

Working paper _9_ DESPRE CONVERGENȚA SOCIO-ECONOMICĂ ÎN UE. METODOLOGIA DE CERCETARE ȘI PREZENTAREA REZULTATELOR.

Cum pregătim corect metodologia de cercetare și cum prezentăm rezultatele obținute într-un articol științific? Voi exemplifica în contextul subiectului convergenței socio-economice a statelor membre UE

Vom testa ipoteza de dependență H1: “Rata medie anuală de convergență reală între statele membre ale Uniunii Europene este influențată de nivelul de dezvoltare, structura economiei, capitalul uman și investițiile în cercetare-dezvoltare”.

► METODOLOGIE

Definirea modelului și variabilelor supuse analizei:

Iată formula ecuației de regresie multiplă:

$$\text{ConvRate}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{GDP/capita}_i + \beta_2 \text{Productivity}_i + \beta_3 \text{HighTechImports}_i + \beta_4 \text{R\&D}_i + \beta_5 \text{TertiaryEducation}_i + \beta_6 \text{MedianIncome}_i + \beta_7 \text{Consumption}_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Unde:

- Variabila dependentă este *Rata Medie Anuală de Convergență (ConvRate)*, iar
- Variabilele independente (predictorii), luate ca medie ale intervalului studiat, sunt: GDP/capita la PPC, Labor_productivity, High-tech imports, R&D %GDP, minimum short-cycle tertiary education, median income, and final consumption expenditure of households.
- Regression coefficients: β_0 = Intercept (constant), $\beta_1 \div \beta_7$ = Regression coefficients.
- ε = Residual error.

Tabel 1. Variabilele independente selectate în analiză

Variabilă independentă	Ce măsoară?	Relevanța:	Sursa datelor:
1. GDP per capita in PPS, \$ (GDP_per_capita)	Valoarea totală a bunurilor și serviciilor produse într-o țară, împărțită la populație, ajustată la costul vieții (PPP).	Variabilă cheie pentru a testa dacă statele cu un nivel inițial de dezvoltare mai scăzut „recuperează” față de media UE.	World Bank https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD?end=2021&start=1990&year

Variabilă independentă	Ce măsoară?	Relevanța:	Sursa datelor:
2. Labor productivity, \$/hour (labor_productivity)	Valoarea adăugată brută (VAB) per oră lucrată	Reflectă eficiența utilizării capitalului uman în economie, având legătură directă cu teoriile creșterii economice care susțin convergența	Indicator compus de autori după date WB și Eurostat
3. High-tech imports in total imports, %, partners – all countries of the World (high_tech_imports)	Pondere importurilor de produse tehnologice avansate în totalul importurilor	Importurile de tehnologie înaltă favorizează difuzarea tehnologică și creșterea productivității în economii mai puțin avansate	Prelucrare autori după Eurostat https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/htec_trd_group4/default/table?lang=en https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tet00002/default/table?lang=en&category=t_ext_go_lti.t_ext_go_lti_int
4. R&D expenses, %GDP, all sectors (R&D_GDP)	Cheltuielile totale (publice + private) pentru cercetare și dezvoltare ca proporție din PIB	Investițiile în cercetare-dezvoltare sprijină creșterea economică sustenabilă și convergența prin inovare autohtonă	Eurostat https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/tipsst10_custom_16160430
5. Educational attainment, at least completed short-cycle tertiary, population 25+, total, % (Tertiary_education)	Procentul persoanelor cu vârsta +25 ani care au finalizat cel puțin învățământul terțiar de ciclu scurt	O forță de muncă bine educată este esențială pentru adoptarea și utilizarea eficientă a tehnologiei și pentru adaptabilitate structurală	World Bank https://data.worldbank.org/indicator/SE.TER.CUAT.ST.ZS?end=2023&start=2005&view=chart&year
6. Median equivalised net income, annual, \$ (Median_income)	Venitul peste care se situează 50% din populație – măsură de centru a distribuției veniturilor	Un nivel mai ridicat al venitului median poate reflecta o economie mai echilibrată și sustenabilă. Captează mai fidel bunăstarea efectivă a populației adăugând dimensiunea socială a convergenței	Eurostat https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ilc_di03/default/table?lang=en

