

**ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN BUCUREȘTI**  
**Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică**

**Lucrare științifică**

**IMPACTUL PERFORMANȚEI ACADEMICE A POPULAȚIEI  
ASUPRA PIB-ULUI**

Conducător științific:  
Prof. Univ. Dr. Stelian STANCU

Student:  
Alexandra-Elena DRĂGHICESCU

București  
2023

## I. ABSTRACT

PIB-ul este un indicator macro-economic care, prin definiție, cuprinde valoarea (în unități monetare) a tuturor serviciilor și mărfurilor produse și tranzacționate la nivelul unei țări, într-o anumită perioadă, de obicei, de-a lungul unui an. Acest indicator este foarte important pentru a arăta dinamica economică într-o anumită regiune, respectiv țară, în funcție de mai mulți factori reprezentativi.

Consider că o importanță aparte în determinarea dinamicii economice, prin prisma PIB-ului unei țări, o pot avea și următoarele variabile: nivelul performanței academice a populației, rata de ocupare pe piața muncii și consumul final.

În consecință, se poate afirma existența unei corelații, respectiv a unei relații de cauzalitate, între nivelul performanței academice a populației și dinamica creșterii economice, respectiv valoarea PIB-ului țării.

Ca un caz particular, putem analiza situația acestor indicatorii la nivelul României.

## II. INTRODUCERE

De-a lungul timpului, diferite studii care să arate această dependență a PIB-ului față de rezultatele academice ale populației au fost efectuate. Un model reprezentativ este și lucrarea *International Data on Educational Attainment Updates and Implications* realizată de Robert J. Barro și Jong-Wha Lee (cea mai recentă actualizare a avut loc la Septembrie 2021), prin care, cei doi cercetători au dorit să arate cum performanța academică a capitalului uman, adică a populației, are un impact asupra evoluției creșterii și dezvoltării economice unei țări.

Aceștia consideră că, odată cu un nivel de educație ridicat, indivizii pot dobândi calificări și experiență în diferitele domenii de activitate de pe piața muncii și astfel vor contribui la creșterea productivității muncii, influențând dinamica economică într-un mod pozitiv.

În studiul lor, cei doi cercetători au considerat frecvența populației în mediul școlar-academic ca fiind un rezultat de interes. Astfel, de-a lungul anilor, pentru populația în vârstă de 15-64 ani (considerată populația activă), au colectat numărul de persoane înscrise într-un anumit ciclu de învățământ, într-un an de bază, și rata de absolvire a respectivului ciclu, pentru aceleași persoane, la o distanță egală, în ani, cu durata ciclului de studii respectiv. În acest fel, rezultatele obținute le-au permis să facă comparații, la nivelul unei țări, pentru diferitele niveluri de educație ale populației.

Inițial, la prima publicare, în 1993, setul de date cuprindea rezultate pentru perioada 1950-1985, pentru 129 de state ale lumii, distribuite pe sex și ciclu de învățământ, cu o frecvență de apariție de 5 ani. În prezent, acest set de date a fost actualizat până la nivelul din 2015 și cuprinde informații despre numărul mediu de ani de școală pentru 146 de state ale diferitelor zone ale lumii, distribuite în aceleași condiții, cu o frecvență de apariție de 5 ani.

Această analiză permite comparații între diferitele state ale lumii la nivelul PIB-ului și la nivelul performanței academice.

Cu alte cuvinte, cu cât populația unei țări are un nivel de educație ridicat, adică indivizii dedică mai mulți ani studiilor, cu atât șansele lor să ajungă pe piața muncii să ocupe un loc de muncă și să câștige un salariu direct proporțional cu efortul depus de-a lungul anilor de școală sunt mai mari. Astfel, rata ocupării forței de muncă va avea o dinamică pozitivă, iar în mod evident nivelul șomajului va avea o dinamică în scădere. În ansamblu, acest lucru sugerează o dinamică pozitivă la nivelul economiei unui stat, la modul general, și o calitate a vieții ridicată.

Mai mult, odată cu acest venit net superior minimului, consumatorii vor alege să-și satisfacă nevoile consumând bunuri de calitate superioară, care în consecință au un preț mai mare sau, dacă este cazul, vor achiziționa bunuri sau servicii suplimentare care nu sunt neapărat necesare. De exemplu pot opta pentru planificarea unor vacanțe de mai multe ori pe an, în diferite perioade, ci nu doar în zilele libere obișnuite. În acest fel, în mod evident, nivelul consumului final va crește, fapt ce va influența și dinamica PIB-ului țării într-o manieră pozitivă.

