

# România în “Science & Engineering Indicators 2014”.

## I. Statistica Descriptivă a Indicatorilor și Ratelor.

### (Romania in “Science & Engineering Indicators 2014”.

#### I. Descriptive Statistics of Indicators and Rates.)

ALEXANDRU DAN CORLAN

*Spitalul Universitar de Urgență București*

---

Every two years, the National Science Foundation publishes a comprehensive statistical report on scientific research, innovation, science education and public perception of science, named “Science and Engineering Indicators” (SEI). SEI is, naturally, focused on characterising the USA, but for this purpose also includes international comparisons. Romania is mentioned in some of these comparisons, especially in the datasets attached to the SEI report.

We searched for the occurrence of ‘Romania’ in the text and data, extracted the indicators and statements we found and reprocessed some of the data annexes that also included statistics about our country.

Romanian pupils perform around or just below average in TIMSS mathematics and science tests in the fourth grade, but this performance degrades compared to world average in the eighth grade. About 13500 romanians study abroad. Yearly, an average of 120 romanians obtain a doctorate in the USA, particularly in mathematics and physics. 4764 obtain their doctorate in Romania yearly, which per capita is comparable with other EU countries. However, the number of doctorate diplomas per nominal GDP is much higher than the EU range. The number of academic articles per doctorate awarded is much lower in Romania (0.34) than in most developed countries. The overall number of research articles has increased in Romania with 5.8% per year until 2011, an average rate among emerging countries. This increase took place exclusively between 2006 and 2011. Only between 1 and 6 triadic patents were obtained from Romania, yearly, during the last 15 years. In 2010, per million inhabitants, romanians received 0.16 triadic patents, compared to a world average of 7.32. Also, Romania has the highest ratio of articles per triadic patent (515) among the countries considered in SEI (3–471; world average 15.88).

Article output from Romania is mostly in physics, chemistry and mathematics, where, per capita and per GDP, it is higher than world average. Biomedical and social science contributions are much lower than world average, but experience high growth rates. Physics and chemistry growth is lower than world average, but mathematics and computer science, besides being well represented, also grow faster than world average.

“Knowledge and Technology Intensive” branches of the economy have a much lower contribution to the GDP of Romania than in the whole European Union—about half. However, in nominal terms, between 1997 and 2012, computer programming services increased over 17 times, bussiness and health services over 10 times, education services 9 times and telecommunications 6.70 times, while nominal GDP increased only 4.88 times. High technology manufacturing grew 1.96 times over the same interval, barely above inflation (that was 43%) and well below GDP growth.

Thus, mathematics, computer science and the corresponding computer programming services and telecommunications appear as a strong, growing and promising fields of both research and economy. The contrasting low overall performance of secondary school pupils in mathematics, if not suitably addressed, might influence future growth of this sector.

Health, business and education services, as well as biomedical and social sciences research are emerging fields, starting from a low base, but growing relatively fast.

All manufacturing, as well as physics, chemistry and engineering, are established fields but they are characterised by slow growth. International (triadic) patents are very rare. The high technology manufacturing sectors make the lowest contribution to the GDP and their growth is very slow compared to GDP growth.

*Keywords:* Bibliometric Indicators, Triadic Patents, PhD students, Romania, Romanians in the USA, Knowledge Intensive Services, High Technology Manufacturing, Growth Rates

---

La fiecare doi ani, Fundația Națională pentru Știință din Statele Unite ale Americii publică un raport exhaustiv privind starea sistemului de cercetare și dezvoltare din SUA și comparații ale SUA cu alte state. Ultima ediție a raportului, numit “Science and Engineering Indicators” (prescurtat mai jos “SEI”) este din 2014 [1]. Raportul cuprinde capitole despre:

1. învățământul științific preuniversitar și universitar;
2. resurse umane pentru cercetare;
3. sursele de finanțare și cheltuieli de diverse tipuri;
4. structura și rezultatele cercetării în mediul academic;
5. structura și rezultatele cercetării din mediul industrial;
6. impactul cercetării asupra indicatorilor economici și asupra resurselor umane din economie;
7. percepția generală asupra științei, nivelul general de pregătire științifică;
8. analize la nivel de stat (al SUA).

Raportul se bazează pe o vastă colecție de date statistice, care sunt publicate integral, ca anexe. Datorită timpului necesar colectării și prelucrării acestor date, rezultatele descriu situația de până în 2012, însă multe categorii de indicatori sunt urmăriți pe parcursul ultimilor 20–50 de ani.

Comparațiile internaționale din textul raportului se axează, firește, pe locul și rolul Statelor Unite în lume. România este menționată, în scop comparativ, în câteva locuri, apare în unele grafice, tabele și date din anexe.

Pentru această lucrare, am căutat sistematic termenul “Romania” în textul raportului și în anexe. Am notat toate aceste apariții, în context. Am construit, apoi, din anexele care cuprindeau și datele pentru România, o serie de grafice și tabele comparative, cu indicatorii folosiți în SEI și indicatori pe care i-am derivat (calculat) din aceștia pentru a evidenția situația și evoluțiile țării noastre în raport cu alte țări.

Am prezentat o parte a acestor rezultate la masa rotundă a grupului de lucru G3A, din 26 martie 2015 [2]. Unele informații privitoare la rezultatele cercetării biomedicale sunt în curs de publicare și în lucrarea [3].

## 1 Notații și metode

Indicăm mai jos sursa datelor din anexe, pentru concizie, în formatul ‘ATc-i’, sau ‘anexa c-i’, unde ‘c’ este numărul capitolului și ‘i’ este numărul fisierului de date. De exemplu, AT01-06 este anexa de date 6 de la capitolul 1 și se găsește la adresa de web <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/content/chapter-1/at01-06.pdf> sau, în format Excel, la <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/content/chapter-1/at01-06.xls> adresele de web ale celorlalte anexe fiind construite analog.

Figurile și tabelele din textul raportului, care, de obicei, sintetizează unele din anexele de date, sunt descrise mai jos prin formula “figura C-F” unde “C” este numărul capitolului și “F” numărul figurii din acel capitol (de exemplu: figura 2-35); “tabelul C-F” pentru tabelele din raport; “pagina 5-26” pentru pagina 26 din capitolul 5 din raportul SEI. Acolo unde cităm tabele din Anuarul Statistic al României, folosim formularea “tabelul 13.7” (cu punct). Tabelele și figurile din prezentul articol sunt referite prin câte un singur număr.

Articolele din raportul SEI sunt numărate doar în baza de date “Science Citation Index” (SCI), folosind metoda fracționară, care asociază unei țări o fracțiune dintr-un articol, proporțională cu numărul relativ de autori provenind din acea țară (pag. 5-36). De exemplu, dacă un articol cu cinci autori este realizat în colaborare, trei autori fiind cu afiliație din România și doi cu afiliație din Franța, se numără 0.6 (adică 3/5) articole pentru România și 0.4 pentru Franța. SCI este secțiunea cea mai restrictivă a listei de reviste “ISI” care conține revistele tradiționale, prestigioase, a căror calitate este strict controlată. Din aceste motive, numărul de articole poate părea mai mic decât în alte statistici care folosesc “Science Citation Index Expanded” sau alte colecții.

Brevetele sunt numărate după o procedură similară, bazată pe adresa inventatorilor.