Variabilă independentă	Ce măsoară?	Relevanța:	Sursa datelor:
7. Final consumption expenditure of households, %GDP (Consumption_GDP)	Cheltuielile totale de consum ale gospodăriilor ca procent din PIB	Indică orientarea resurselor economice: consum <i>versus</i> investiții/productivitate	Eurostat https://ec.europa.eu/eurostat/data/browser/view/nama_10_fcs_cus_tom_16227500/default/table?lang=en

Fiecare variabilă este inclusă în model pentru a capta dimensiuni esențiale ale procesului de convergență reală: de la baza dezvoltării economice (PIB per capita), la mecanismele prin care aceasta se realizează (productivitate, inovație, educație) și mergând până la forma în care aceasta se manifestă (venit, consum).

Relevanța predictorilor constă în faptul că aceștia oferă o explicație economică plauzibilă și sunt măsurabili empiric, fiind aliniați cu teoriile creșterii și convergenței economice.

Numărul de observații inițiale: 28 (27 state membre + media UE 27)

Detalii metodologie. Metode și tehnici utilizate:

a. *Pregătirea datelor*

Colectarea datelor. Perioada analizată: 2007-2022. **Sursa datelor:** Eurostat, World Bank.

Curățarea datelor: Am exclus din analiza statistică rândul "EU 27" care conține valori medii ale UE și nu reprezintă o observație independentă.

Structurarea și pregătirea variabilelor: Rata medie anuală de convergență (*ConvRate*), plus cei șapte predictorii din Table 1.

Pentru abordarea analizelor de corelație și regresie, vom calcula în prealabil: **variabila dependentă** constând din *Rata medie anuală de convergență* pentru fiecare stat membru în intervalul studiat (2007-2022) a cărei formulă o prezentăm mai jos, respectiv *predictorii*, calculați ca valori medii aritmetice simple ale variabilelor independente pentru fiecare țară și în aceeași perioadă de referință de 16 ani. După caz, exprimările valorice s-au efectuat în valuta USD (\$).

Formula aplicată pentru calcularea *Ratei Medii Anuale de Convergență (ConvRate)*:

$$\text{Rata medie anuală de convergență} = [(\text{RMC final} / \text{RMC inițial})^{(1/n)}] - 1 \quad (2)$$

Unde:

- RMCfinal = PIB per capita (PPS, \$) al țării / Media PIB per capita (PPS, \$) a UE la sfârșitul perioadei (2022)

- $RMC_{inițial} = \text{PIB per capita (PPS, \$) al țării} / \text{Media PIB per capita (PPS, \$) a UE la începutul perioadei (2007)}$
- $n = \text{numărul de ani din perioada studiată (în cazul nostru, 16)}$

Interpretarea valorilor obținute pentru rata medie anuală de convergență: o valoare negativă a indicatorului *rata medie anuală de convergență* indică divergență (țara se îndepărtează de media UE); o valoare pozitivă indică convergență (țara se apropie de media UE), iar valoarea numerică reprezintă ritmul mediu anual de convergență pozitivă sau divergență (convergență negativă), după caz.

b. Analiza factorială

Metodă: Statistica KMO și testul Bartlett de sfericitate

Se efectuează o analiză factorială pentru a evalua coerența internă a variabilelor selectate. În acest scop, folosim testul statistic Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). KMO ar trebui să fie cuprins între 0,5 și 1, indicând o eșantionare adecvată. În ceea ce privește testul Bartlett, aspectul important este rezultatul semnificației statistice ($p < 0,05$).

c. *Normalizarea datelor* - permite compararea directă a variabilelor măsurate pe scale diferite

Metodă: Standardizare Z-score (scăderea mediei și împărțirea la deviația standard)

Formulă: $Z = (X - \mu) / \sigma$,

unde: Z = valoarea standardizată, X = valoarea originală, μ = media variabilei, σ = deviația standard a variabilei

d. Analiza corelației bivariate

Metodă: Apelăm la coeficienții de corelație Pearson. Coeficienții de corelație Pearson au fost utilizați pentru a evalua puterea relațiilor dintre variabile (interval teoretic: 0 - 1, interval preferabil: 0,50 - 0,95). Semnificația statistică (valoarea p) ar trebui să fie în mod ideal sub 0,05, indicând o încredere de peste 95%.

e. Analiza de regresie multiplă

Metodă: Regresia liniară multiplă prin metoda celor mai mici pătrate (OLS).