### III. DESCRIEREA DATELOR

Așa cum am anunțat în partea de ipoteză, vom considera, ca un caz particular, evoluția factorilor prezentați anterior (performanța academică, rata ocupării, consumul final, PIB-ul) în România.

Pentru această analiză la nivelul României, vom considera un model econometric între o variabilă dependentă, dinamica creșterii economice, reprezentată prin PIB măsurat la prețul pieței, și între nivelul academic al populației, compus din următoarele variabile independente: numărul mediu de ani de studiu ai populației raportat la nivel național, rata ocupării pieței muncii (calculată în procente) și, eventual, nivelul consumului final calculat în prețuri curente.

Datele colectate și disponibile sunt pentru perioada 2012-2021, ceea ce ne va permite o analiză la nivelul ultimului deceniu.

Vom considera numărul mediu de ani de școală („speranța medie academică”) la nivel național ca fiind suma dintre produsul ratei de școlarizare a populației la nivel național pe diferite cicluri de studii și durata medie a respectivelor cicluri de studii, măsurată în număr de ani (conform metodologiei ISCED 2011 și a normelor legislative privind Sistemul de Educație în România).

Această metodă de calcul este similară cu cea utilizată în analiza efectuată de cercetătorii J. Barro și Jong-Wha Lee (2001) în studiul lor precizat anterior.

Așa cum este prezentată formula de calcul, preluată de la UNESCO Institute of Statistics, în studiul de caz vom folosi următoarele notații:

$$\text{Speranța Medie Academică} = \sum_{\text{varsta}} \sum_{\text{ciclu}} \text{Prop\_pop\_abs}_{v.c.} * \text{Durata\_studii}_{v.c.}$$

unde:

**Speranța Medie Academică** = numărul mediu de ani de studiu la nivelul populației țării

**Prop\_pop\_abs** = procentul la nivel național de absolvenți ai diferitelor cicluri de studii

**Durata studii** = durata în ani a diferitelor cicluri de studii

(în conformitate cu clasificările internaționale ISCED și prevederile legale la nivel național)

La nivel național, nu există o astfel de statistică care să arate numărul mediu de ani de școală în rândul populației din România. Însă, după formula menționată anterior, aceste valori pot fi calculate cu ajutorul datelor statistice regăsite la nivel național, cât și european din bazele de date ale INSEE și EUROSTAT. De asemenea, vor fi luate în considerare diferitele perioade și denumiri de cicluri de studii conform clasificării internaționale ISCED.

Astfel, vom considera în analiză **rata de școlarizare** a populației României pe diferitele cicluri de învățământ și durata (în ani) a acestora. Aceste date pot fi accesibile pe EUROSTAT la adresa internă EDAT\_LFS\_9903.

Pentru diferitele niveluri/cicluri de învățământ am considerat următoarele perioade:

ISCED 0-2 – durată de 8 ani (întrucât în România, nivelul 0, adică învățământul preșcolar, nu este în totalitate obligatoriu, nu există o statistică a numărului de absolvenți ai acestui nivel, astfel vom considera perioada din școala primară și gimnaziu, însumând 8 ani)

ISCED 4-3 – durată de 4 ani (în această categorie, intră nivelul liceal/profesional sau cel postliceal)

ISCED 5-8 – durată medie de 8 ani (cuprinde toate tipurile de învățământ superior, de la licență, la doctorat) – în funcție de domeniul de studiu ales, aceste valori ajung la o durată medie de 8 ani.

Pentru o vizualizare mai facilă, vom redenumi cele 3 cicluri de studii specifice, astfel:

-studii minime = ISCED 0-2

-studii medii = ISCED 3-4

-studii superioare = ISCED 5-8

Implementând formula citată anterior, în Excel, ca mediu de calcul, am obținut următoarele rezultate, mai mult sau mai puțin aproape de cele reale, prezentate în Tabelul 1.

AN	CICLU	MINIM	MEDIU	SUPERIOR	SPERANTA	
	durata	8	4	8	(ani)	
2012	proportie	29,2	57,3	13,5		
	medie	2,336	6,876	2,7	11,912	ani
2013	proportie	28,9	57,3	13,8		
	medie	2,312	6,876	2,76	11,948	ani
2014	proportie	31,2	54,6	14,2		
	medie	2,496	6,552	2,84	11,888	ani
2015	proportie	29,4	55,6	15,0		
	medie	2,352	6,672	3	12,024	ani
2016	proportie	28,0	56,9	15,1		
	medie	2,24	6,828	3,02	12,088	ani
2017	proportie	27,0	57,7	15,3		
	medie	2,16	6,924	3,06	12,144	ani
2018	proportie	26,3	58,2	15,5		
	medie	2,104	6,984	3,1	12,188	ani
2019	proportie	25,1	58,9	16,0		
	medie	2,008	7,068	3,2	12,276	ani
2020	proportie	23,7	60,1	16,2		
	medie	1,896	7,212	3,24	12,348	ani
2021	proportie	21,6	62,1	16,4		
	medie	1,728	7,452	3,28	12,46	ani

