai accentuată de soluția anti-ideală.

Clasificarea realizată prin metoda TOPSIS a permis identificarea diferențelor existente între întreprinderile analizate și evidențierea avantajelor competitive specifice fiecăreia. Rezultatele demonstrează că un nivel ridicat al competitivității nu depinde exclusiv de performanțele financiare sau de politica tarifară, ci de combinația optimă a mai multor factori economici și operaționali. Astfel, întreprinderile care reușesc să mențină simultan o rentabilitate ridicată, o utilizare eficientă a parcului auto și tarife competitive ocupă poziții superioare în clasamentul competitivității.

Un aspect important evidențiat de cercetare este caracterul dinamic al metodologiei propuse. Deoarece ponderile criteriilor sunt calculate pe baza valorilor reale ale indicatorilor și nu sunt prestabilite, modelul poate reflecta modificările intervenite în mediul concurențial și în performanțele întreprinderilor. Această caracteristică oferă un avantaj semnificativ în raport cu modelele statice de evaluare și permite monitorizarea evoluției poziției concurențiale în diferite perioade de timp.

Concluzii

Prezenta cercetare a avut drept scop dezvoltarea unui cadru metodologic pentru evaluarea competitivității întreprinderilor de transport rutier de mărfuri prin utilizarea combinată a metodelor PCA și TOPSIS. Necesitatea dezvoltării unei astfel de abordări a fost determinată de limitările metodologiilor tradiționale, care utilizează frecvent ponderi stabilite prin evaluări efectuate de experți și modele liniare sensibile la modificarea parametrilor de calcul. Modelul elaborat asigură integrarea unor indicatori reprezentativi ai performanței financiare, operaționale și comerciale într-un indicator sintetic capabil să reflecte poziția concurențială a întreprinderilor analizate.

Rezultatele obținute demonstrează că aplicarea metodei PCA permite determinarea obiectivă a ponderilor criteriilor analizate pe baza structurii statistice a datelor, eliminând influența factorului subiectiv asupra procesului de evaluare. Analiza a

The results presented in **Table 3** highlight significant differences between the competitiveness levels of the analysed enterprises. The best competitive position is held by the enterprise *Imperador SRL*, which obtained a TOPSIS coefficient of *0.803*, which indicates the greatest proximity to the ideal competitiveness profile. The following positions are occupied by the enterprise *Bianconero SRL* and the enterprise *VSP Trans Group SRL*, with coefficient values of *0.674* and *0.586, respectively*.

At the opposite pole is the enterprise *Langix-Auto SRL*, which recorded the lowest value of the integrated indicator (C_i=0.317), occupying the last place in the competitiveness ranking. This position indicates a relatively large distance from the ideal solution and a closer approach to the anti-ideal solution.

The TOPSIS classification method allowed identifying the differences between the analysed companies and highlighting the competitive advantages specific to each one. The results demonstrate that a high level of competitiveness does not depend exclusively on financial performance or tariff policy, but on the optimal combination of several economic and operational factors. Thus, companies that manage to simultaneously maintain high profitability, efficient use of the fleet and competitive tariffs occupy higher positions in the competitiveness ranking.

An important aspect highlighted by the research is the dynamic nature of the proposed methodology. Since the criterion weights are calculated based on the real values of the indicators and are not predetermined, the model can reflect the changes in the competitive environment and in the performance of enterprises. This feature provides a significant advantage over static evaluation models and allows monitoring the evolution of the competitive position over different periods of time.

Conclusions

The present research aimed to develop a methodological framework for assessing the competitiveness of road freight transport enterprises by using the combined use of PCA and TOPSIS methods. The need to develop such an approach was determined by the limitations of traditional methodologies, which frequently use weights established by expert assessments and linear models sensitive to changes in calculation parameters. The developed model ensures the integration of representative indicators of financial, operational and commercial performance into a synthetic indicator capable of reflecting the competitive position of the analysed enterprises.

The results obtained demonstrate that the application of the PCA method allows for the objective determination of the weights of the analysed criteria based on the statistical structure of the data, eliminating the influence of the subjective factor on the evaluation process. The analysis highlighted the

evidențiat faptul că rentabilitatea capitalului propriu și tariful de transport constituie factorii cu cea mai mare influență asupra nivelului competitivității, în timp ce coeficientul de utilizare a parcursului are o contribuție mai redusă la formarea indicatorului integrat de competitivitate.

Utilizarea metodei TOPSIS a permis integrarea simultană a criteriilor stimulatoare și destimulatoare și realizarea unui clasament al întreprinderilor pe baza gradului de apropiere față de soluția ideală. Indicatorul sintetic obținut reflectă poziția concurențială relativă a fiecărei întreprinderi în cadrul eșantionului analizat și oferă o imagine clară asupra nivelului de competitivitate al operatorilor de transport.

Rezultatele cercetării confirmă că abordarea combinată PCA–TOPSIS reprezintă un instrument eficient pentru evaluarea multicriterială a performanței și competitivității întreprinderilor de transport. Principalele avantaje ale metodologiei propuse constau în obiectivitatea stabilirii ponderilor, posibilitatea comparării simultane a mai multor alternative, flexibilitatea adaptării la modificările mediului concurențial și consistența rezultatelor obținute.

Din punct de vedere practic, metodologia poate fi utilizată de managerii companiilor de transport pentru monitorizarea poziției concurențiale, identificarea factorilor care influențează performanța și fundamentarea deciziilor strategice privind creșterea competitivității. De asemenea, modelul poate reprezenta un instrument util pentru investitori, instituții financiare și autorități publice interesate de evaluarea performanței operatorilor din sectorul transporturilor.