Software utilizat: Modulul *statsmodels* din Python.

Implementare: Modelul include toate cele șapte variabile explicative (predictorii) și o constantă.

f. Analiza reziduurilor

Testul Jarque-Bera (JB) pentru normalitatea reziduală: Testul *Jarque-Bera* este unul dintre cele mai puternice teste statistice pentru verificarea normalității datelor. Alternativ, se poate face testul *Shapiro-Wilk (W)*, în special pentru nr. de observații puține ($N < 50$). Atât testele JB, cât și cele W au o putere statistică bună pentru a detecta abaterile de la normalitate. În esență, se verifică dacă

un eșantion provine dintr-o distribuție normală. Dacă $p > 0,05 \rightarrow$ Nu există dovezi suficiente pentru a respinge ipoteza normalității (noi spunem că datele sunt distribuite în mod normal).

Durbin-Watson (DW) Test for Residual Autocorrelation: Testul Durbin-Watson este un test statistic utilizat pentru a detecta autocorelarea erorilor într-un model de regresie liniară. Dacă $1,5 \leq DW \leq 2,5$, nu există o autocorelație semnificativă (adică autocorelarea nu este problematică); Dacă $DW \approx 2$, avem scenariul ideal.

Breusch-Pagan Test for heteroscedasticity/homoscedasticity: Pentru ca un model de regresie să fie valabil, reziduurile trebuie să prezinte homoscedasticitate, ceea ce înseamnă că variația lor trebuie să rămână constantă între valorile fixate, să fie împrăștiate aleatoriu atunci când sunt reprezentate și să nu aibă o relație sistematică cu valorile ajustate. Testul Breusch-Pagan detectează heteroscedasticitatea, care poate afecta estimările modelului. Cu alte cuvinte, BP testează dacă variația erorilor într-un model de regresie este constantă (homoscedasticitate) sau variază în funcție de valorile variabilelor explicative (heteroscedasticitate). Dacă valoarea p este mai mare de 0,05, heteroscedasticitatea este absentă, confirmând validitatea modelului.

g. *Analiza multicolarității.* Interpretarea numărului de condiție:

Număr de condiție = 1: Situația ideală, fără multicolaritate. Toate variabilele independente sunt complet necorelate.

Număr de condiție între 1-10: Multicolaritate slabă. Nu reprezintă o problemă serioasă pentru estimarea modelului.

Număr de condiție între 10-30: Multicolaritate moderată. Începe să afecteze precizia estimărilor coeficienților, dar modelul poate fi încă utilizabil.

Dacă *condition_number* > 30 avem Multicolaritate severă și trebuie intervenit. Pentru a aborda problema multicolarității și a obține rezultate mai solide, am aplicat în analiza noastră următoarele soluții: calcularea Factorului de Inflație Varianță (VIF) și, atunci când este necesar, implementarea metodelor de regularizare (Ridge, Lasso, sau Elastic Net, ca și combinație a primelor două). În general, un VIF sub 10 (de preferință sub 5) nu indică probleme severe de multicolaritate.

h. *Testarea semnificației statistice.* Testarea semnificației statistice reprezintă un element fundamental în analiza datelor, permițându-ne să determinăm dacă rezultatele observate se datorează unei relații reale sau sunt mai degrabă rezultatul întâmplării.

Testul t este folosit pentru a compara mediile a două grupuri. **Testul t pentru coeficienți individuali:** $H_0: \beta_i = 0$ (coeficientul nu e semnificativ diferit de zero); $H_1: \beta_i \neq 0$ (coeficientul e semnificativ diferit de zero); Nivel de semnificație acceptat: de regulă < 0.05 .

