# EVOLUȚIA TRAFICULUI RUTIER NAȚIONAL – IDENTIFICAREA PARAMETRILOR DETERMINANȚI AI DINAMICII TRAFICULUI PRIN ANALIZĂ STATISTICĂ

Drd. ing. Sorin Pâtiu[1]
Dr. ing. Ștefan Ioniță[1]
Ing. Ionel Savu[1]

În prezentul articol se urmărește identificarea principalilor parametri care influențează dinamica traficului rutier la nivel național, prin analiza statistică a parcului auto și a unor indicatori demografici și socio-economici relevanți.
Analiza are ca obiectiv evidențierea relațiilor de dependență dintre parcul auto județean și indicatori precum populația, numărul de salariați, salariul mediu net, produsul intern brut, gradul de motorizare și valoarea exporturilor. Pe baza acestor corelații sunt propuse relații de regresie utile pentru estimarea evoluției parcului auto și a gradului de motorizare.
Rezultatele obținute arată că variația parcului auto la nivel județean este explicată în principal de două variabile: populația și numărul de salariați. În final, articolul formulează observații privind coeficienții de evoluție ai traficului rutier utilizați în reglementările tehnice în vigoare și subliniază necesitatea introducerii unor coeficienți regionali de evoluție, adaptați diferențelor reale de dezvoltare dintre județe.

This article aims to identify the main parameters influencing national road traffic dynamics through a statistical analysis of the vehicle fleet and relevant demographic and socio-economic indicators.
The analysis seeks to highlight the dependency relationships between the county-level vehicle fleet and indicators such as population, number of employees, average net salary, gross domestic product (GDP), motorization rate, and export value. Based on these correlations, regression models are proposed to estimate the evolution of the vehicle fleet and the motorization rate.
The results show that the variation in the county-level vehicle fleet is primarily explained by two variables: population and the number of employees. Finally, the paper presents observations regarding the road traffic growth coefficients currently used in the applicable technical regulations and emphasizes the need to introduce regional growth coefficients that reflect the actual differences in development among counties.

**Cuvinte cheie:** PROGNOZA TRAFICULUI RUTIER, DINAMICA TRAFICULUI RUTIER, PARC AUTO, AUTOVEHICULELE ARTICULATE.

## 1. INTRODUCERE

Prognoza traficului rutier reprezintă un element esențial în planificarea, proiectarea și prioritizarea investițiilor în infrastructura rutieră. Stabilirea corectă a evoluției traficului influențează atât dimensionarea structurilor rutiere, cât și analiza capacității de circulație, evaluarea impactului economic și fundamentarea deciziilor privind dezvoltarea rețelei de drumuri.
Această cercetare este structurată în două părți principale. Prima parte urmărește analiza situației existente privind dinamica traficului rutier, prin raportare la parcul auto și la principalii indicatori demografici și socio-economici. A doua parte propune relații de regresie

1) Centrul de Studii Tehnice Rutiere și Informatică (tel. 021.317.11.20, e-mail. office@cestrin.ro)
2) Universitatea Tehnică de Construcții București, Școala Doctorală / Facultatea de Căi Ferate, Drumuri și Poduri, București, România (Tel./Fax: +40 21 242.12.08 int. 221, e-mail. scoala.doctorala@utcb.ro)

care pot fi utilizate pentru estimarea evoluției parcului auto la nivel județean, în funcție de caracteristicile demografice și economice ale județelor.
Scopul articolului nu este de a evidenția, printr-o metodă statistică simplă și ușor de aplicat, faptul că evoluția parcului auto nu este uniformă la nivel național. Diferențele dintre județe impun o abordare diferențiată, în special în cazul proiectelor de infrastructură pentru care nu se utilizează un model de transport detaliat.

## 2. IDENTIFICAREA PARAMETRILOR DETERMINANȚI AI DINAMICII TRAFICULUI

Pentru identificarea parametrilor determinanți ai dinamicii traficului rutier a fost analizată o plajă mai largă de indicatori. În urma analizei, au fost reținuți ca relevanți următorii parametri:

- populația;
- numărul de salariați;
- salariul mediu net;
- produsul intern brut;
- gradul de motorizare;
- valoarea exporturilor.

Analiza a presupus determinarea gradului de corelare dintre parcul auto și indicatorii menționați, precum și generarea unor relații de regresie. Rezultatele au fost analizate atât din punct de vedere statistic, cât și din perspectiva utilității lor pentru prognoza traficului rutier.

## 3. ANALIZA PARCULUI DE AUTOTURISME ÎN RAPORT CU POPULAȚIA

Prima analiză a urmărit corelarea parcului de autoturisme cu populația județelor și a municipiului București.