În perspectivă, dezvoltarea unei aplicații informatice bazate pe algoritmul PCA–TOPSIS ar putea automatiza procesul de calcul și ar facilita utilizarea practică a modelului în cadrul sistemelor moderne de management al performanței și competitivității întreprinderilor de transport.

fact that the return on equity and the transport tariff are the factors with the greatest influence on the level of competitiveness, while the route utilization coefficient has a smaller contribution to the formation of the integrated competitiveness indicator.

The application of TOPSIS method allowed the simultaneous integration of stimulating and disincentive criteria and the achievement of a ranking of enterprises based on the degree of proximity to the ideal solution. The synthetic indicator obtained reflects the relative competitive position of each enterprise within the analysed sample and provides a clear picture of the level of competitiveness of transport operators.

The research findings confirm that the combined PCA–TOPSIS approach provides an effective tool for the multi-criteria evaluation of the performance and competitiveness of transport enterprises. The main advantages of the proposed methodology are the objectivity of the weighting, the possibility of simultaneous comparison of several alternatives, the flexibility of adaptation to changes in the competitive environment and the consistency of the results obtained.

From a practical point of view, the methodology can be used by transport company managers to monitor the competitive position, identify factors influencing performance and substantiate strategic decisions regarding increasing competitiveness. The model can also be a useful tool for investors, financial institutions and public authorities interested in assessing the performance of operators in the transport sector.

Future research could focus on developing a software application based on the PCA–TOPSIS algorithm to automate the calculation process and facilitate the practical implementation of the model within modern performance and competitiveness management systems of transport enterprises.

Bibliografie/ Biblography:

1. GHEORGHITA, M. and N. SESTENCO-DIACEK. Development trends in road freight transport in the Republic of Moldova. *Journal of Social Sciences*. Online. 2025, vol. 8, no. 2, pp. 46–56. ISSN 2587-3490. Disponibil: https://press.utm.md/index.php/jss/article/view/2025-8-2-04/04-pdf [accesat 2026-10-16].
2. RODRIGUE, Jean-Paul; Claude COMTOIS and Brian SLACK. *The Geography of Transport Systems.* PDF, online. Routledge, 2006. 432 p. ISBN 978–0–415–82253–4. Disponibil: https://transportgeography.org/wp-content/uploads/GTS_Third_Edition.pdf [accesat 2026-10-16].
3. IMD World Competitiveness Booklet 2024. IMD World Competitiveness Center, June 2024. ISBN-13 978-2-940485-64-2. Disponibil: https://www.investchile.gob.cl/wp-content/uploads/2024/08/Booklet_WCY_2024.pdf [accesat 2026-10-16].
4. SESTENCO-DIACEK, N. Evaluarea comprehensivă a competitivității companiilor care prestează servicii de transport de mărfuri în Republica Moldova. *Economia Contemporană*. Online. 2026, vol.11, nr.1, pp. 25-34. ISSN-L 2537–4222. Disponibil: http://www.revec.ro/article-2026-id-117-vol..11.nr..1-1199-evaluarea.comprehensiva.a.competitivita&.538;ii.companiilor.care.presteaza.servicii.de.transport.de.marfuri.in.republica.moldova.html [accesat 2026-10-16].

5. BUTTON, K. Transportation Economics: Some Developments Over the Past 30 Years. *Journal of the Transportation Research Forum*. Online. 2026, vol. 45, no. 2. Disponibil: https://doi.org/10.5399/osu/jtrf.45.2.906 [accesat 2026-10-16].
6. RUSHTON, A.; P. CROUCHER and P. BAKER (eds.) *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. PDF, online. London: Kogan Page, 2019. 608 p. ISBN 978 0 7494 5714 3. Disponibil: https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/DISTRIBUSI%20LOGISTIK/epdf.pub_the-handbook-of-logistics-and-distribution-managem.pdf [accesat 2026-10-16].
7. TRIANTAPHYLLOU, E. *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Online. Springer US, 2000. Disponibil: https://www.scribd.com/document/542591911/Applied-Optimization-44-Evangelos-Triantaphyllou-Auth-Multi-criteria-Decision-Making-Methods-a-Comparative-Study-Springer-US-2000 [accesat 2026-10-16].
8. JOLLIFFE, I. T. *Principal Component Analysis*. PDF, online. Second edition. Springer, 2002. ISBN 0-387-965532-2. Disponibil: http://cda.psych.uiuc.edu/statistical_learning_course/Jolliffe%20I.%20Principal%20Component%20Analysis%20(2ed.,%20Springer,%202002)(518s)_MVsa_.pdf [accesat 2026-10-16].
9. HWANG, Ching-Lai and Kwangsun YOON. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Online. Springer, 1981. Disponibil: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-48318-9 [accesat 2026-10-16].
10. BEHZADIAN, M.; S. K., OTAGHSARA; M. YAZDANI and J. IGNATIUS. A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*. Online. 2012, vol. 39, issue 17, pp. 13051–13069. Disponibil: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417412007725 [accesat 2026-10-16].
11. JOLLIFFE, Ian T and Jorge CADIMA. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Online. 2016, vol. 374, issue 2065. Disponibil: https://royalsocietypublishing.org/rsta/article/374/2065/20150202/115142/Principal-component-analysis-a-review-and-recent [accesat 2026-10-16].