Testul *F* este utilizat pentru a compara varianțele a două sau mai multe grupuri. Cele mai comune aplicații sunt:

- ANOVA (Analiza Varianței) - compară mediile a trei sau mai multe grupuri, fiind o extensie a testului *t*.
- Testul *F* pentru varianțe - compară varianțele a două grupuri

Formula de bază pentru testul *F* este: $F = \text{varianța mai mare} / \text{varianța mai mică}$

În cazul ANOVA, formula devine: $F = \text{variația între grupuri} / \text{variația în interiorul grupurilor}$

Interpretare **analiza ANOVA pentru modelul global (testul F)**: H_0 : Toți $\beta_i = 0$ (modelul nu e semnificativ); H_1 : Cel puțin un $\beta_i \neq 0$ (modelul e semnificativ); Nivel de semnificație < 0.05

i. *Analiza calității modelului*

R²: Coeficientul de determinare - proporția din varianța variabilei dependente explicată de model

R² ajustat: R² corectat pentru numărul de predictori

Eroarea standard reziduală: Măsura dispersiei reziduurilor

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Corelații bivariate cu rata de convergență:

Tabel 2. Correlation outputs

Correlation	Conv Rate	GDP_per_capita	labor_productivity	high_tech_imports	R&D_GDP	tertiary_education	median_income	consumption_GDP
ConvRate / Pearson Correlation	1.000	-0.756	-0.710	0.197	-0.467	-0.109	-0.722	0.586
Statistical Significance, p-value	0.000	< 0.001	< 0.001	0.3244	0.0144	0.5869	< 0.001	0.0014
N	27	27	27	27	27	27	27	27

Observații importante:

Corelații negative puternice (variabile asociate cu o rată de convergență mai mică):

- Rata de convergență (ConvRate) are corelații negative puternice cu PIB per capita (-0.756), productivitatea muncii (-0.710), cheltuielile de cercetare-dezvoltare (-0.467) și venitul median (-0.722)

Corelații pozitive moderate (variabile asociate cu o rată de convergență mai mare):

- Consumul gospodăriilor ca % din PIB: 0.586

Această analiză bivariată sugerează că țările cu economii mai puțin dezvoltate (PIB per capita mai scăzut, productivitate mai mică) tind să aibă rate de convergență mai mari, ceea ce este în conformitate cu teoria convergenței economice.

Discuții:

1) Corelația negativă între rata de convergență (ConvRate) și productivitatea muncii poate fi explicată prin teoria convergenței economice și caracteristicile fundamentale ale procesului de recuperare a decalajelor dintre economii.

Această corelație negativă reflectă faptul că țările cu productivitate mai scăzută a muncii (țările mai puțin dezvoltate) tind să aibă rate de convergență pozitive mai mari, în timp ce economiile cu productivitate ridicată tind să aibă rate de convergență negative sau aproape de zero.

Analizând datele, constatăm următoarele:

Țări cu productivitate scăzută și rate de convergență pozitive mari:

- Polonia: 14.30 \$/oră și ConvRate de 2.694
- România: 11.19 \$/oră și ConvRate de 2.125
- Bulgaria: 8.28 \$/oră și ConvRate de 1.798

Țări cu productivitate ridicată și rate de convergență negative:

- Luxemburg: 126.76 \$/oră și ConvRate de -1.084
- Finlanda: 52.16 \$/oră și ConvRate de -0.867
- Franța: 46.49 \$/oră și ConvRate de -0.52

Motivele acestei corelații negative includ:

- **Potențialul de creștere diferențiat** - economiile cu productivitate scăzută au mai mult spațiu pentru îmbunătățiri rapide prin adoptarea de tehnologii și practici deja existente.
- **Transferul de cunoștințe și tehnologie** - economia globală și în special cadrul UE facilitează transferul de know-how și tehnologie de la economiile avansate către cele în curs de dezvoltare.
- **Costul forței de muncă** - țările cu productivitate mai redusă au adesea costuri mai mici cu forța de muncă, ceea ce le-ar putea face potențial atractive pentru investiții străine directe, fapt care ar accelera convergența. Afirmatia deși logică, este pe undeva contrazisă de realitatea practică, în fapt statele dezvoltate atrăgând mai multe investiții decât restul.
- **Efectul de bază** - creșterile procentuale sunt mai ușor de obținut pornind de la o bază mai mică.