Tabelul 1. – Speranța Medie Academică la nivelul României, în perioada 2012-2021

Exemplificare calcul pentru anul 2021:

Știind că, în 2021, 21,6% din populație a absolvit un nivel de studii minime, 62,1% studii medii, iar 16,4% studii superioare, iar perioadele medii pentru fiecare ciclu de studii sunt 8,4, respectiv 8 ani, se dorește calculul speranței academice medii la nivel național.

$$\text{Speranța Medie Academică}_{2021} = 0,216 * 8 + 0,621 * (8 + 4) + 0,164 * (8 + 4 + 8) \\ = 12,46 \text{ ani}$$

În medie, în anul 2021, populația țării avea cel puțin un nivel de studii medii, dedicând studiului 12,46 ani din viață.

La nivel național, în medie, pentru fiecare an din perioada 2012-2021, populația României are o performanță academică de aprox. 12 ani, ceea ce înseamnă că cei mai mulți dintre indivizi absolvă nivelul ISCED 3-4, respectiv au studii medii, liceale.

În ceea ce privește celelalte variabile independente, acestea pot fi direct preluate, din diferitele surse statistice, astfel:

- **populația ocupată** (ca număr de persoane) – din platforma TEMPO prin referința internă AMG1101

- rata ocupării forței de muncă (procente) - din platforma TEMPO prin referința internă AMG156A

- **PIB la prețul pieței** (în mil euro la prețul pieței) – din platforma EUROSTAT prin referința internă MET\_10R\_3GDP

- **consumul final** (în prețuri curente - mil euro - din platforma EUROSTAT prin referința internă TEC00009) (Conform sursei EUROSTAT, consumul final este caracterizat drept totalitatea cheltuielilor (investițiilor) indivizilor într-o perioadă (de-a lungul unui an), pentru a-și satisface nevoile)

Ca un factor suplimentar, am importat și **populația rezidentă** a României în perioada analizată, din baza de date TEMPO, secțiunea POP105A.

Cu toate aceste variabile și valorile lor am putut crea un set de date, exemplificat în Tabelul 2, care va fi de folos pentru a realiza calculele în analiza econometrică.

Tara	An	Ani_scoala	Pop_rez	Pop_ocupata	Rata_ocupare	PIB	Consum_final
Romania	2012	11,91	20095996	8605052	50,9	139319,8	90111,5
Romania	2013	11,95	20020074	8549132	50,7	142928,9	87723,4
Romania	2014	11,89	19953089	8613739	51,1	150522,4	91849,4
Romania	2015	12,02	19875542	8535386	50,8	160287,9	98393
Romania	2016	12,09	19760585	8448777	50,6	167494,3	103995,9
Romania	2017	12,14	19643949	8670556	52,2	186399	117064,7
Romania	2018	12,19	19533481	8688539	52,7	206071,9	130601,5
Romania	2019	12,28	19425873	8680325	53	224178,7	139603,4
Romania	2020	12,35	19354339	8521057	52,3	220486,7	134728,2
Romania	2021	12,46	19201662	7755487	48,2	241268,3	150575,1

Tabelul 2 - Set de date pentru perioada 2012-2021

#### IV. METODE DE CALCUL

Ca metodă de calcul utilizată în analiza modelului, va fi folosită regresia liniară.

Pentru început, vom lua în considerare existența unei legături directe între nivelul de educație al populației unei țări și dinamica PIB-ului. La nivel vizual, acest lucru se poate observa într-un sistem de coordonate xOy, unde variabila independentă x este reprezentată de numărul mediu de ani de școală, iar variabila dependentă, y, este dată de valoarea logaritmului natural al PIB-ului. Am ales  $\log(\text{PIB})$ , deoarece aceste valori vor fi mai reprezentative pentru a interpreta dinamica indicatorului la nivel exponențial.