Am determinat ratele de creștere ale indicatorilor extensivi din fiecare țară (cum ar fi: număr de articole, număr de brevete, valoarea adăugată într-o ramură industrială) prin regresie liniară având ca variabilă independentă timpul (anul) și ca variabilă dependentă valoarea anuală a indicatorului, rata fiind exprimată în procente din media valorilor anuale pe intervalul considerat. Am ales această metodă datorită fluctuațiilor

Tabelul 1: Scorurile TIMSS medii in unele țări, la matematică și științe

domeniu clasa	matematică [AT01-06]		științe [AT01-07]	
	a IV-a	a VIII-a	a IV-a	a VIII-a
maximum	606 (Singapore)	613 (Coreea de S)	587 (Coreea de S)	590 (Singapore)
maximum UE	562 (Irlanda de N)	514 (Finlanda)	570 (Finlanda)	552 (Finlanda)
SUA	541	509	544	525
medie mondială	500	500	500	500
minimum UE (fara RO)	481 (Polonia)	484 (Suedia)	505 (Polonia, Spania)	501 (Italia)
România	482	458	505	465
minimum	359 (Tunisia)	331 (Ghana)	347 (Kuwait)	306 (Ghana)

foarte mari, de la an la an, întâlnite la unii indicatori.

## 2 Învățământul preuniversitar

Singura secțiune în care este menționată România privind învățământul preuniversitar este situația scorurilor TIMSS pentru elevii de clasa a IV-a și a VIII-a în anul 2011, la matematică și la științele naturii.

Scorurile TIMSS sunt raportate la media mondială, care este luată a fi 500. În țările care au scoruri medii peste 500, media performanțelor elevilor este peste media mondială.

Anexele nu contin decat datele pentru cca 50 de țări, dintre care doar câteva europene, România fiind probabil menționată deoarece este printre ultimele din UE. Se observă (tabelul 1) că elevii din România sunt sub, dar în apropierea mediei mondiale la matematică, și chiar puțin peste medie la științe, în clasa a IV-a, dar scad mult sub media mondială până în clasa a VIII-a.

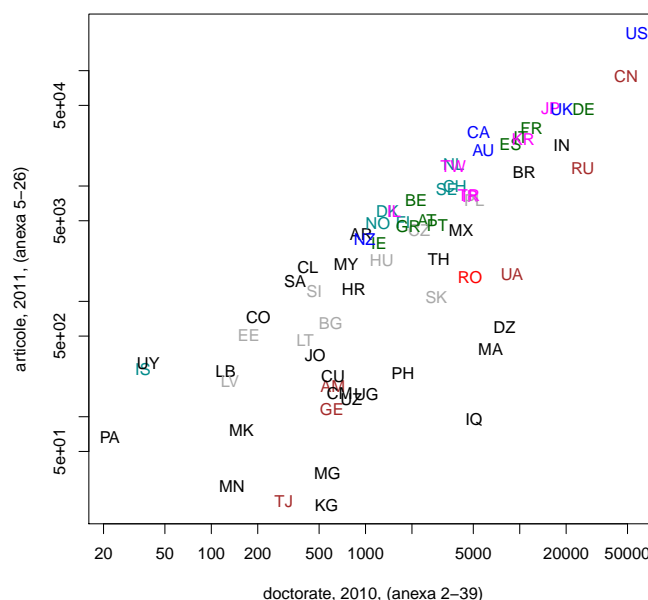
Altfel spus, pe măsură ce înainteză în activitatea școlară, decalajul între elevii români și cei din străinătate (în general) se adâncește.

## 3 Invățământul superior

În România s-au acordat în 2010 un număr de 299.000 de diplome de licență. În străinătate au fost plecați la studii 13500 de studenți români (figura 2-35).

România a acordat în 2010 un număr de 4764 de titluri de doctor (conform anexei 2-36), din care 2490 la bărbați și 2274 la femei (anexa 2-40). Din punct de vedere al numărului de doctorate la un milion de locuitori (219 la 1 milion de locuitori, vezi tabelul 2), țara noastră este comparabilă cu țările occidentale, unde se finalizează între 150 și 500 de doctorate la un milion

Figura 1: Număr de doctorate acordate în 2010 față de numărul de articole SCI apărute în 2011, pe țări



de locuitori pe an (tabelul 2). Raportat la produsul intern brut (PIB) nominal (tabelul 3), numărul de doctorate la un miliard USD produs intern brut nominal este de câteva ori mai mare în România decât în alte țări UE.

Volumul activității științifice din mediul academic, în care se acordă doctoratele, poate fi estimat și prin numărul de articole științifice și ne-am aștepta să existe o anumită proporționalitate între numărul de articole și numărul de doctorate în fiecare an. Din România se publică cca 0.34 articole la o teză de doctorat (tabelul 4) care reprezintă cea mai mică

Tabelul 2: Numărul de doctorate (anexa 2-36) la 1 mil de locuitori acordate în anul 2010, pe țări

Slovacia	528	Estonia	139
Elvetia	471	Polonia	132
Suedia	346	Ungaria	128
Finlanda	332	Japonia	124
Germania	321	Georgia	122
Austria	304	Lituania	115
Marea Britanie	294	Islanda	113
Portugalia	270	Kirghistan	99
Australia	258	Bulgaria	86
Irlanda	252	Macedonia	75
Danemarca	249	Letonia	60
Slovenia	233	Iordania	59
Norvegia	233	Iran	59
Noua Zeelanda	224	Turcia	57
Olanda	221	Cuba	55
Romania	219	Brazilia	52
Corea de Sud	214	Mongolia	46
Cehia	209	Tailanda	44
Algeria	205	Tadjikistan	36
Belgia	203	China	36
Ucraina	201	Mexic	34
Armenia	200	Camerun	29
Maroc	196	Uganda	28
Israel	196	Uzbekistan	27
Croatia	187	Malaiezia	24
Spania	182	Chile	24
Franta	180	Madagascar	24
Rusia	180	Argentina	21
SUA	180	Liban	21
Grecia	175	Filipine	16
Italia	165	India	15
Taiwan	158	Arabia Saudita	12
Canada	155	Uruguay	11
Irak	155	Panama	6

valoare din UE. Aceasta cifră trebuie comparată cu 1 articol pentru fiecare diplomă de doctor în Bulgaria și cu 1.5–7 în țările occidentale.

În tabelul 5 este prezentat numărul de diplome de doctor acordate de universități din SUA unor cetățeni români (care nu sunt și cetățeni americani) care vizitează această țară pentru studii. Media acestui număr este de 120 pe an. Se remarcă numărul foarte mare de titluri în matematici și în științe fizice și numărul relativ mic de titluri în medicină și în științe agricole.

În cuvintele autorilor raportului: “A higher pro-

Tabelul 3: Numărul de doctorate (anexa 2-26) acordate în anul 2010, la 1 mld\$ PIB în 2011 (anexa 6-03), pe țări

Maroc	65.45	Noua Zeelanda	6.093
Ucraina	54.71	Turcia	6.036
Slovacia	29.98	Austria	5.967
Camerun	26.15	Spania	5.88
Romania	26.03	Elvetia	5.749
Iordania	16.28	Irlanda	5.529
Rusia	13.52	Italia	4.639
Portugalia	12.3	Olanda	4.458
Bulgaria	11.04	Brazilia	4.322
Cehia	10.31	Franta	4.303
Polonia	9.841	Danemarca	4.156
India	9.74	Belgia	4.128
Iran	9.557	Australia	3.912
Corea de Sud	9.455	SUA	3.808
Ungaria	9.173	Mexic	3.598
Tailanda	8.639	Canada	3.044
Taiwan	7.985	Japonia	2.691
Filipine	7.804	Malaiezia	2.595
Marea Britanie	7.716	Norvegia	2.453
Germania	7.233	Argentina	2.101
Finlanda	6.654	Chile	1.685
Grecia	6.524	Uruguay	0.8478
China	6.472	Panama	0.7097
Israel	6.287	Columbia	0.6012
Suedia	6.254	Arabia Saudita	0.5209

*portion of doctorate recipients from Russia, Romania, and Greece than from the United Kingdom, France, Italy, and Germany earned their doctorates in S&E [science and engineering]. Russian and Romanian doctorate recipients were more likely than those from Western European countries to earn their doctorates in mathematics and physical sciences, and Greeks were more likely to earn doctoral degrees in engineering (table 2-15)."*