Această corelație negativă este consistentă cu modelele de creștere economică și confirmă empiric prezența efectului de convergență în economia UE.

2) Corelația negativă dintre rata de convergență (ConvRate) și cheltuielile pentru cercetare și dezvoltare (R&D) poate fi explicată prin mai multe mecanisme economice:

- **Nivelurile diferite de dezvoltare economică** - Țările cu cheltuieli R&D ridicate sunt în general economii mature, avansate (Germania, Finlanda, Suedia, Austria cu valori de 2.86-3.33% din PIB). Acestea au deja sisteme economice sofisticate și creștere moderată, având astfel rate de convergență mai mici sau negative. În contrast, economiile emergente din UE (România, Bulgaria, Cipru cu valori de 0.47-0.54% din PIB) au rate de convergență pozitive mari.
- **Caracteristicile diferite ale creșterii economice** - Economii avansate cresc mai mult prin inovație (necesitând investiții R&D substanțiale), în timp ce economiile emergente cresc predominant prin adoptarea și adaptarea tehnologiilor existente, un proces care necesită mai puține cheltuieli R&D proprii.
- **Profiluri de specializare economică** - Economii în convergență rapidă sunt adesea specializate în sectoare care necesită mai puține investiții în R&D (manufacturare de complexitate medie, servicii standard, agricultură), în timp ce economii mature sunt concentrate pe industrii high-tech și servicii intensive în cunoaștere.
- **Cicluri de dezvoltare economică** - Investițiile substanțiale în R&D tind să apară în etapele mai avansate ale dezvoltării economice, după ce convergența inițială rapidă s-a încheiat.

Din datele prezentate, se observă că țările cu cheltuieli R&D reduse (sub 1% din PIB) precum România (0.47%), Bulgaria (0.68%) și Malta (0.60%) au rate de convergență înalte (2.125%, 1.798% și 2.216% respectiv). În schimb, liderii în R&D precum Finlanda (3.17%), Suedia (3.33%) și Austria (2.95%) prezintă rate de convergență negative (-0.867%, -0.255% și -0.379%). Această relație inversă reflectă stadii diferite de dezvoltare și ilustrează procesul natural de convergență economică în Uniunea Europeană.

3) Corelația negativă dintre rata de convergență (ConvRate) și venitul median echivalent net poate fi explicată prin mai mulți factori economici structurali:

Dinamica procesului de convergență - Țările cu venituri mediane mai scăzute au un potențial mai mare de creștere rapidă, înregistrând astfel rate de convergență pozitive mai mari. Datele confirmă acest pattern:

- România (\$3,423.22 venit median) are o rată de convergență de 2.125%
- Bulgaria (\$4,146.27 venit median) are o rată de convergență de 1.798%
- Polonia (\$7,168.21 venit median) are o rată de convergență de 2.694%

În contrast, țările cu venituri mediane ridicate înregistrează rate de convergență negative:

- Luxemburg (\$43,065.30 venit median) are o rată de convergență de -1.084%
- Danemarca (\$34,750.05 venit median) are o rată de convergență de -0.255%
- Finlanda (\$28,580.86 venit median) are o rată de convergență de -0.867%

Saturația creșterii în economiile dezvoltate - Economiiile cu venituri mediane ridicate tind să fie mai aproape de frontiera lor de productivitate potențială, având astfel rate de creștere mai mici și implicit rate de convergență mai reduse sau chiar negative.

Avantajul întârzierii ("late-comer advantage") - Țările cu venituri mediane mai scăzute pot adopta tehnologii și practici deja testate în economiile avansate, realizând astfel salturi de productivitate și creșteri economice mai rapide.

Efectul bazei de referință - Creșterile procentuale sunt mai ușor de obținut pornind de la o bază mai mică, ceea ce explică parțial de ce țările cu venituri mediane mai mici pot avea rate de convergență mai mari.