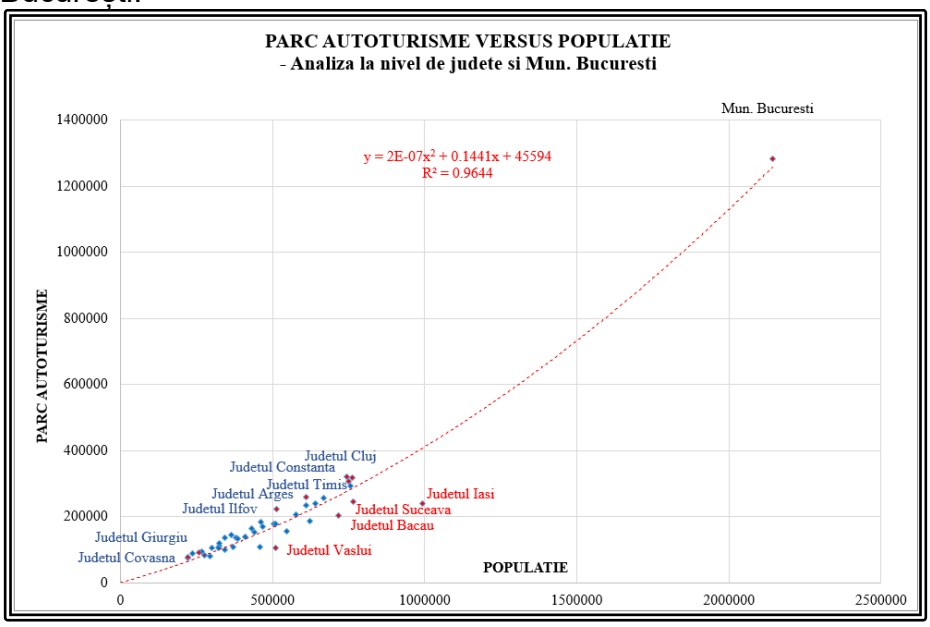

Figura 1 – Parc autoturisme versus populație

Relația de regresie obținută este de tip polinomial de gradul al doilea:

**Parc auto/județ = 2E-07 × Populație² + 0,1441 × Populație + 45.594**

Coeficientul de corelație obținut are valoarea de aproximativ **0,96**, ceea ce indică o corelație foarte ridicată între populație și parcul auto.
Această valoare arată că populația se corelează foarte bine cu parcul auto și poate fi utilizată pentru estimări preliminare ale evoluției parcului auto în scenarii de prognoză.

Analiza acestor relații de dependență este importantă în elaborarea unui model de transport. Utilizarea unor relații preluate din alte contexte teritoriale sau economice ar fi dificil de integrat într-un model național de transport, deoarece relația dintre populație și parcul auto este specifică teritoriului analizat.

### Concluzii privind relația parc auto – populație

Există județe care au un parc auto mai redus în raport cu populația, comparativ cu media națională. Aceste județe pot avea, într-un context economic favorabil, o creștere mai rapidă a parcului auto și, implicit, o creștere a cererii de transport.
Exemple de astfel de județe sunt:

- județul Iași;
- județul Suceava;
- județul Bacău;
- județul Vaslui.

În cazul acestor județe, o dezvoltare economică mai echilibrată poate conduce la creșteri importante ale parcului auto și ale cererii de mobilitate.
Pe de altă parte, există județe și zone urbane care au deja un parc auto ridicat în raport cu populația. Dintre acestea pot fi menționate:

- municipiul București;
- județul Cluj;
- județul Timiș;
- județul Ilfov;
- județul Argeș.

Aceste județe nu vor genera neapărat cele mai spectaculoase creșteri ale parcului auto în viitorul apropiat, însă prezintă deja probleme importante privind capacitatea de circulație a drumurilor.
Municipiul București reprezintă cazul cel mai evident, având cel mai ridicat nivel al parcului auto. În acest sens, investițiile recente în infrastructura rutieră au fost corelate foarte bine cu această situație existentă.

## 4. ANALIZA PARCULUI DE AUTOTURISME ÎN RAPORT CU SUMA SALARIILOR MEDII NETE

A doua analiză a urmărit corelarea parcului de autoturisme cu suma salariilor medii nete plătite lunar la nivel județean.

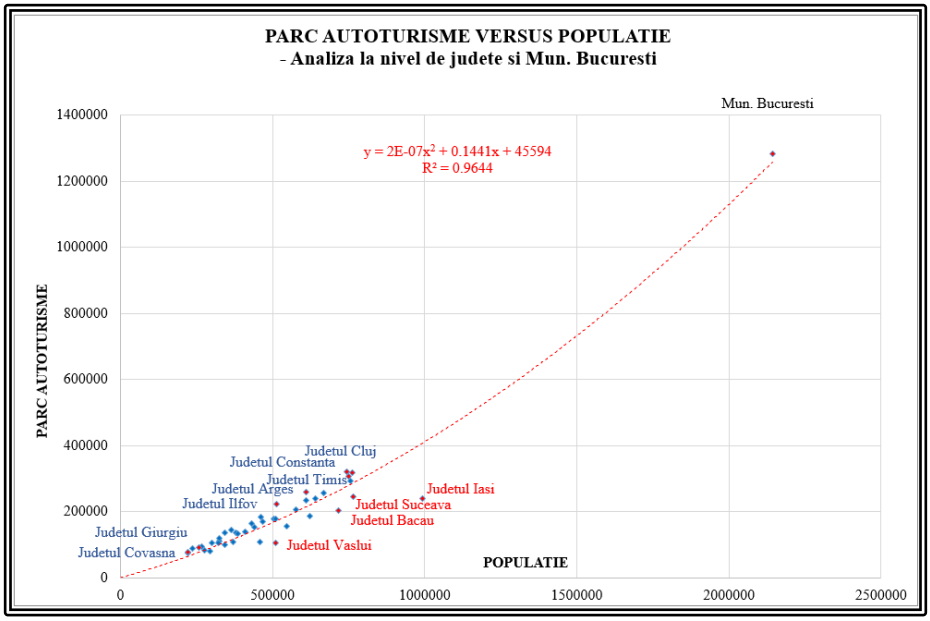

Figura 2 – Parc autoturisme versus populație

Relația de regresie obținută este de tip polinomial de gradul al doilea:

**Parc auto/județ = -0,0183 × Suma salariilor plătite lunar pe județ² + 310,37 × Suma salariilor plătite lunar pe județ**

Coeficientul de corelație obținut are valoarea de aproximativ **0,93**, ceea ce indică o corelație foarte bună între suma salariilor plătite lunar la nivel județean și parcul auto.
Această relație arată că veniturile salariale agregate la nivel de județ influențează semnificativ mărimea parcului auto. Totuși, indicatorul trebuie interpretat cu atenție, deoarece este influențat atât de nivelul salariului mediu, cât și de numărul de salariați existenți într-un județ.
Din acest motiv, în analiza finală, numărul de salariați se dovedește a fi un indicator mai stabil și mai ușor de interpretat decât salariul mediu net luat separat.