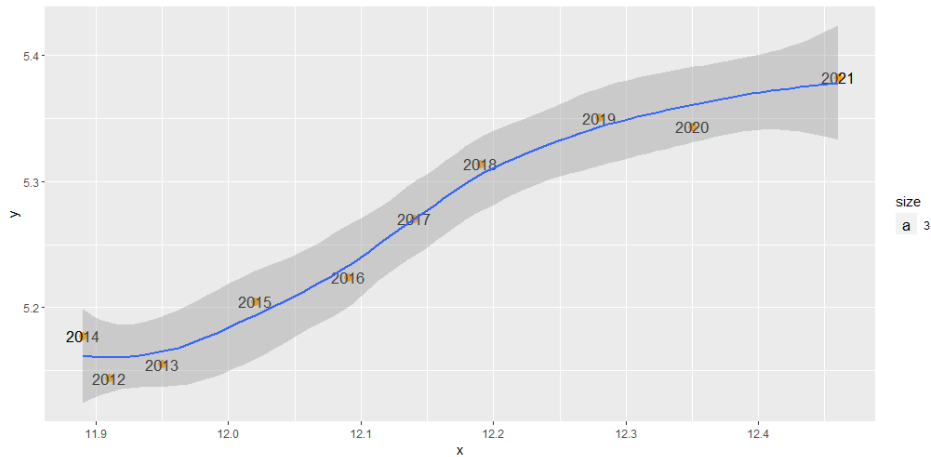


Figura 1 – Dependența PIB-ului față de rezultatele academice ale populației

Așa cum era de așteptat, se poate observa în Figura 1, la nivel vizual, existența unei legături între nivelul de educație al populației unei țări și dinamica PIB-ului.

În mod similar, vom considera o relație între nivelul de educație al populației și rata ocupării forței de muncă, într-un sistem de xOz, unde variabila dependentă z este reprezentată de rata ocupării pe piața muncii, variabilă măsurată în procente.

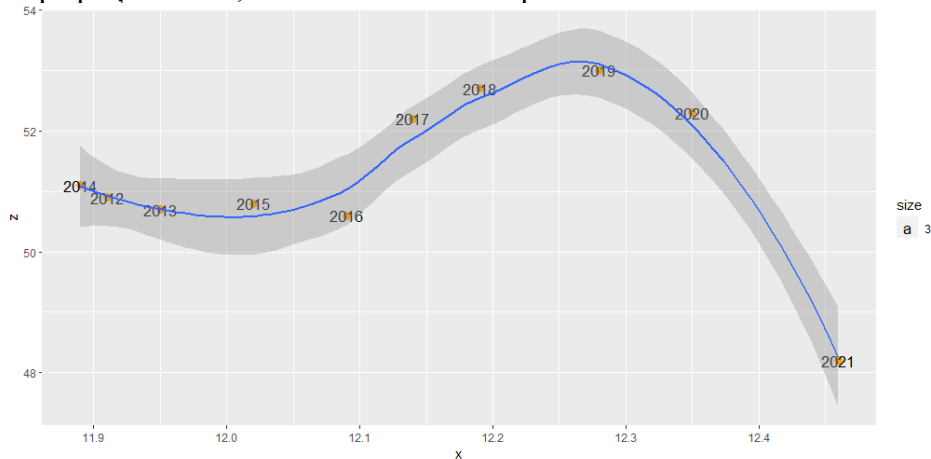


Figura 2 – Dependența ratei ocupării față de rezultatele academice ale populației

În Figura 2, se poate observa această legătură între nivelul academic al populației și rata ocupării forței de muncă - cu cât indivizii au un nivel de școlarizare mai înalt și dobândesc diferite specializări și calificări, aceștia au șanse mai mari de a intra în rândul populației active, pe piața muncii.

În mod evident, se poate observa tendința de descreștere bruscă a ratei ocupării, cu aproximativ 3%, în perioada 2020-2021, descreștere datorată restricțiilor și limitărilor de mișcare impuse în perioada de pandemie de COVID-19.

Pentru a testa și a verifica în ce măsură această relație este reprezentativă, vom considera ca metoda de calcul regresia liniară între variabila dependentă (PIB-ul) și variabilele independente enumerate anterior în lucrare.

Pentru început, vom considera o regresie liniară simplă, între valoarea PIB-ului și numărul mediu de ani de școală la nivel național, după următorul model:

$$PIB = \beta_0 + \beta_1 * ani\_scoala + \varepsilon$$

În mod similar ca în cazul regresiei simple, putem considera și modele de regresie multiplă, prin care dinamica variabilei dependente este explicată de existența mai multor factori independenți. Așa cum am precizat anterior, numărul de ani de școală, rata ocupării și consumul final pot avea o influență semnificativă asupra PIB-ului.

$$PIB = \beta_0 + \beta_1 * ani\_scoala + \beta_2 * rata\_ocupare + \varepsilon$$

$$PIB = \beta_0 + \beta_1 * ani\_scoala + \beta_2 * rata\_ocupare + \beta_3 * consum\_final + \varepsilon$$

variabila dependentă (explicată): PIB

variabile independente (explicative)  $\left\{ \begin{array}{l} ani\_scoala \\ rata\_ocupare \\ consum\_final \end{array} \right.$

unde:  $\beta_0$  = interceptul (valoarea de bază a variabilei dependente)