Fluxuri de capital și investiții străine directe (ISD) - Datorită costurilor mai reduse și potențialului de creștere, economiile cu venituri mai mici ar trebui teoretic să atragă mai multe investiții străine directe raportate la mărimea economiei, putând contribui astfel la îmbunătățirea ratei de convergență. De reținut faptul că în practica curentă, conform datelor statistice, ISD sunt net superioare în economiile puternice față de economiile emergente.

Această corelație negativă este consistentă cu teoria economică a convergenței și confirmă empiric faptul că procesul de 'catching-up' funcționează în cadrul Uniunii Europene, reducând treptat disparitățile de venit între statele membre.

4) Deși nevalidată prin semnificația statistică, corelația negativă dintre rata de convergență (ConvRate) și nivelul educației (minim studii superioare), este un subiect interesant și ar putea fi explicată astfel:

Decalaj temporal între educație și impact economic: Investițiile în educație terțiară au nevoie de timp pentru a se materializa în creștere economică. Este posibil ca statele care investesc acum în educație să nu vadă încă efectele complete ale acestor investiții în ratele lor de convergență.

Calitatea vs. cantitatea educației terțiare: Indicatorul pentru educația terțiară măsoară probabil proporția populației cu studii superioare, dar nu captează diferențele de calitate a educației sau relevanța acesteia pentru piața muncii.

Emigrația persoanelor înalt calificate ("brain drain"): Statele membre mai puțin dezvoltate, cu rate de convergență mai ridicate (conform datelor statistice), pot experimenta o emigrație semnificativă a absolvenților de studii superioare. Pe de altă parte, acest fenomen al emigrației poate face ca investițiile în educație terțiară să nu se traducă în beneficii economice pentru țara de origine.

Prezentăm rezultatele regresiei multiple:

OLS Regression Results						
=====						
Dep. Variable:	ConvRate	R-squared:	0.750			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.649			
Method:	Least Squares	F-statistic:	8.134			
Date:		Prob (F-statistic):	0.000147			
Time:		Log-Likelihood:	-9.7841			
No. Observations:	27	AIC:	35.57			
Df Residuals:	19	BIC:	46.36			
Df Model:	7					
Covariance Type:	nonrobust					
=====						
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]

const	0.0000	0.100	0.000	1.000	-0.209	0.209
GDP_per_capita	-0.7833	0.301	-2.601	0.018	-1.413	-0.154
labor_productivity	-0.2100	0.385	-0.545	0.592	-1.013	0.593
high_tech_imports	0.4599	0.202	2.281	0.035	0.038	0.882
RD_GDP	-0.1795	0.211	-0.851	0.406	-0.620	0.261
tertiary_education	0.0504	0.135	0.373	0.713	-0.232	0.333
median_income	0.4016	0.272	1.476	0.157	-0.167	0.970
consumption_GDP	0.2943	0.134	2.193	0.042	0.013	0.576

Omnibus:	0.019	Durbin-Watson:	1.976			
Prob(Omnibus):	0.991	Jarque-Bera (JB):	0.026			
Skew:	-0.044	Prob(JB):	0.987			
Kurtosis:	2.891	Cond. No.	5.87			
=====						

Figura 1. OLS Regression Results (Z-scale)

Comentarii.

Semnificația statistică a predictorilor ($p < 0.05$):

- PIB per capita ($p = 0.018$): influență negativă semnificativă
- Consumul gospodăriilor ca % din PIB ($p = 0.042$): influență pozitivă semnificativă
- Ponderea importurilor high-tech ($p = 0.035$) - influență pozitivă semnificativă

Interpretare detaliată a semnificației statistice

Doar trei predictorii sunt semnificativi statistic la nivelul $p < 0.05$:

- **PIB per capita**, cu coeficient negativ (-0.7833)

Interpretare: Cu cât PIB-ul per capita este mai mare, cu atât rata de convergență tinde să fie mai mică.

- **Importurile high-tech**, cu coeficient pozitiv (0.4599)

Interpretare: Cu cât ponderea importurilor high-tech este mai mare, cu atât rata de convergență tinde să fie mai mare.