Intențiile generale ale absolvenților de doctorat provenind din Europa sunt de a continua studiile (postdoc) sau de a se angaja în SUA în proporție de cca 70% (AT-3-22), ceilalți 30% intenționând să părăsească Statele Unite după terminarea studiilor. Aceasta înseamnă, pentru cei de origine română, cca 36 doctori pe an care nu ar intenționa să rămână în SUA. Dacă presupunem, în cea mai optimistă variantă posibilă, că toți aceștia s-ar întoarce în România și ar lucra în sistemul academic, atunci în cca 40 de

Tabelul 4: Raportul între numărul de articole SCI publicate în 2011 (anexa 2-39) și numărul de doctorate acordate în 2010 (anexa 5-36), pe țări

UY Uruguay	7.45	CN China	1.84
IS Islanda	7.18	HU Ungaria	1.8
CA Canada	5.38	TR Turcia	1.78
CL Chile	4.68	DE Germania	1.78
DK Danemarca	4.37	IR Iran	1.71
SA Arabia Saudita	4.27	PT Portugalia	1.58
NL Olanda	4.15	LV Letonia	1.54
AR Argentina	4.12	HR Croatia	1.54
TW Taiwan	4	PL Polonia	1.49
NO Norvegia	3.97	BR Brazilia	1.23
IL Israel	3.97	IN India	1.2
US SUA	3.7	LT Lituania	1.13
CO Columbia	3.6	BG Bulgaria	1.09
AU Australia	3.54	MX Mexic	1
BE Belgia	3.52	TH Tailanda	0.771
NZ Noua Zeelanda	3.52	JO Iordania	0.724
PA Panama	3.04	RU Rusia	0.552
JP Japonia	2.97	MK Macedonia	0.492
EE Estonia	2.94	SK Slovacia	0.382
SE Suedia	2.81	CU Cuba	0.363
MY Malaiezia	2.79	RO Romania	0.341
FI Finlanda	2.79	AM Armenia	0.301
SI Slovenia	2.67	CM Camerun	0.234
FR Franta	2.65	GE Georgia	0.194
CH Elvetia	2.64	UA Ucraina	0.194
ES Spania	2.63	MN Mongolia	0.182
IE Irlanda	2.61	UZ Uzbekistan	0.174
IT Italia	2.6	UG Uganda	0.156
UK Marea Britanie	2.46	PH Filipine	0.138
KR Coreea de Sud	2.43	DZ Algeria	0.0753
GR Grecia	2.4	TJ Tadjikistan	0.0624
AT Austria	2.04	MA Maroc	0.0595
LB Liban	2.02	MG Madagascar	0.0579
CZ Cehia	1.85	KG Kirghistan	0.0308

ani—cât putem presupune că durează cariera unui absolvent de doctorat—am avea în țară 1440 de cercetători cu studii doctorale în SUA, cu condiția ca toți să fie angajați în sistemul academic pe întreaga durată a carierei lor. În 2013, în România erau 27838 de cercetători [4, tabelul 13.7] și 27555 de universitari [4, tabelul 8.3]. Altfel spus absolvenții de doctorat din SUA, în eventualitatea în care toți cei care nu doresc să rămână în SUA ar reveni în țară, ar putea constitui cel mult 2.6% din personalul academic din România.

Tabelul 5: Doctorate acordate unor cetățeni români în SUA în perioada 1991–2011 (anexa 2-15)

domeniu	nr	domeniu	nr
inginerie	346	șt. agricole	23
șt. biologice	264	șt. calculatoarelor	263
șt. pământului	43	matematici	398
medicină	21	șt. fizice	554
psihologie	37	șt. sociale	195
		alte domenii	270
TOTAL=2414 (120/an)			

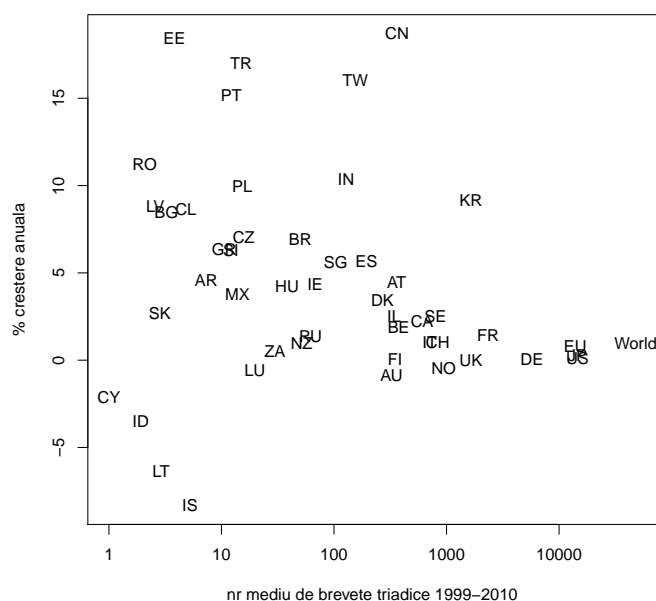


Figura 2: Numărul mediu de brevete triadice în perioada 1999–2010 și rata anuală simplă de creștere, ca procent din numărul mediu (determinată prin regresie liniară), pentru țările prezente în tabelul anexa 6-54

În consecință, dacă învățământul doctoral din țară nu reușește să asigure un flux suficient de personal, suficient de bine calificat, acesta nu va putea fi suplinit de universitățile din SUA, pentru simplul motiv că sunt prea puțini români care să urmeze acolo, cu succes, studiile doctorale.

Rămâne de văzut dacă celelalte țări, în primul rând țările UE, pot asigura o fracțiune semnificativă a personalului academic, raportul SEI neconținând date

Tabelul 6: Numărul de articole în 2011 (prin metoda fracționară, vezi metodologia), raportat la populație și la PIB nominal, față de media mondială și poziția României față de alte țări, pe domenii. Domeniile sunt sortate după poziția României la nr. de articole raportat la PIB.

domeniu	România			Global		România			Global	
	nr. art.	/mil	poz/n tari (%)	nr.art	/mil	max	/mld\$	poz/n tari (%)	/mld\$	max
total	1626.0	74.82	52/175 (29)	827705	120.0	1243.0	8.88	39/72 (54)	11.76	31.9
matematici	120.9	5.56	38/175 (21)	18023	2.6	32.6	0.66	4/72 (5)	0.25	1.4
chimie	483.4	22.25	42/175 (24)	115188	16.6	180.4	2.64	15/72 (20)	1.63	4.8
fizica	354.4	16.31	44/188 (23)	105232	15.2	155.3	1.93	18/74 (24)	1.49	5.2
informatica	32.1	1.47	40/175 (22)	9266	1.3	23.5	0.17	18/72 (25)	0.13	0.7
inginerie	283.1	13.03	48/175 (27)	88773	12.8	175.8	1.54	21/72 (29)	1.26	6.5
st.pamantului	66.5	3.06	64/175 (36)	46218	6.6	281.9	0.36	47/72 (65)	0.65	2.5
biologie	117.2	5.39	72/175 (41)	161652	23.4	268.1	0.64	55/72 (76)	2.29	6.0
medicina	122.4	5.63	66/188 (35)	180734	26.1	336.3	0.66	50/74 (67)	2.56	6.6
st.sociale	23.2	1.06	66/175 (37)	34275	4.9	81.2	0.12	50/72 (69)	0.48	1.8
st.agricole	12.2	0.56	72/175 (41)	19127	2.7	53.0	0.06	60/72 (83)	0.27	1.5
alte.st.vietii	1.1	0.05	90/175 (51)	10068	1.4	33.7	0.01	62/72 (86)	0.14	0.6