## 5. ANALIZA PARCULUI DE AUTOVEHICULE CU DOUĂ OSII ÎN RAPORT CU POPULAȚIA

Pentru autovehiculele cu două osii a fost analizată relația dintre parcul auto specific acestei categorii și populația județeană.

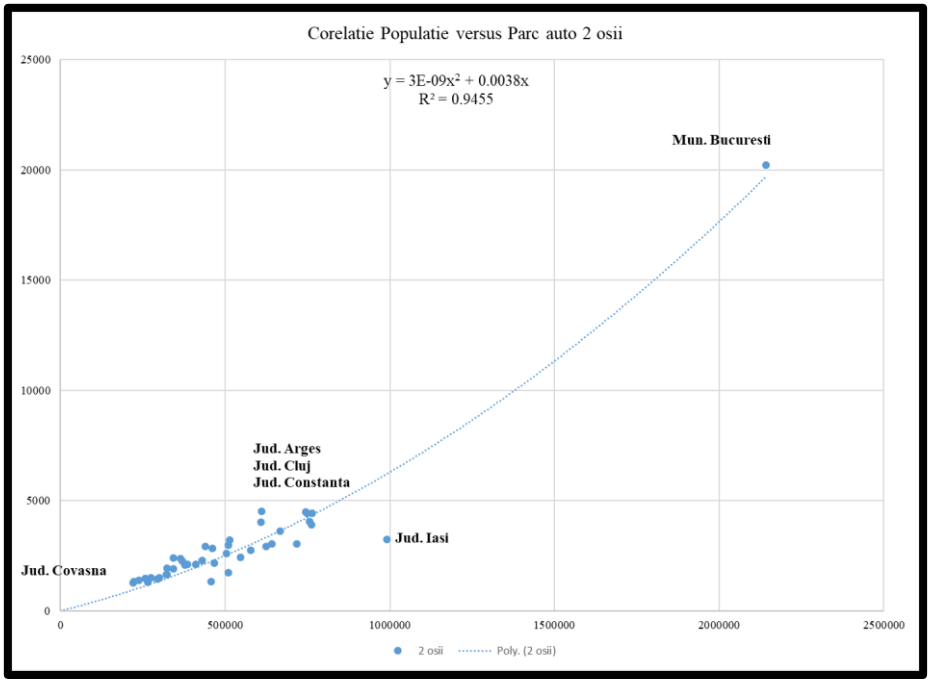


Figura 3 – Parc autovehicule cu două osii versus populație

Relația de regresie obținută este:

**Parc auto 2 osii = 3E-09 × Populație² + 0,038 × Populație**

Coeficientul de corelație este de aproximativ **0,9455**, ceea ce indică o corelație foarte ridicată între parcul auto cu două osii și populație.
Rezultatul confirmă faptul că populația reprezintă un indicator de bază pentru estimarea evoluției categoriilor principale de vehicule. În cazul vehiculelor cu două osii, legătura cu populația este puternică, deoarece această categorie este asociată în mare măsură cu mobilitatea și cu transportul de proximitate.

## 6. ANALIZA PARCULUI DE AUTOVEHICULE CU TREI ȘI PATRU OSII ÎN RAPORT CU POPULAȚIA

Pentru autovehiculele cu trei și patru osii a fost analizată relația dintre parcul auto specific acestei categorii și populația județeană.

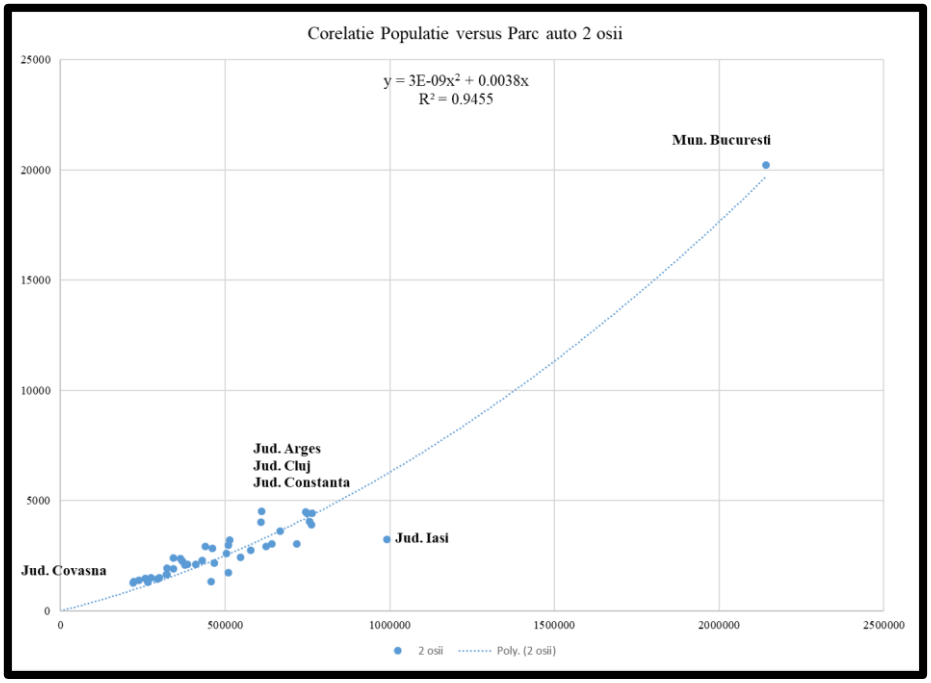

Figura 3 – Parc autovehicule cu două osii versus populație

Relația de regresie obținută este:

**Parc auto 3–4 osii = 2E-09 × Populație² + 0,0032 × Populație**

Coeficientul de corelație obținut are valoarea de aproximativ **0,9408**, ceea ce indică o corelație ridicată între parcul auto cu trei și patru osii și populație.
Această corelație arată că și în cazul vehiculelor grele există o relație importantă cu dimensiunea demografică a județului. Totuși, pentru această categorie de vehicule, influența activităților economice, logistice și industriale poate deveni mai importantă decât în cazul autoturismelor.