$\beta_i$  = panta de regresie a variabilei  $i$  (coeficientul variabilei independente care măsoară impactul asupra variabilei dependente PIB)

- arată cu câte unități se va modifica valoarea PIB-ului, dacă variabila  $i$  se modifică tot cu o unitate (poate crește sau scădea)

$\varepsilon$  = termenul rezidual (eroare) care explică influența unor factori externi supra modelului

$i=1,3$

În urma testării modelului, pe lângă coeficienții explicați anterior, o importanță aparte în validitatea modelului o au și următoarele variabile:

**$p$ -value** – variabilă ce măsoară probabilitatea ca procedura de testare să respingă ipoteza nulă a testului, atunci când aceasta este adevărată (în cazul de aici, dacă presupunerea că există o legătură între cele două variabile este adevărată)

**$R^2$  (Multiple & Adjusted  $R$  squared)** – variabilă care arată cât din varianța variabilei dependente este explicată de ecuația estimate prin variabila independent (explicativă)

Mai mult, pentru a preziona valorile PIB-ului în funcție de factorii independenți, o rețea neuronală artificială este de mare ajutor.

Pentru acest studiu de caz, vom considera 4 neuroni de intrare (numărul de ani\_scoala, rata\_ocupare, populatia\_rezidenta și consumul\_final) și un strat ascuns cu 4 neuroni care vor ajuta la predicția PIB-ului, ca variabilă dependentă, respectiv neuron de ieșire.

În cazul neuronilor de pe stratul ascuns și cel al neuronului de ieșire, odată cu rezultatul rețelei vor apărea și niște valori externe (bias) care pun în evidență și influența altor factori - bias-uri ce au o semnificație similară cu termenul  $\varepsilon$  de erori reziduale, din cazul regresiei liniare.

Orice rețea neuronală este caracterizată de trei elemente: modelul neuronului, arhitectura rețelei și algoritmul de antrenare folosit.

În mod generic, modelul unei rețele neuronale este următorul:

$$z = \langle w, u \rangle = \sum_{i=1}^m w_i * u_i \quad - \text{funcția de combinare}$$

$$y = f(\langle w, u \rangle) = f(w \cdot u) = f\left(\sum_{i=1}^m w_i * u_i\right) = f(z) \quad - \text{semnalul de ieșire}$$

$$\text{pe caz general : } y_k = f_k(w_{\cdot k} * u - \tau_k) = f_k(\sum_{i=1}^m w_{ik} * u_i - \tau_k)$$

unde:  $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)$  -vectorul intrărilor  
 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  – vectroul ieșirilor  
 $f(w \cdot u)$  = funcția de activare  
 $y_k$  = ieșirea la nivelul neuronului k  
 $w_{ik}$  = ponderea\ intrării i în neuronul de ieșire k  
 $w_{\cdot k}$  = vectorul tuturor intrărilor în neuronul de ieșire k  
 $\tau_k$  = pragul atașat neuronul de ieșire k

Ca și algoritm în studiul de caz, vom considera cel de propagare înapoi a erorii ("Back-Propagation"), iar  $i=4$  (numărul variabilelor independente) și  $k=1$  (unică variabilă dependentă).

## V. REZULTATE EMPIRICE

Pentru a obține rezultate numerice, am utilizat programul software R Studio, unde formulele matematice au fost scrise în limbajul specific mediului R.

În cazul regresiei liniare simple, în urma executării formulei am obținut următoarele rezultate, prezentate în Figura 3.

```
Call:
lm(formula = PIB ~ ani_scoala, data = educ_PIB_RO)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-9287   -4926   -3575    7990   11825

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2086735     180517  -11.56 2.85e-06 ***
ani_scoala    187222       14883   12.58 1.50e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 8621 on 8 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9519,    Adjusted R-squared:  0.9459
F-statistic: 158.3 on 1 and 8 DF,  p-value: 1.495e-06
```

Figura 3 – Rezultate regresie liniară simplă PIB~ani\_scoala

Exact cum am anticipat, rezultatele obținute sunt unele valide și semnificative din punct de vedere statistic- p-value tinde spre 0, iar valorile pentru Multiple și Adjusted R-squared sugerează că peste 94% din observațiile variabilei independente au influență pozitivă asupra output-ului. Din punct de vedere numeric, se poate observa că, în medie, PIB-ul României are o valoare negativă, în jurul a 2086735 mil. euro, însă cu fiecare an în plus de școlarizare a populației, PIB-ul crește cu 187222 mil. euro.