Tabelul 7: Ratele anuale de variație ale numărului de articole înregistrate de raportul SEI, din România în procente din media intervalului 1997–2011, comparativ cu alte țări și rata globală, sortate după percentila poziției României față de alte țări

domeniu	România		Global		
	%	poz/țări (%)	%	max	min
total	4.6	77/178 (43)	2.6	21	-25
st.sociale	18.0	19/170 (11)	4.4	34	-38
medicina	9.1	28/180 (15)	-0.7	32	-17
st.pamantului	9.6	38/173 (21)	3.6	26	-12
informatica	13.0	26/114 (22)	5.0	37	-32
biologie	6.4	47/175 (26)	0.9	30	-26
st.agricole	9.3	46/158 (29)	3.6	34	-38
matematici	7.4	48/138 (34)	3.9	37	-32
alt.st.vietii	17.0	54/152 (35)	6.2	37	-38
fizica	3.8	77/180 (42)	4	20	-27
inginerie	5.9	81/161 (50)	4.9	37	-38
chimie	2.3	92/153 (60)	3.4	37	-29

Articole SCI vs. brevete triadice

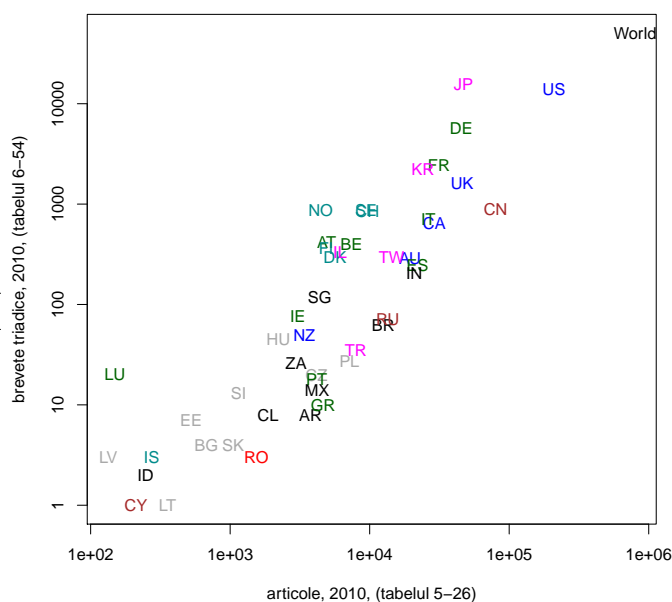


Figura 3: Articole vs brevete triadice, pe țări (AT5-26, AT6-54)

#### 4 Rezultatele cercetării

despre numărul de absolvenți români de doctorat din aceste țări.

Principalii indicatori de rezultat imediat al cercetării, utilizați în raport, sunt numărul de articole și numărul

Tabelul 8: Nr. articole la un brevet triadic în 2010, pe țări, în ordine

JP	2.99	NO	5.15	LU	7.47
DE	7.92	SE	10.69	KR	10.84
CH	11.23	AT	11.78	FR	12.73
FI	13.30	US	14.94	glob	15.88
IL	18.33	BE	18.34	DK	19.18
UK	28.81	SG	36.78	IT	36.85
IE	40.21	CA	44.38	LV	44.63
TW	48.08	HU	49.36	AU	66.84
NZ	69.41	EE	75.21	SI	88.57
CN	88.88	ES	89.88	IS	91.17
IN	100.88	ZA	114.30	ID	123.85
BG	168.75	RU	187.51	BR	198.88
CZ	208.18	CY	211.60	TR	227.14
PT	231.75	CL	233.40	SK	262.73
PL	265.08	MX	300.35	LT	356.30
GR	463.12	AR	470.95	RO	514.97

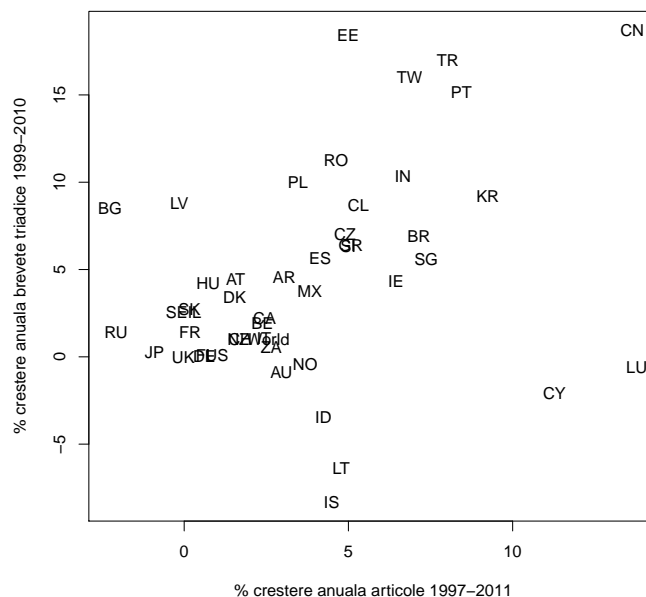


Figura 4: Ratele anuale de creștere a numărului de articole și, respectiv, brevete triadice, pe țări

rul de brevete triadice. Sunt luate în considerare doar articolele publicate în revistele din “Science Citation Index”, adică în cea mai selectivă secțiune a curentului principal (vezi metodologia, mai sus), însumând 827.705 de articole publicate din toată lumea în 2011, adică aproape 120 la un milion de locuitori.

Tabelul 6 cuprinde, pe domenii, pentru anul 2011, numărul de articole, nr. de articole la 1 milion de locuitori, poziția româniei la acest indicator (a câta, din câte țări, precum și în a câta percentilă se încadrează România), numărul de articole din întreaga lume, la 1 milion de locuitori și valoarea maximă a acestui raport întâlnită în vreo țară, apoi aceiași indicatori care au fost raportați la 1 milion de locuitori raportați la 1 miliard de dolari de produs intern brut nominal.

Observăm că, per capita, numărul de articole din România în matematici, chimie, fizică, informatică, inginerie, este peste media mondială—remarcăm că în matematică este dublul mediei mondiale—în vreme ce în științele pământului, științele vieții și științele sociale este sub, sau mult sub media mondială, chiar de 28 de ori sub media mondială în domeniul “alte științe ale vieții” (vezi mai jos). În medicină, biologie, științe sociale acest indicator este de 5 ori mai mic pentru România decât media mondială.

Raportat la produsul intern brut, în 2011 numărul de articole în matematici, din România, a fost al patrulea din lume, după Tunisia, Israel și Ungaria, România fiind urmată de Polonia, Portugalia, Cehia, Franța și Vietnam.

Am folosit produsul intern brut din anexa AT6-03, care conține date doar despre 74 de țări, însă datele privitoare la populație dintr-o altă sursă (Banca Mondială).

Conform tabelului 5-20, numărul articolelor de toate tipurile din România a crescut în medie cu 5.8% pe an, de la 927 în 2001 la 1626 (adică cca 86 la 1 milion de locuitori) în 2011 față de o medie anuală, globală de 2.8% pe an. Rate anuale de creștere mai mari au înregistrat Iran (23% pe an), China (15.6%), Malaysia (16%), Pakistan (16,3%), Tunisia (11%), Arabia Saudita (10%), Coreea de Sud (8.8%), India, Taiwan, Brazilia, Tucia, Portugalia, Singapore, Irlanda și alte țări. Această creștere, pentru România, se datorează exclusiv perioadei 2006–2011. Pană în 2005, când s-au publicat 887 de articole din România, acest indicator a stagnat.