## 7. ANALIZA PARCULUI DE AUTOVEHICULE ARTICULATE ÎN RAPORT CU POPULAȚIA

Pentru autovehiculele articulate, respectiv vehiculele de tip TIR, a fost analizată relația dintre parcul auto și populația județeană.

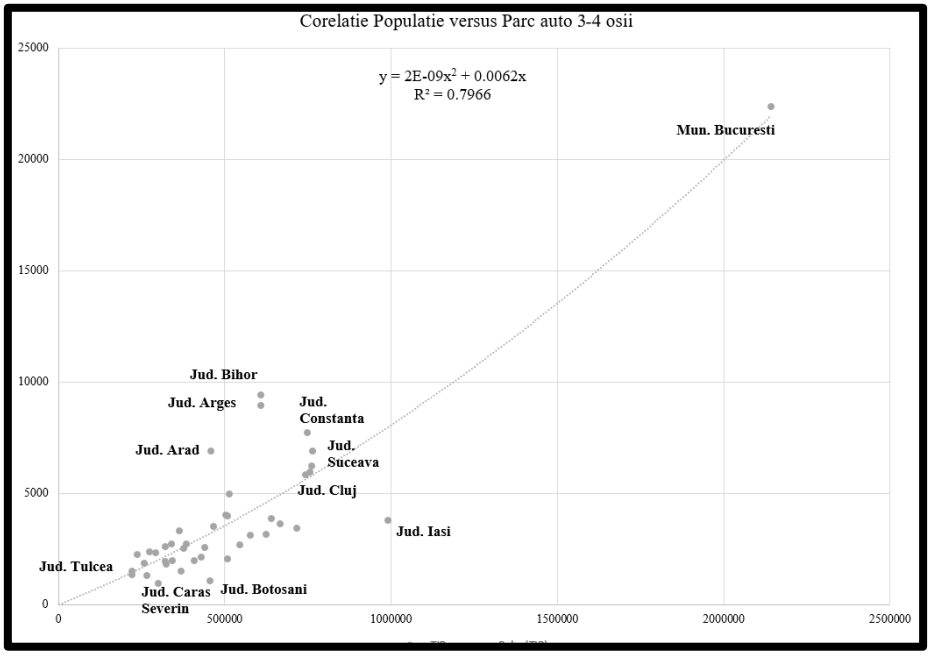


Figura 4 – Parc autovehicule cu 3-4 osii versus populație

Relația de regresie obținută este:

**Parc auto TIR = 2E-09 × Populație² + 0,0062 × Populație**

Coeficientul de corelație este de aproximativ **0,7966**, ceea ce indică o corelație bună, dar mai redusă decât în cazul autoturismelor sau al vehiculelor cu două osii.

## 8. ANALIZA PARCULUI AUTO ÎN RAPORT CU PRODUSUL INTERN BRUT

A fost analizată și relația dintre parcul auto și produsul intern brut raportat la locuitor.

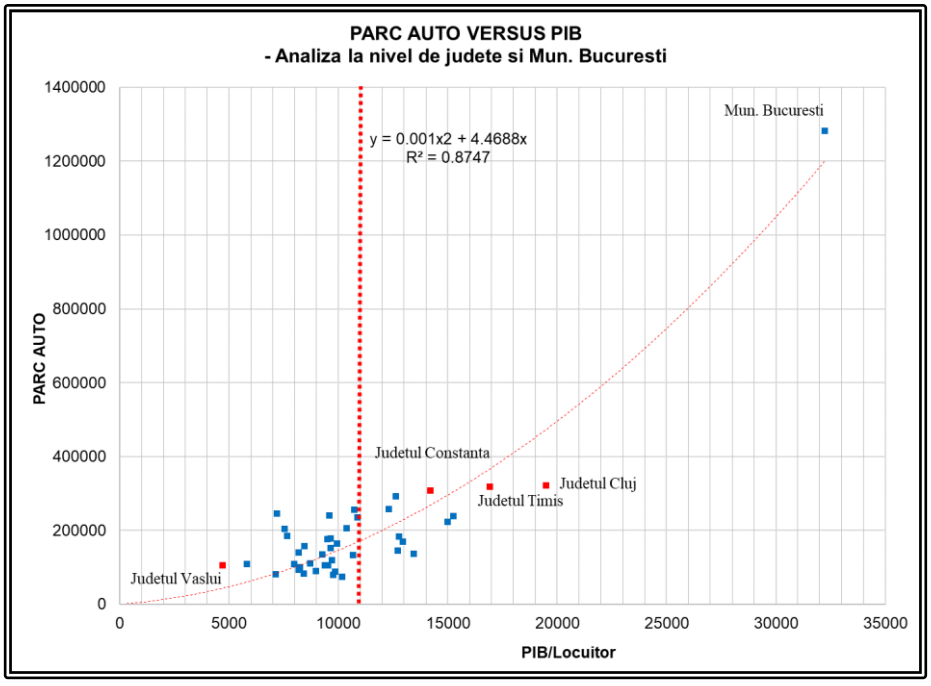


Figura 6 – Parc autovehicule versus PIB

Relația de regresie obținută este:

**Parc auto = 0,001 × PIB/locuitor² + 4,4688 × PIB/locuitor**

Coeficientul de corelație obținut are valoarea de aproximativ **0,87**, ceea ce indică o corelație bună între parcul auto și PIB/locuitor.
Această relație confirmă faptul că dezvoltarea economică influențează mărimea parcului auto. Totuși, PIB-ul la nivel județean trebuie interpretat cu prudență, deoarece poate fi influențat de activități economice concentrate, care nu se reflectă întotdeauna direct în nivelul de motorizare al populației.
De exemplu, pot exista județe cu PIB ridicat datorită unor activități industriale sau economice punctuale, dar care nu au un parc auto proporțional cu această valoare. În același timp, pot exista județe cu populație mare și PIB mai redus, dar cu un potențial important de creștere a parcului auto.

## 9. EVOLUȚIA PARCULUI AUTO LA NIVEL JUDEȚEAN PE CRITERIUL DEZVOLTĂRII ECONOMICE

În a doua parte a analizei au fost urmărite relațiile dintre gradul de motorizare, PIB/locuitor și evoluția parcului auto.

### 9.1. Analiza gradului de motorizare în raport cu PIB/locuitor

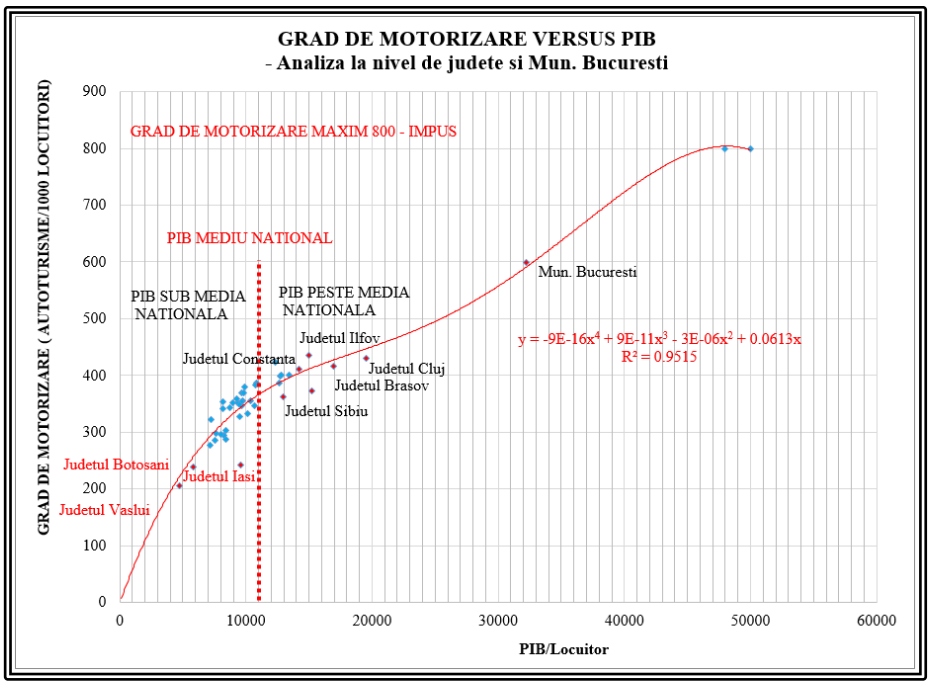

Figura 7 – Grad de motorizare versus PIB

Pentru analiza gradului de motorizare a fost utilizată o relație de regresie polinomială de gradul al patrulea:

**Grad de motorizare = -9E-16 × PIB/locuitor⁴ + 9E-11 × PIB/locuitor³ - 3E-06 × PIB/locuitor² + 0,0613 × PIB/locuitor**

Această formă a fost aleasă deoarece permite reprezentarea unor modificări ale pantei de creștere. În funcție de nivelul de dezvoltare economică, județele pot avea ritmuri diferite de creștere a gradului de motorizare.
În general, panta de creștere este mai mare în zona județelor cu grad de motorizare redus și scade treptat în cazul județelor cu grad de motorizare ridicat. Acest lucru este logic, deoarece județele mai puțin motorizate au un potențial mai mare de creștere, în timp ce județele deja dezvoltate se apropie de o zonă de plafonare.
Coeficientul de corelație obținut este de aproximativ **0,95**, ceea ce indică o corelație foarte bună între gradul de motorizare și PIB/locuitor.
Pentru determinarea unei curbe de corelație cât mai fidele, având în vedere lipsa datelor în zona de început și în zona de sfârșit a curbei, au fost considerate următoarele ipoteze:

- grad de motorizare zero pentru PIB/locuitor egal cu zero;
- pentru un PIB/locuitor mai mare de aproximativ 45.000 euro, gradul de motorizare se apropie de valoarea de 800 autoturisme/1.000 locuitori, considerată valoare maximă de referință.

Această analiză arată că relațiile dintre dezvoltarea economică și motorizare sunt relevante pentru elaborarea scenariilor de prognoză.

### Concluzii privind gradul de motorizare

Există județe care au un grad de motorizare mai mic decât ar rezulta din nivelul lor de dezvoltare economică. Dintre acestea pot fi menționate:

- județul Iași;
- județul Sibiu;
- județul Brașov.