În realitate, însă, dinamica PIB-ului unei țări, prin prisma nivelului de educație, nu poate fi justificată doar prin influența unui singur factor, precum numărul de ani de studiu.

Consider că, o altă variabilă independentă care ajută la descrierea dinamicii PIB-ului este și rata ocupării în rândul populației active pe piața muncii (măsurată în procente).

În urma executării formulei specifice regresiei liniare multiple, am obținut următoarele rezultate prezentate în Figura 4.



```

Call:
lm(formula = PIB ~ ani_scoala + rata_ocupare, data = educ_PIB_RO)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-8674   -4933   -2066    5508   11973

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2269020    189804  -11.955 6.52e-06 ***
ani_scoala    188476     13208   14.269 1.97e-06 ***
rata_ocupare    3260       1827    1.785  0.117
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7640 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9669,    Adjusted R-squared:  0.9575
F-statistic: 102.3 on 2 and 7 DF,  p-value: 6.577e-06

```

Figura 4 – Rezultate regresie multiplă PIB~ani\_scoala+rata\_ocupare

În contextul educației populației, rata ocupării pe piața muncii nu are o semnificație aparte în descrierea dinamicii PIB-ului (conform secțiunii „Signif.codes”). Prima variabilă independentă este în continuare foarte importantă în descrierea modelului, acest lucru fiind subliniat prin valorile ridicate ale indicatorilor Multiple și Adjusted R-squared – peste 95% dintre observații regăsindu-se în descrierea variabilei dependente. Per ansamblu însă, variabila dependentă este mult mai bine explicată de cele două variabile. Chiar dacă nu are o semnificație statistică, rata ocupării are totuși un coeficient pozitiv – astfel, pentru fiecare procent (0.01) în plus la rata ocupării pe piața muncii, PIB-ul va crește cu 3260 mil. euro.

În mod similar, vom considera un nou model de regresie cu 3 variabile independente – numărul mediu de ani de școală, rata ocupării pe piața muncii și consumul final total (măsurat la prețuri curente, în mil. euro).

Rezultatele obținute în urma calculului noului model de regresie se pot observa în Figura 5.

```

Call:
lm(formula = PIB ~ ani_scoala + rata_ocupare + consum_final,
    data = educ_PIB_RO)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4726.7 -1624.3   257.2  1377.2  4874.1

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -4.493e+05  3.175e+05  -1.415  0.20676
ani_scoala    3.767e+04  2.607e+04    1.445  0.19866
rata_ocupare  5.574e+02  8.825e+02    0.632  0.55093
consum_final  1.291e+00  2.183e-01    5.915  0.00104 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3158 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9952,    Adjusted R-squared:  0.9927
F-statistic: 411.1 on 3 and 6 DF,  p-value: 2.478e-07

```

Figura 5 – Rezultate regresie multiplă PIB~ani\_scoala+rata\_ocupare+consum\_final

În mod surprinzător, în urma regresiei multiple cu cei 3 termeni independenți, doar consumul final este semnificativ din punct de vedere statistic, restul nefiind luați în considerare. Totuși, toți factorii au coeficient pozitiv (panta).

O explicație pentru acest rezultat ar putea fi următoarea: consumul final al populației nu este condiționat de nivelul performanței academice sau de proporția de ocupare a pieței muncii. Indiferent de statutul profesional sau de valoarea resurselor materiale (în unități monetare), necesitatea indivizilor de a-și satisface nevoile va fi întotdeauna prezentă și, în

consecință, aceștia participă, prin achiziția diferitelor bunuri sau servicii, la creșterea economică a țării, respectiv a PIB-ului.

Vizual, se poate observa în Figura 6, semnificația statistică a celor 3 variabile independente, din graficele următoare, unde sunt reprezentate pantele de regresie ( $\beta_i$ ).