Tabelul 7 cuprinde ratele anuale de creștere între

1997 și 2011, estimate cu un model liniar (vezi metodologia) și exprimate în procente din media intervalului. Întrucât pentru tabelul 5-20 autorii au folosit o metodă diferită, cifrele sunt puțin diferite. Se observă că numărul de articole în toate domeniile a crescut, iar această creștere a fost mai ridicată decât media mondială, cu excepția fizicii și chimiei. Domeniile cu cele mai mari creșteri sunt în general domeniile în care s-au publicat cele mai puține articole, unele (cum sunt "alte științe ale vieții") fiind afectate de fluctuații importante.

Numărul de brevete triadice se referă la brevetele înregistrate simultan în SUA, UE și Japonia, folosind o metodă similară de alocare pe țări, după afilierea inventatorilor. Brevetele triadice sunt considerate ca un indicator pentru brevetele susceptibile de a fi aplicate industrial pe piața globală. Brevetarea în toate cele trei regiuni este costisitoare și dificilă și nu va fi în general efectuată decât dacă este vorba de o invenție cu adevărat promițătoare comercial.

În întreaga lume s-au înregistrat în 2010 un număr de 50532 de brevete triadice (anexa 6-54), adică 7.32 la 1 milion de locuitori.

Numărul de brevete triadice din România a oscilat între 0 și 3, atingând, izolat, 6 în 2005 (anexa 6-54). În 2010 s-au înregistrat 3 brevete triadice din România, adică sub 0.16 la un milion de locuitori.

În figura 2 se poate observa relația între rata de creștere a numărului de brevete, exprimată procentual (față de media pe intervalul 1999–2010) și media numărului de brevete. Cu excepția a patru țări (Indonezia, Cipru, Lituania și Islanda), care au înregistrat scăderi, țările cu mai puține brevete au înregistrat creșteri mai mari în acești 12 ani. Însă, creșterile medii (susținute pe această perioadă) nu au depășit niciodată 20%, ca rată simplă (liniară) de creștere. Altfel spus, maximum de creștere observat a fost o triplare în decursul unei decade.

După cum se poate vedea în figura 3, numărul de brevete triadice dintr-o țară se găsește într-o relație de proporționalitate log-log cu numărul de articole din acea țară. Numărul de articole la un brevet triadic, pe plan mondial, este de 15.88, cu variație între 2.99 (Japonia) și 514.97 (România) (tabelul 8). Altfel spus, față de rata publicării de articole, rata brevetării (triadice) este mult mai scăzută în România decât în orice altă țară prezentă în această statistică.

În figura 4 sunt prezentate ratele anuale de creștere a numărului de brevete triadice și respectiv a numărului

de articole, pe țări. Se observă o corelație pozitivă a acestor rate, pentru țările la care numărul de brevete triadice crește. Coeficientul de corelație cu rata de creștere a numărului de articole este  $R=0.71$  pentru țările în care acesta crește și de 0.36 pentru toate țările. Cu alte cuvinte, mecanismele care duc la creșterea numărului de brevete triadice într-o țară duc și la creșterea numărului de articole, cei doi indicatori părând a descrie fațete ale aceluiași proces.

Figurile 5 și 6 prezintă dinamica în timp a reprezentării relative a domeniilor mari ale științei în câteva țări. Fiecare traseu este identificat prin codul țării la început și la sfârșit. Pe axa  $y$  este reprezentat procentul de articole din fiecare domeniu raportat la numărul total de articole din acea țară, în fiecare an. De exemplu, primul grafic din figura 5 linia mov (JP) reprezintă procentul de articole de medicină publicate din Japonia, față de toate articolele publicate din Japonia, în fiecare an, începând cu 1997 (când cca 22% din articolele cu autori din Japonia au fost de medicină) până în 2011 (cca 20%). Pentru a nu încărca graficele, am luat în considerare doar SUA, câteva state mai mari din vestul Europei, Bulgaria, Ungaria și Ucraina, Grecia, Rusia, China și Japonia.

Din punctul de vedere al proporției de articole, la medicină se observă o distincție netă între mai vechii membri ai UE și Statele Unite, pe de o parte, unde 15–35% dintre articolele care se publică în fiecare an sunt de medicină, și România, Bulgaria, China, și mai ales Ucraina și Rusia, pe de altă parte, unde sub 10% din articole sunt de medicină (în Ucraina și Rusia, chiar sub 5%). În România, această proporție a crescut după 2005, ajungând actualmente peste 5%. Chestiunea este discutată mai pe larg în [3].

În schimb, o proporție mult mai mare decât în alte state, și în creștere, de la 6 la 8%, provenind din România, sunt de matematică. De asemenea, o proporție tot mai mare de articole din România sunt în informatică. O situație similară—o proporție foarte mare de articole—s-a întâlnit și în chimie în anii '90, dar această situație s-a schimbat întrucâtva. România se mai caracterizează printr-o proporție neobișnuit de mică de articole în științele agricole, biologie și geostiințe, în general profilul pe domenii fiind similar celui din țările foste socialiste din estul Europei și din China, cu accent pe științele fizico-matematice și ingineresti și cu neglijarea domeniului biomedical, în contrast cu situația în țările dezvoltate.