Aceste județe prezintă un grad de motorizare mai redus decât media județelor similare ca nivel de dezvoltare economică. Prin urmare, există posibilitatea unei creșteri mai rapide a gradului de motorizare pe termen scurt și mediu.
Județul Iași se remarcă printr-o abatere mai mare față de curba de corelație, ceea ce indică necesitatea unei analize suplimentare.
Gradul de motorizare are cea mai rapidă creștere până la aproximativ 380 autoturisme/1.000 locuitori. După atingerea acestei valori, se observă o modificare a pantei de creștere, ceea ce indică o tendință de stabilizare progresivă.

## 10. ESTIMAREA EVOLUȚIEI PARCULUI DE AUTOTURISME ÎN FUNCȚIE DE PIB

A fost analizată și relația inversă, respectiv estimarea PIB/locuitor în funcție de numărul de autoturisme raportat la populație.

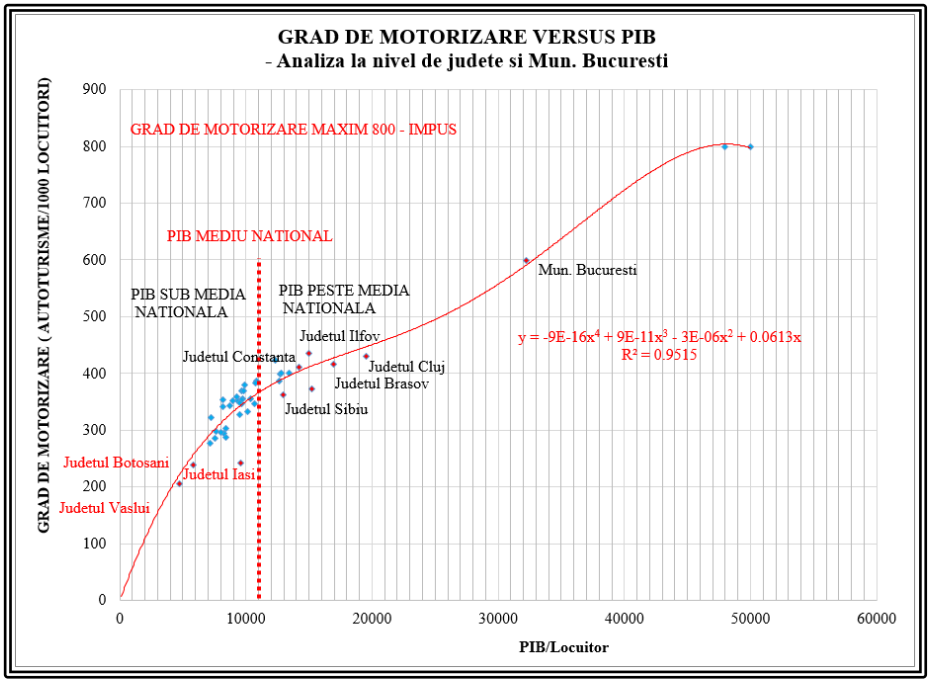


Figura 8 – Grad de motorizare versus PIB

Relația de regresie obținută este de tip polinomial de gradul al patrulea:

**PIB/locuitor = -737.683 × Nr. autoturisme/locuitor⁴ + 1E+06 × Nr. autoturisme/locuitor³ - 461.188 × Nr. autoturisme/locuitor² + 82.425 × Nr. autoturisme/locuitor**

Coeficientul de corelație obținut este de aproximativ **0,96**, ceea ce indică o corelație foarte bună între numărul de autoturisme/locuitor și PIB/locuitor.
Această relație confirmă legătura strânsă dintre nivelul de motorizare și dezvoltarea economică.

### Observații

Pentru județele cu PIB/locuitor sub media națională, o creștere relativ redusă a PIB/locuitor poate conduce la o creștere mai accentuată a numărului de autoturisme/locuitor. Această situație este specifică județelor aflate într-o etapă de recuperare economică și de creștere accelerată a motorizării.
Pentru județele cu PIB/locuitor peste media națională, creșterea numărului de autoturisme/locuitor este mai redusă în raport cu creșterea PIB/locuitor. În aceste cazuri, gradul de motorizare se apropie de o zonă de plafonare.
Această diferență de comportament susține ideea că prognoza traficului rutier trebuie să țină cont de nivelul de dezvoltare regională și de poziția fiecărui județ față de curba generală de motorizare.

## 11. REGRESIE LINIARĂ MULTIPLĂ PENTRU ESTIMAREA PARCULUI AUTO

Pentru o analiză mai sintetică, parcul auto județean a fost raportat simultan la mai mulți indicatori:

- populație;
- număr de salariați;
- salariu mediu;
- valoarea exporturilor;

- PIB.

A fost determinată matricea de corelație

*Table 1. Matrice de corelație*

| | Populatie | Nr. salariati | salariu m net (ron) | exporturi (mii euro) | PIB | Parc Auto (car,lgv,hgv, bus) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Populatie** | 1 | | | | | |
| **Nr. salariati** | 0,931 | 1,000 | | | | |
| **salariu m net (ron)** | 0,733 | 0,776 | 1,000 | | | |
| **exporturi (mii euro)** | 0,822 | 0,918 | 0,773 | 1,000 | | |
| **PIB** | 0,889 | 0,875 | 0,676 | 0,828 | 1,000 | |
| **Parc Auto (car,lgv,hgv, bus)** | 0,950 | 0,991 | 0,739 | 0,907 | 0,888 | 1 |

A fost determinată următoarea regresie liniară multiplă

Număr autovehicule parc auto/ județ = 0,141 x populația județului + 0,881 x numărul de salariați ai județului - 0,25 x salariul mediu net pe județ + 0,001514 x valoarea exporturilor + 1,281 x produsul intern brut județean

- ✓ 99,4% din variația parcului auto este explicată de ansamblul celor cinci variabile analizate;
- ✓ Coeficientul de corelație multiplă este 0,996.