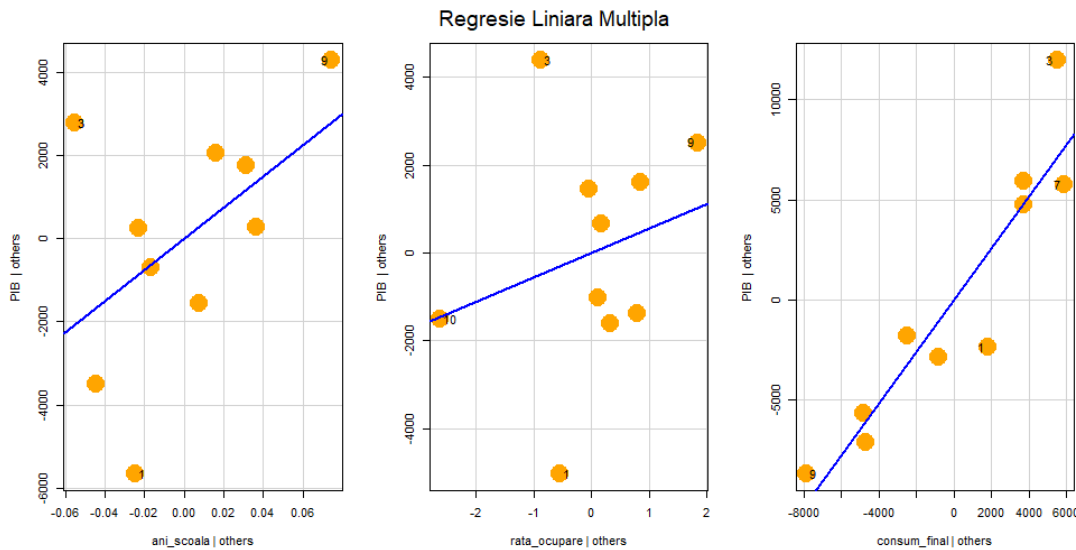


Figura 6 – Panta de regresie a variabilelor independente

Ca o metodă suplimentară, putem utiliza o Rețea Neuronală Artificială prin care se pot preziona valori ale variabilei dependente, pe baza valorilor variabilelor independente.

Pentru a ajunge la o predicție, setul de date trebuie împărțit în set de antrenare și de testare-75% dintre date vor fi în setul de antrenare (7 valori), iar restul de 25% vor fi în setul de testare (3 valori).

Prin intermediul pachetului neuralnet, în R Studio, putem realiza atât la nivel de calcule, cât și la nivel vizual rețeaua neuronală artificială. În studiul de caz, vom considera 4 variabile independente (ani\_scoala, rata\_ocupare, populatia\_rezidenta și consumul\_final) considerate drept input-uri și variabila dependentă, PIB-ul, drept output.

O posibilă soluție ar fi și cea din figura de mai sus, unde se pot observa cei 4 neuroni în stratul ascuns și bias-urile specifice, în culoarea albastru-sugerând că mai există și alți factori reprezentativi pentru dinamica PIB-ului, dar care nu au fost considerați în acest model.

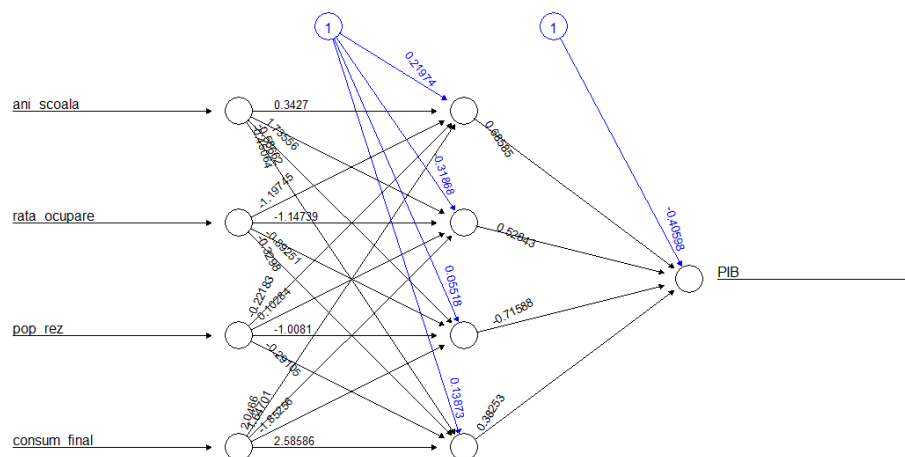


Figura 7 – Rețea neuronală artificială

Într-o manieră experimentală, prin intermediul celor 25% din valori, aflate în setul de testare, se pot prezice valori pentru variabila dependentă PIB, pe baza rețelei neuronale anterioare, prin comanda *compute(RNA\_PIB, testare\_retea)*.

unde: ***RNA\_PIB*** = rețeaua neuronală  
***testare\_retea*** = 25% valori din setul de date

În mod comparativ, rezultatele prezionate, sunt mai mult sau mai puțin apropiate de cele reale, conform valorilor din Figura 8.

	settestare.PIB	predictie
4	160287.9	162694.5
5	167494.3	176145.1
8	224178.7	216834.6

Figura 8 – Matrice rezultate reale versus rezultate prezionate

Deoarece numărul de observații este foarte mic, pentru perioada 2012-2021 înregistrându-se doar 10 valori, o astfel de comparație nu este foarte relevantă în termeni reali, ci mai degrabă poate fi considerată drept un model pur demonstrativ.