O situație neobișnuită se poate observa în științele



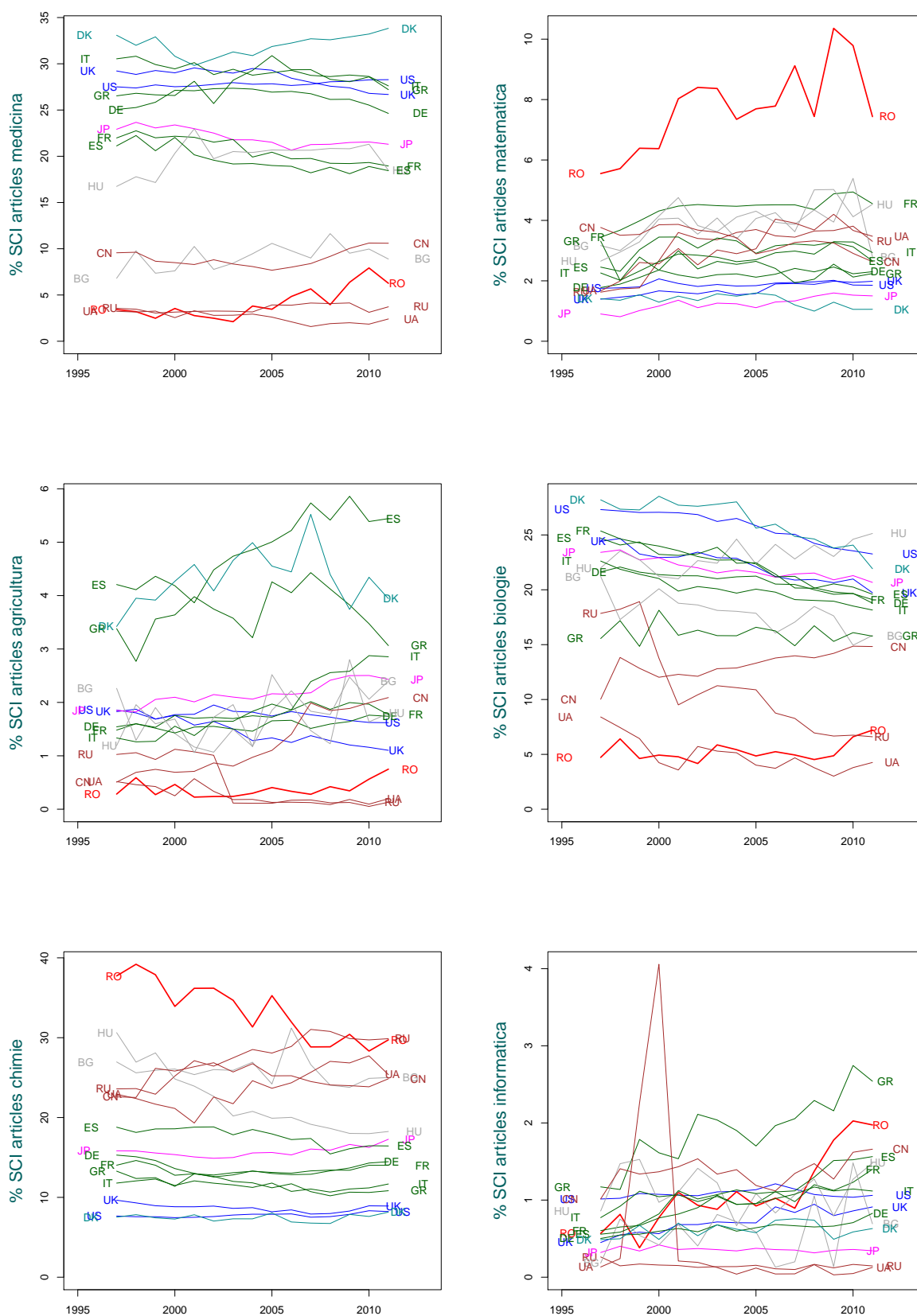


Figura 5: Variația în timp a proporției de articole provenind dintr-o țară, în fiecare domeniu (continuat pe pagina următoare)

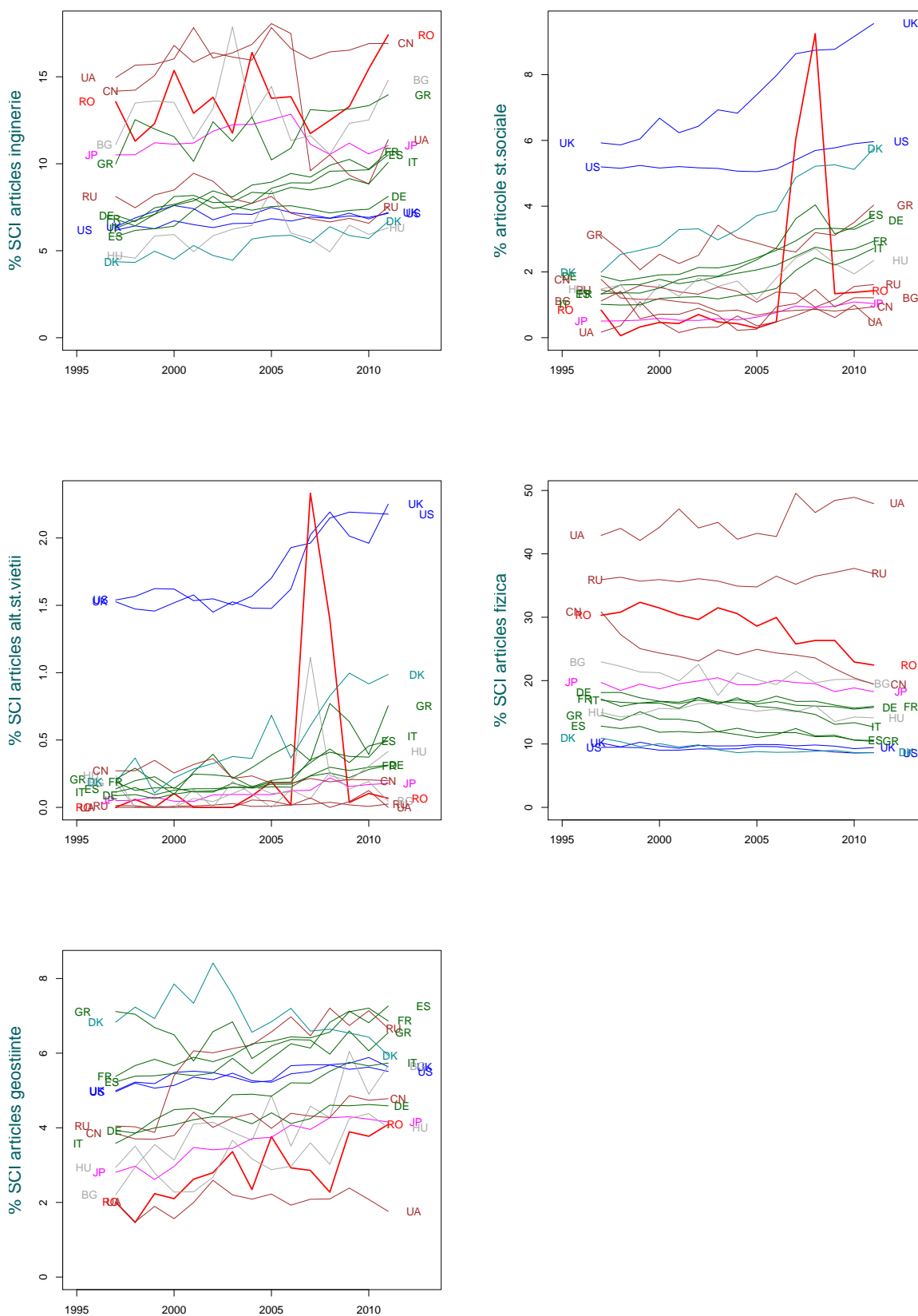


Figura 6: Variația în timp a proporției de articole provenind dintr-o țară, în fiecare domeniu (continuare)

Tabelul 9: Valoarea adăugată în diverse ramuri în România (AT6-2 ... AT6-16) în milioane de dolari în 1997 și 2012, creșterea nominală în această perioadă, nivelul UE în 2012 și proporția din valoarea adăugată în ramura respectiv în România față de UE în 2012 (coloana 3/coloana 5).

Domeniu	1997	2012	×	UE 2012	RO/UE (%)
<b>orice producție</b>	8 540	39 518	4.62	2 358 864	1.67
<b>ramuri KTI</b>	4 033	26 940	6.68	4 900 000	0.55
<b>servicii KI</b>	2 541	15 266	6.01	2 700 927	0.57
prog. calculatoarelor	132	2 344	17.75	291 130	0.80
sv afaceri	423	4 782	11.30	1 560 432	0.31
sv sănătate și sociale	474	5 096	10.75	1 142 404	0.44
sv educaționale	637	5 828	9.15	783 000	0.74
sv telecomunicații	1 043	6 990	6.70	288 953	2.40
sv financiare	1 075	3 494	3.25	851 541	0.41
<b>producție HT</b>	381	749	1.96	274 288	0.27
medicamente	109	342	3.09	96 172	0.35
semiconductori	61	45	0.74	27 257	0.17
aerospațiale	18	62	3.44	46 390	0.13
PIB (mld USD)	35 000	171 000	4.88	16 340 000	1.04

sociale și în “alte științe ale vieții” titulatura care include domeniile cum sunt: sănătatea publică (fundamentarea politicilor de sănătate), economia sanitară și îngrijirea pacienților (în engleză *nursing*). Prezența acestor domenii este mult mai proeminentă în SUA și Marea Britanie decât în toate celelalte țări, dar țările occidentale își schimbă lent structura sistemului științific printr-o expansiune relativă a acestor domenii. Această schimbare este mai rapidă în Danemarca.

În general, cele mai rapide schimbări susținute ale sistemului științific ating cel mult o dublare a proporției unui domeniu în decurs de 10 ani (creșterea ponderii științelor economico-sociale în Danemarca în ultimii 15 ani, de exemplu), sau o reducere la jumătate în aceeași perioadă. Acest fapt este plauzibil legat de ratele pe care le observăm și la numărul total de articole sau brevete ale unei țări (figura 4).