Ponderile parametrilor regresiei in dimensiunea parcului auto sunt orientative, deoarece variabilele explicative sunt corelate între ele. Totuși, rezultatul arată fără echivoc că:

- numărul de salariați deține aproximativ 72% din influența relativă estimată;
- populația deține aproximativ 22%;
- PIB-ul, exporturile și salariul mediu au împreună o influență proprie de aproximativ 5–6%.

Prin urmare, aproximativ **94–95% din capacitatea explicativă relativă a termenilor regresiei este concentrată în populație și numărul de salariați**.
Matricea de corelație arată existența unor legături foarte puternice între variabilele independente:

- Populație – salariați: 0,931;
- Salariați – exporturi: 0,918;
- Populație – PIB: 0,889;
- Salariați – PIB: 0,875;
- Exporturi – PIB: 0,828.

Această situație indică prezența multicoliniarității. Variabilele descriu, în mare măsură, aceeași dimensiune socio-economică a județelor.
Multicoliniaritatea nu reduce neapărat capacitatea generală de predicție a regresiei, dar face dificilă separarea contribuției individuale a PIB-ului, exporturilor și salariului mediu. Din acest motiv, modelul complet prezintă un (R^2) foarte mare, în timp ce trei dintre cei cinci coeficienți nu sunt semnificativi individual.

Având in vedere cele de mai sus regresia a fost determinată doar cu considerarea Populației și a numărului de salariați.
Relația de regresie liniară obținută este: **Parc auto estimat = 0,146 × Populație + 0,928 × Număr salariați**
Aceasta poate fi interpretată astfel:

- pentru fiecare 1.000 de locuitori, modelul atribuie aproximativ 146 de vehicule;
- pentru fiecare 1.000 de salariați, modelul atribuie suplimentar aproximativ 928 de vehicule.

Interpretarea trebuie realizată la nivel agregat și nu individual, deoarece populația și numărul de salariați sunt corelate între ele. Coeficienții exprimă efectele parțiale obținute atunci când cealaltă variabilă este menținută constantă.
Ponderea aproximativă a variabilelor în model este de:

- **23,5% pentru populație**;
- **76,5% pentru numărul de salariați**.

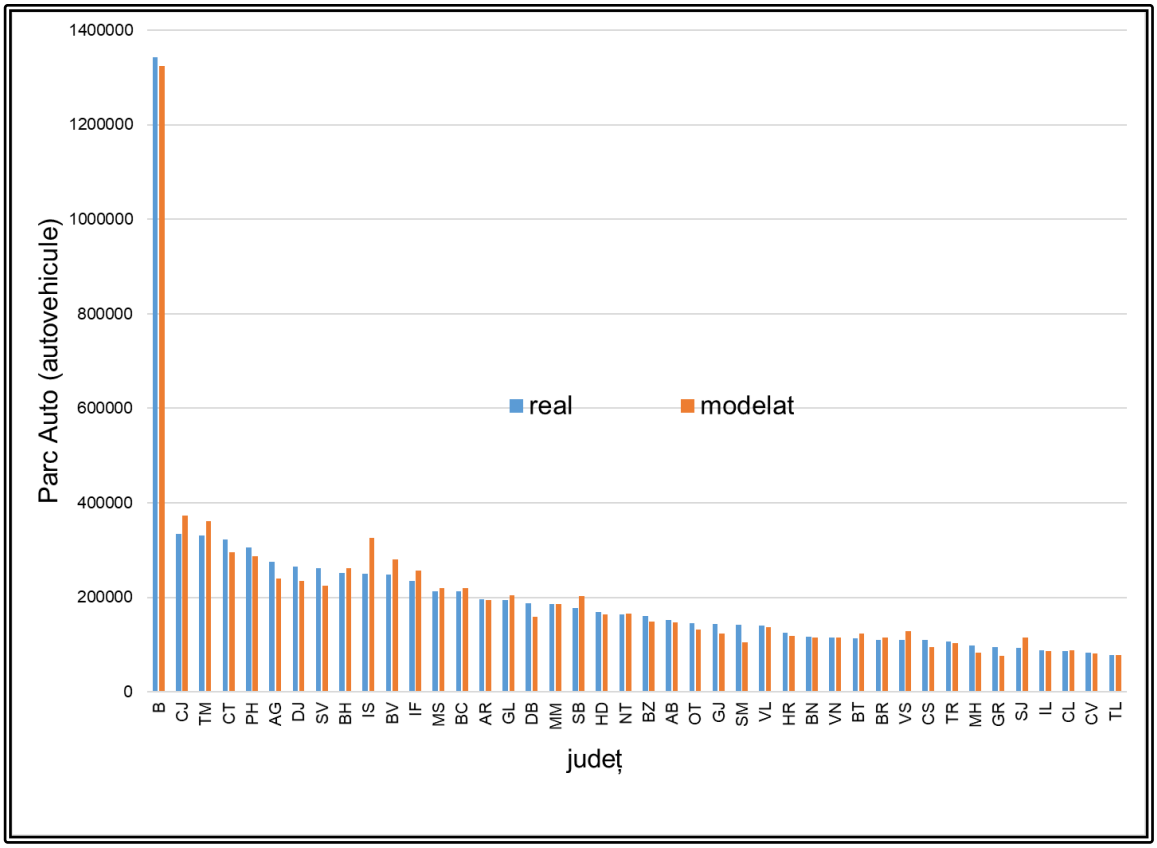

Figura 9 – Valori reale versus valoriestimate prin regresie

Regresia obținută evidențiază existența unei legături foarte puternice între dimensiunea parcului auto județean, populație și numărul de salariați. Modelul redus explică aproximativ 99,4% din variația parcului auto, numărul de salariați având ponderea dominantă, de circa 76,5%, iar populația o pondere de aproximativ 23,5%. Rezultatele confirmă faptul că dimensiunea populației active reprezintă principalul factor asociat nivelului de motorizare la nivel județean.