În viața reală, o prognoza a PIB-ului pe mai mult de o perioadă, luând în considerare doar 3 variabile nu poate fi una realistă. Pe parcurs, pot apărea factori externi sau situații extraordinare, a căror amploare nu poate fi anticipată cu exactitate. În ultimii ani, atât pandemia de COVID-19, cât și războiul de la graniță au adus un impact neașteptat dinamicii economice a țării, lăsând în urmă prezvisionările pentru valoarea PIB-ului la nivel național.

## VI. CONCLUZII

În urma analizei și calculelor efectuate, putem spune că există o relație de dependență între rezultatele academice ale populației (determinate de variabile precum numărul mediu de ani de școală la nivel național și rata ocupării) și dinamica PIB-ului unei țări. Însă, pentru o variabilă macro-economică de așa importanță, mai pot fi luați în considerare și alți factori externi, precum, valoarea investițiilor sau productivitatea muncii. Aceste rezultate, însă, au un caracter pur experimental și nu sunt recomandate a fi folosite drept date statistice oficiale.

La nivelul unei țări, pot apărea diferențe majore între ceea ce înseamnă educație și dinamica PIB-ului. Acestea pot fi datorate mai multor factori, precum ar fi mediul de proveniență (fie rural sau urban), accesul la informație, educație sau tehnologie, macro-regiunea de proveniență sau rezidență și eventual, oferta de locuri de muncă pe diferite domenii de activitate.

Astfel, un individ care provine din mediul urban al unei macroregiuni dezvoltate din punct de vedere al posibilității accesului la educație și al ofertei locurilor de muncă pe diferite ramuri de activitate, are șanse mai mari ca să performeze la nivel academic și profesional și să contribuie activ la dinamica PIB-ului țării, în comparație cu un alt individ provenind din mediul rural, care nu beneficiază de aceleași resurse și care ar alege, cel mai probabil, abandonul școlar și intrarea pe piața muncii "la negru", fără a contribui activ.

În concluzie, nu putem vorbi despre o legătură directă a performanței școlare asupra PIB-ului țării, însă luând în considerare și alți factori specifici și relevanți, la modul general, se poate considera că rezultatele academice ale populației unei țări influențează dinamica PIB-ului, respectiv a creșterii economice. Cu cât un popor are un nivel mai ridicat de școlarizare, cu atât rata ocupării pe piața muncii și productivitatea sunt în creștere, în consecință, și indicatorii macroeconomici ai țării urmează același trend ascendent.

## VII. BIBLIOGRAFIE

Agasisti T., Bertoletti A., 2022. Higher education and economic growth: A longitudinal study of European regions 2000–2017. *Socio-Economic Planning Sciences*, 81.

Agasisti T., Bertoletti A., Berbegal-Mirabent J., 2022. Higher education systems and regional economic development in Europe: A combined approach using econometric and machine learning methods. *Socio-Economic Planning Sciences*, 82A.

Barro R. J., Lee J.-W., 2001. International Data on Educational Attainment: Updates and Implications. *Oxford Economic Papers*, 53(3), pp. 541–563.

Benos N., Zotou S., 2014. Education and Economic Growth: A Meta-Regression Analysis. *World Development*, 64 , pp. 669-689

Dragoescu R. M., 2015. Education as a Determinant of the Economic Growth. The Case of Romania. *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 197, pp. 404-412.

INSSE România, 2023. *TEMPO Online-baze de date statistice*. Available at: <http://statistici.insse.ro:8077 / tempo-online /#/pages/tables/insse-table> [Accesat 1 Aprilie 2023].

EUROSTAT, 2023. *Data visualisations*. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data / data-visualisations> [Accesat 1 Aprilie 2023].

Stancu S., Constantin A.M., 2014. *Rețele neuronale artificiale : teorie si aplicatii*. Bucuresti : Ed. ASE.

Stancu S., 2020. *Data science în mediul R : teorie și aplicații*. București : Ed. ASE.

UNESCO Institute for Statistics, 2018. *Quick Guide to Education Indicators for SDG 4*. Available at: <https://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/quick-guide-education-indicators-sdg4-2018-en.pdf> [Accesat 1 Aprilie 2023].

UNESCO Institute for Statistics, 2013. *Uis methodology for estimation of Mean years of schooling*. Available at: [http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/uis-methodology-for-estimation-of-mean-years-of-schooling-2013-en\\_0.pdf](http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/uis-methodology-for-estimation-of-mean-years-of-schooling-2013-en_0.pdf) [Accessat 1 Aprilie 2023].

Wooldridge J. M., 2020. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. Michigan : Ed. Cengage Learning.