Se observă unele salturi tranzitorii, pentru care nu avem o explicație. Acestea durează mai mult de un an, deci nu sunt simple erori de înregistrare. De exemplu, în 2007 și 2008 din România s-au publicat câte 75 și respectiv 129 de articole în științe economico-sociale. Anterior, se publicau în jur de 5 pe an, dar ulterior acestei date se publică în jur de 20 pe an. Același fenomen se observă la “alte științe ale vieții”. Un fenomen analog, similar, simultan, dar de mai mică anvergură, se observă în Ungaria pentru “alte științe ale vieții”;

de asemenea, în Ucraina, în 1999 și 2000 se publică 53 și respectiv 92 de articole în informatică, pentru ca apoi să revină la o rată sub 5 pe an.

## 5 Impactul asupra economiei

Anexele cu date de la 6-2 la 6-16 conțin dinamica, pe ani, a unor ramuri economice asupra cărora cercetarea are un impact relevant, fiecare fiind caracterizată prin valoarea adăugată (diferența între vânzări și costurile materiale) pe țări și pe an. Acestea sunt clasificate astfel:

1. ramuri economice bazate pe cunoaștere intensivă și tehnologie înaltă (knowledge and technology intensive [KTI] industries)
  - (a) servicii bazate pe cunoaștere intensivă (KI services)
    - i. servicii de sănătate și asistență socială
    - ii. servicii educaționale
    - iii. servicii de telecomunicații
    - iv. programarea calculatoarelor
  - (b) activități de producție de înaltă tehnologie (HT manufacturing)
    - i. semiconductori

Tabelul 10: Ratele de creștere anuală, în procente față de media anilor 1997–2012, a domeniilor economice cuprinse în SEI (AT6-2 ... AT6-16), poziția României, rata globală de creștere a fiecărei ramuri și rata maximă și respectiv minimă din orice altă țară.

domeniu	România		Global		
	%	poz (%)	%	max	min
<b>orice producție</b>	12.0	7/75 (9)	5.5	19	-1.6
<b>KTI (total)</b>	13.0	9/75 (12)	6.5	20	-3.8
<b>servicii KI:</b>	13.0	9/75 (12)	6.6	19	-6.3
sv prog calc	18.0	2/75 (2)	6.7	19	-10.0
sv afaceri	16.0	2/75 (2)	6.6	19	-10.0
sv sanatare	14.0	5/75 (6)	7.0	22	-1.6
sv educatie	14.0	6/75 (8)	6.3	21	-1.3
sv telecom	14.0	7/75 (9)	5.8	25	1.6
sv financiare	9.2	35/75 (46)	6.8	20	-13.0
<b>producție HT:</b>	6.7	37/75 (49)	5.4	16	-1.0
farmaceutice	8.6	27/74 (36)	7.1	27	-1.4
aerospatale	8.6	24/58 (41)	5.1	35	-9.2
instrumente	8.4	31/72 (43)	7.3	24	-27.0
comp.ec.birou	1.5	36/63 (57)	2.2	27	-16.0
semiconductori	0.8	54/70 (77)	5.3	31	-28.0

- ii. aerospatale
- iii. calculatoare și aparatură de birou
- iv. instrumente și aparatură științifică
- v. aparatură de măsură și control

- 2. toate activitățile de producție (cu tehnologie înaltă, medie sau redusă)

Tabelul 9 cuprinde câteva valori extrase din aceste anexe, care caracterizează situația României în context UE și dinamica acestor ramuri în România între 1997 și 2012. Populația României reprezintă 3.8% din populația UE, iar PIB-ul nominal al României (fără a ține seama de puterea locală de cumpărare) cca 1.04% din PIB-ul UE. Altfel spus, dacă valoarea fiecărui indicator extensiv (fiecărei ramuri economice, de exemplu) ar fi la fel ca în UE, păstrând proporțiile, ar trebui să atingă 3.8% din valoarea din UE, dacă proporțiile ar fi considerate per capita, sau 1.04%, dacă proporțiile ar fi considerate raportat la PIB.

Primul rând din tabelul 9 reprezintă ansamblul ramurilor KTI. Acestea au crescut de 6.68 ori în acest interval, de la 4 la 26.9 mld \$, ajungând să reprezinte

0.55% din volumul pe care îl are ansamblul acestor ramuri în UE (4900 mld\$). Altfel spus, sunt de aproape două ori mai puțin reprezentate ( $0.55/1.04 \approx 2$ ) în economia noastră (în produsul intern brut al României) decât sunt, aceleași ramuri, în economia (produsul intern brut al) UE.

Celelalte rânduri din tabelul 9 trebuie interpretate în mod analog. Serviciile de telecomunicații sunt mai bine reprezentate la noi decât în economia UE (2.40% din valoarea adăugată în serviciile de telecomunicații din UE este adăugată în România, deși numai 1.04% din PIB-ul UE se produce în România); la fel, activitățile generale de producție (1.67% față de 1.04%). Însă, aceste comparații se referă doar la prezența în economie. Per capita, aceste ramuri sunt mult mai puțin prezente, ca valoare adăugată, în România, deoarece toate aceste procente sunt mult mai mici decât 3.8%, proporția din populația UE care se găsește în România.

Cifrele din tabelul 9 sunt în prețuri curente, altfel spus, nu țin seama de inflația dolarului, care între 1997 și 2012 a fost de 43% (cumulat).

Serviciile KI (“knowledge intensive”) au crescut de 6.68 ori (adică de  $4.67=6.68/1.43$  ori, ajustat cu inflația), mai mult decât creșterea generală a economiei (de 4.88 ori în prețuri curente). Producția de înaltă tehnologie (“high technology manufacturing”) a crescut de 1.96 ori (1.37 după ajustarea cu inflația) atingând o pondere de patru ori mai mică din PIB-ul României decât atinge aceeași ramură în PIB-ul UE.

Creșterea domeniului de servicii KI se datorează în special serviciilor de programare a calculatoarelor, serviciilor de afaceri și celor de sănătate.

Factorii de creștere/scădere, din tabelul 9 nu iau în considerare decât anul 1997 și anul 2012, fără variațiile anuale.

Ratele de creștere medii, determinate prin regresie liniară pe toți anii sunt în tabelul 10, prezentați prin comparație cu rata globală de creștere anuală a domeniului. De asemenea, sunt prezentate poziția României între țările pentru care există date, sub aspectul ratei anuale de creștere, precum și intervalul de variație al acestor rate pentru toate aceste țări.

Se observă că serviciile “knowledge intensive” au crescut mult mai repede în România față de alte țări, ratele de creștere ale serviciilor de afaceri și programarea calculatoarelor fiind printre cele mai ridicate din lume (locul doi, după Qatar) urmate de serviciile de sănătate.

Producția de înaltă tehnologie a crescut puțin peste rata medie mondială, dar producția în general a crescut mult mai rapid decât media mondială.

## 6 Implicații pentru politicile științei

Raportul “Science and Engineering Indicators” este o analiză exhaustivă a situației învățământului, cercetării și tehnologiei din SUA și, pentru comparație, din întreaga lume, bazată pe indicatori robusți, urmăriți pe mai multe decenii.

România apare ocazional în raport, în cele mai multe statistici—cum ar fi colaborările internaționale ale SUA, exporturi și importuri, brevete USPTO, percepția publică a științei—fiind încadrată la “alții”.

Cu toate acestea, datele prezente sunt suficiente pentru a ne face o idee destul de detaliată despre starea și evoluția sistemului românesc de cercetare și dezvoltare. Această perspectivă este importantă pentru că în acest fel, cu acești indicatori, este percepută din străinătate situația științei și ingineriei din țara noastră, cei mai mulți autori de politici și investitori având încredere în aceste date și acționând pe baza lor.

## 7 Caracterizare generală

România este prezentă în publicațiile științifice din curentul principal cu un număr de articole peste medie în domeniile matematice, fizice și ingineresti și cu un număr foarte scăzut în științele biomedicale și sociale. Tendința ultimului deceniu este de convergență lentă spre structura medie pe plan mondial, prin creșterea mai accelerată a domeniilor biomedicale și sociale și prin creșterea mai lentă (față de media mondială) în fizică și chimie.