## 12. REGRESII PENTRU PROGNOZĂ VERSUS COEFICIENȚII DE EVOLUȚIE DIN REGLEMENTĂRILE TEHNICE

Rezultatele obținute au fost comparate conceptual cu modul de abordare a coeficienților de evoluție a traficului rutier din reglementările tehnice în vigoare.

Se observă faptul că actualii coeficienți de evoluție sunt stabiliți în principal în funcție de categoria drumului, fără a integra suficient diferențele regionale de dezvoltare economică și demografică.
Această abordare poate fi utilă pentru o estimare generală, însă nu surprinde suficient diferențele reale dintre județe. Din analiza realizată rezultă că dinamica parcului auto este influențată semnificativ de populație și de numărul de salariați, iar acești indicatori au o distribuție neuniformă la nivel național.
Prin urmare, o recomandare a studiului este necesitatea determinării unor coeficienți de evoluție regionali, nu doar a unor coeficienți stabiliți în funcție de categoria drumului. Acești coeficienți regionali ar putea fi utilizați în special pentru proiectele de infrastructură pentru care nu se utilizează un model de transport detaliat.
O astfel de abordare ar permite o prognoză mai realistă a traficului rutier și ar putea contribui la fundamentarea mai corectă a investițiilor în infrastructura rutieră.

## 13. CONCLUZII

Analizele realizate evidențiază faptul că dimensiunea și evoluția parcului auto intimp nu au un caracter uniform/liniar la nivel național, ci depind de caracteristicile demografice și socio-economice specifice fiecărui județ. Populația, numărul de salariați, nivelul de dezvoltare economică și gradul de motorizare prezintă legături importante cu dimensiunea parcului auto, însă contribuția lor individuală diferă semnificativ.
Dintre parametrii analizați, populația și numărul de salariați prezintă cea mai mare capacitate explicativă. Regresia liniară multiplă redusă, care include numai aceste două variabile, explică aproximativ 99,4% din variația parcului auto județean. În cadrul modelului, numărul de salariați are o pondere relativă de aproximativ 76,5%, iar populația o pondere de aproximativ 23,5%. Acest rezultat arată că dimensiunea populației active și ocupate reprezintă principalul factor asociat nivelului parcului auto.
Salariul mediu net, valoarea exporturilor și produsul intern brut prezintă, analizate separat, corelații ridicate cu parcul auto. Totuși, în cadrul regresiei multiple, contribuția lor suplimentară este redusă, deoarece acești indicatori sunt puternic corelați cu populația și cu numărul de salariați. Introducerea simultană a tuturor variabilelor conduce astfel la apariția multicoliniarității, fără a îmbunătăți în mod relevant capacitatea explicativă a modelului.
Analiza relației dintre produsul intern brut pe locuitor și gradul de motorizare evidențiază un comportament neliniar. În județele cu un nivel redus sau mediu al gradului de motorizare, creșterea economică poate conduce la o creștere mai accentuată a numărului de autoturisme. În județele cu un grad ridicat de motorizare, ritmul de creștere tinde să se reducă, pe măsură ce acestea se apropie de o zonă de maturitate sau de plafonare.
Prin urmare, județele cu populație numeroasă, dar cu un parc auto și un grad de motorizare relativ reduse, pot prezenta un potențial important de creștere a cererii de mobilitate. În schimb, județele dezvoltate și puternic motorizate pot înregistra creșteri procentuale mai reduse ale parcului auto, dar se confruntă deja cu solicitări ridicate ale infrastructurii și cu probleme de capacitate a rețelei rutiere.
Rezultatele obținute susțin necesitatea unei abordări diferențiate a prognozei traficului rutier. Utilizarea unor coeficienți unici de evoluție, stabiliți în principal în funcție de categoria tehnică sau funcțională a drumului, nu poate surprinde în totalitate diferențele demografice și economice dintre regiunile țării. Drumuri încadrate în aceeași categorie pot deservi teritorii cu populații, niveluri de ocupare, grade de motorizare și perspective de dezvoltare foarte diferite.
În acest context, se recomandă analizarea posibilității introducerii unor coeficienți regionali de evoluție a traficului, fundamentați pe indicatori precum populația, numărul de salariați,

gradul de motorizare și nivelul dezvoltării economice. Acești coeficienți ar putea fi utilizați în special pentru proiectele în cadrul cărora nu este elaborat un model de transport detaliat, oferind o alternativă mai apropiată de realitatea teritorială decât aplicarea uniformă a unor valori medii naționale.

Relațiile de regresie propuse nu înlocuiesc modelele de transport și nici prognozele bazate pe măsurători detaliate ale traficului. Ele pot constitui însă un instrument simplu pentru verificarea plauzibilității prognozelor, pentru realizarea unor estimări preliminare și pentru identificarea județelor în care evoluția parcului auto și a cererii de mobilitate poate fi diferită de tendința medie națională.

În concluzie, prognoza traficului rutier trebuie să țină seama atât de categoria drumului, cât și de particularitățile teritoriului deservit. Corelarea coeficienților de evoluție cu dinamica demografică, ocuparea forței de muncă, dezvoltarea economică și nivelul de motorizare poate contribui la fundamentarea mai realistă a investițiilor, la dimensionarea corespunzătoare a infrastructurii și la prioritizarea proiectelor în funcție de necesitățile reale de mobilitate.