- **Consumul gospodăriilor ca % din PIB**, cu coeficient pozitiv (0.2943)

Interpretare: Cu cât ponderea consumului gospodăriilor în PIB este mai mare, cu atât rata de convergență tinde să fie mai mare.

Ceilați predictorii nu au atins pragul de semnificație statistică ($p < 0.05$), ceea ce înseamnă că, în contextul acestui model, nu putem confirma că toți predictorii au efect asupra ratei de convergență. Pe de altă parte, este important de menționat că modelele cu un număr de observații relativ mic (27 de țări în acest caz) ar putea să nu detecteze efecte mai mici ca mărime din cauza puterii statistice limitate.

Aceste rezultate individuale sugerează că procesul de convergență economică este influențat în special de PIB-ul per capita inițial (confirmând teoria clasică a convergenței), dar și de factori structurali precum importurile de tehnologie avansată și modelul de consum.

Să vedem în continuare rezultatele modelului în ansamblu.

Rezultatele complete ale regresiei.

Statistici generale ale modelului:

- **$R^2 = 0.750$** , indicând că 75% din variația ratei de convergență este explicată de model.
- R^2 ajustat: 0.649 (65% din variația ratei de convergență este explicată de model).
- Numărul de condiție din regresia furnizată este 5.87, ceea ce indică o multicolaritate redusă.

Nu sunt necesare măsuri speciale pentru regularizare.

Analiza reziduurilor: *Statistica JB*: 0.026, Valoarea p : $0.987 > 0.05$ (reziduurile au o distribuție aproximativ normală); *DB test*: $1.976 \approx 2$, it indicates no autocorrelation of errors; *Breusch-Pagan Test*: Valoarea LM a testului: ≈ 7.7 , p -value = $0.36 > 0.05 \rightarrow$ there is no evidence of heteroscedasticity, which supports the validity of the model

- Numărul de condiție 5.87 este mic și nu necesită intervenții.

Analiza ANOVA pentru modelul complet.

Analiza ANOVA (Analysis of Variance) examinează cum variația totală a datelor este împărțită între componenta explicată de model și variația reziduală (neexplicată).

Tabel 3. Rezultate ANOVA pentru model (regresie multiplă)

	Suma pătratelor	Grade de libertate	Media pătratelor	F	p-value
Regresie	20.48	7.0	2.93	8.13	0.000147
Residual	6.84	19.0	0.36	-	-
Total	27.32	26			

Interpretare:

- F-statistic: 8.13, p-value = 0.000147 < 0.001. Modelul în ansamblu este puternic semnificativ statistic, ceea ce înseamnă că variabilele explicative luate împreună au o influență semnificativă asupra ratei de convergență.

Tabel 4. Analiza ANOVA pentru fiecare predictor individual (regresie simplă)

Variabilă	Suma pătratelor model	Suma pătratelor reziduale	F	p-value	R ²
GDP_per_capita	11.11	16.21	20.84	0.0001	0.407
labor_productivity	10.81	16.51	20.02	0.0001	0.396
high_tech_imports	0.65	26.67	0.62	0.4391	0.024
R&D_GDP	9.61	17.71	16.10	0.0004	0.352
tertiary_education	1.65	25.67	1.61	0.2156	0.060
median_income	10.68	16.64	19.68	0.0002	0.391
consumption_GDP	2.16	25.16	2.15	0.1551	0.079

Interpretare:

- Cei mai puternici predictorii individuali, în ordinea puterii explicative (R²), sunt:
PIB per capita (R² = 0.407, p < 0.001) - explică 40.7% din variația ratei de convergență
Productivitatea muncii (R² = 0.396, p < 0.001) - explică 39.6% din variație
Venitul median (R² = 0.391, p < 0.0001) - explică 39.1% din variație
Cheltuielile pentru cercetare și dezvoltare (R² = 0.352, p < 0.001) - explică 35,2% din variație
Restul variabilelor sunt ne semnificative la nivel individual (p > 0.05)

În continuare, **prezentăm în contextul regresiei, o reprezentare grafică sugestivă a Variabilei dependente (axa OX) în raport cu mixul predictorilor (axa OY – Predicted Values)**, după scalarea valorilor indicatorilor (Z-scale) pentru o mai bună comparabilitate.