O excepție notabilă o constituie matematica și informatica, domenii ce înregistrează creșteri mult peste media mondială deși sunt și prezente peste medie.

În contrast cu situația din cercetarea valorificată prin articole, care cuprinde toată cercetarea fundamentală și o parte din cercetarea aplicativă, cercetarea industrială, dezvoltarea experimentală și inovarea, care sunt valorificate prin brevete, au o vizibilitate globală, exprimată prin brevete triadice, aproape nulă. Acest contrast se întâlnește și în alte țări, chiar europene, dar este mai pronunțat în România.

Această situație este reflectată și în evoluția structurii economiei. În economia românească, prevalența

domeniilor care necesită cunoștințe și tehnologie avansată este în general mai redusă decât media europeană. Producția generală de bunuri este însă mai bine reprezentată, la fel serviciile de comunicații.

Domeniile aflate în creștere mai rapidă decât restul economiei sunt serviciile care necesită cunoștințe avansate (“knowledge-intensive”). Dintre acestea, serviciile de programare a calculatoarelor au perspectiva de a depăși media europeană de reprezentare în economia autohtonă dacă rata de creștere foarte mare se menține în următorii ani.

Domeniile producției de bunuri de înaltă tehnicitate sunt însă foarte slab reprezentate și cresc mai încet decât creșterea generală a economiei.

Evoluțiile din economie prezintă o anumită analogie cu cele din sistemul științific. Am putea caracteriza segmente ale ansamblului celor două sisteme astfel: (1) domeniul biomedical și științele sociale slab reprezentate dar în creștere rapidă, corespunzător serviciilor de sănătate, sociale, de afaceri și educaționale; (2) matematica și “știința calculatoarelor”, bine reprezentate și în creștere rapidă, corespunzătoare serviciilor de programarea calculatoarelor, relativ bine reprezentate și în creștere foarte rapidă; (3) producția de bunuri de mai mică tehnicitate bine reprezentată în economie, dar cea de înaltă tehnicitate foarte slab reprezentate, ambele crescând mai lent decât economia în general, corespunzător cu creșterile sub media mondială în fizică și chimie—domenii altfel prevalente—și cu un domeniu al științelor ingineresti aflat în apropierea nivelului mediu mondial ca prezență și rată de creștere, dar nevalorificat prin brevete triadice.

Datele privind cercetarea fundamentală sunt concordante și cu prezența cetățenilor români între absolvenții de doctorat străini din SUA, între care matematicienii sunt reprezentați foarte bine.

Aceste date sunt însă în vădit contrast cu performanțele ansamblului elevilor români la matematici în clasa a VIII-a. Acest contrast poate fi explicat dacă observăm că numărul absolvenților români de doctorat în matematici din SUA este de cca 20 pe an, iar numărul de articole în matematici din România este de circa 120 pe an, deci putem presupune un corp de matematicieni vizibili în curentul principal de ordinul sutelor. Este vorba despre o secțiune performantă, de elită, dar foarte restrânsă a societății.

Nu dispunem de date privind numărul de profesori de matematici din școli, dar trebuie să fie de ordinul zecilor de mii, de vreme ce numărul tuturor profeso-

rilor din preuniversitar este de ordinul a 240.000 iar proporția orelor de matematici este de peste 10% din totalul orelor. Motivele acestui contrast ne sunt necunoscute, dar credem că merită căutate.

Domeniul serviciilor de programare a calculatoarelor, cel mai dinamic dintre domeniile de înaltă tehnicitate, reprezintă cca 1.3% din PIB, deci o estimare plauzibilă ar fi că reprezintă de ordinul a 1.3% din populația ocupată, adică de ordinul a 100.000 de persoane, deci legate mai degrabă de performanțele generale ale profesorilor, elevilor și studenților. Disponibilitatea resurselor umane pentru continuarea creșterii acestui sector promițător depinde într-o măsură importantă de capacitatea sistemului de a valorifica în învățământ competențele elitelor din cercetarea în matematici.

### 7.1 Perspective pe termen mediu

Cel mai optimist scenariu rezonabil privind dezvoltarea sistemului științific este că, pe termen mediu, ratele de creștere ale indicatorilor vor fi comparabile cu cele mai mari rate de creștere pe plan mondial. Este nerezonabil să presupunem că România ar putea găsi vreo cale magică de a atinge rate de creștere anuală, susținută, mult mai mari decât creșterile observabile în orice altă țară.

Aceasta înseamnă că, în 10 ani, în cazul în care eforturile și investițiile vor fi excepționale, ne-am putea aștepta în cel mai bun caz la o triplare a numărului de articole în unele domenii, și a numărului de brevete triadice, adică la un nivel comparabil cu media mondială per capita în ce privește articolele și la o producție susținută de cca 10 brevete triadice pe an, adică foarte redusă.

Personalul de cercetare care ar putea susține o astfel de evoluție optimistă ar putea proveni în mică măsură și din străinătate, dar trebuie să fie, în cea mai mare parte, format în țară, deoarece numărul studenților și doctoranzilor din străinătate este mic (cu rezerva că nu dispunem aici de informații privind numărul de titluri de doctor obținute de studenți români în alte țări ale UE).

Astfel, menținerea creșterii observate, cel puțin în ramurile economice de înaltă tehnicitate în care este prezentă: matematică/informatică/programarea calculatoarelor și comunicații, respectiv domeniul biomedical și social, depinde de menținerea și creșterea susținută a capacității autohtone de formare a personalului, chiar dacă atragerea celor plecați la studii în străinătate

tate rămâne un obiectiv esențial.

Altminteri, văzând limitările naturale la creștere, trebuie să anticipăm că, în condițiile unei finanțări susținute, ne-am putea aștepta ca în următorii zece ani domeniile serviciilor “knowledge intensive”, în special programarea, sănătatea și serviciile educaționale să ajungă și să depășească prevalența relativă observată actualmente în țările UE. Pare puțin probabilă o creștere spectaculoasă a domeniilor producției de înaltă tehnicitate, care nu ne-am aștepta să dobândească o prezență deosebită în economie.

Perspectivile mai optimiste din tabloul de mai sus sunt condiționate de performanțele sistemului educațional, altminteri domeniile în curs de dezvoltare se pot plafona din lipsă de personal calificat, fenomen care deja pare a fi sugerat de unele semnale [5].

Realizarea predicțiilor optimiste este, bineînțeles, condiționată și de susținerea financiară publică și privată, prin creșterea continuă a investițiilor în cercetare. În lipsa acestora, există și riscul unei contracții a sistemului științific și a ramurilor economice corespunzătoare, cum se poate observa în multe țări (tabelele 7 și 10).

### Bibliografie

- [1] \*\*\*. Science and Engineering Indicators. National Science Foundation. National Center for Science and Engineering Statistics; 2014.
- [2] A D Corlan. Romania în “Science and Engineering Indicators”, 2014. Masa rotundă a G3A, martie 2015. [http://dan.corlan.net/corlan\\_prez\\_mg3a\\_2015.pdf](http://dan.corlan.net/corlan_prez_mg3a_2015.pdf) <http://www.webcitation.org/6XI6E00he>
- [3] A D Corlan. Trends of Romanian Medical Research Indicators, 1990–2013. Acta Endocrinologica, 2015, *in press*.
- [4] \*\*\*. Anuarul Statistic al României. Institutul Național de Statistică; 2013.
- [5] Patrick Vrabie. ANIS: Romania are nevoie de creștere cu 150% a numărului de specialiști IT wall-street.ro, 2015 <http://www.wall-street.ro/articol/IT-C-Tehnologie/175301/anis-romania-are-nevoie-de-crestere-cu-150-a-numarului-de-specialisti-it.html>