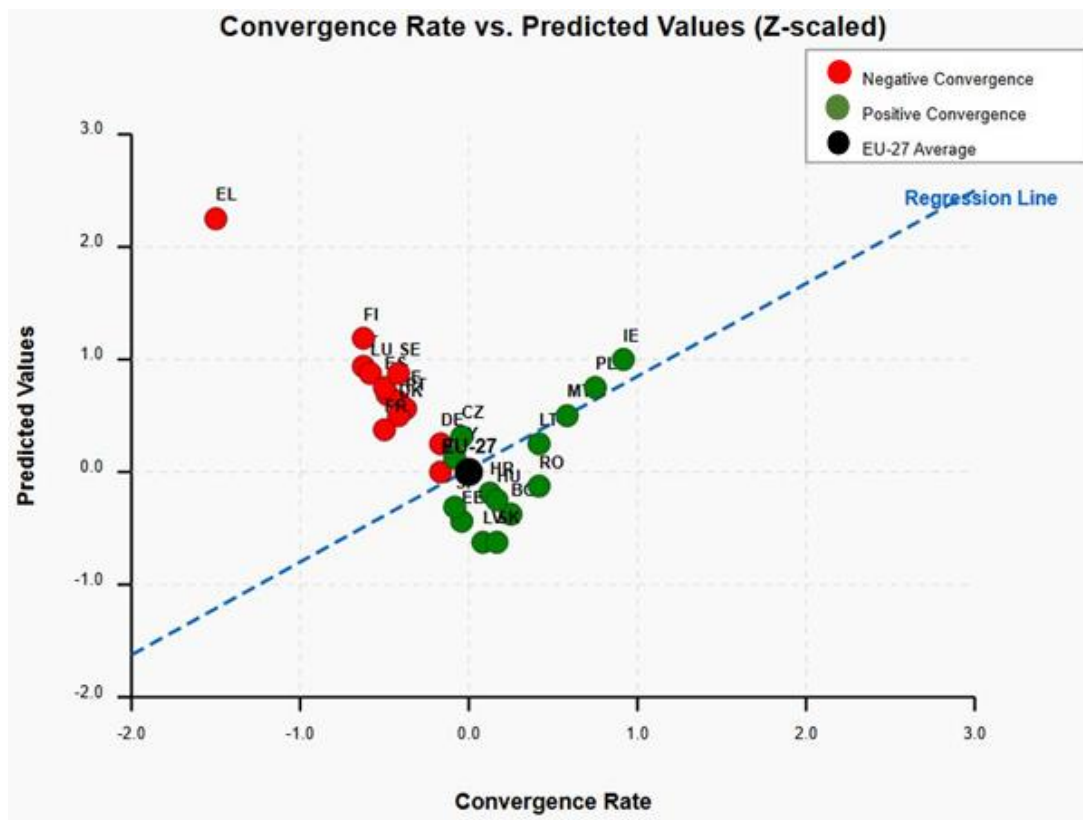


Figura 2. Z-scale Convergence Rate vs. Predictors

Se observă că statele intrate în ultimele valuri în UE prezintă un grad de conergență mai ridicat.

Rezultatele testului KMO:

Table 5. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test

N	Variable	Kaiser-Meyer-Olkin Value
1	GDP_per_capita	0.752
2	labor_productivity	0.668
3	high_tech_imports	0.641
4	R&D_GDP	0.814
5	tertiary_education	0.731
6	median_income	0.751
7	consumption_GDP	0.752
	General	0.708

Interpretarea valorii KMO general: Valoarea KMO depășește pragul de 70%, considerat "bun" pentru analiză.

Rezultate test Bartlett: Chi-pătrat: 127.483, p-value: 0.0000000039, adecvat (< 0.05).

Prin rezultatele obținute AVEM VALIDAREA EMPIRICĂ A IPOTEZEI DE LUCRU!

Drd. Cristian – Romeo SPĂȚARU, SDEAA-UAIC, Domeniul Economie

DRAGI COLEGI, SPER SĂ VĂ FIE DE FOLOS!