



CREȘTEREA ECONOMICĂ

Factorul tehnologic și creșterea economică. Studiu comparativ pentru țările est și vest-europene

Dan OLTEANU

Institutul Național de Cercetări Economice al Academiei Române

Abstract

In this paper we focus on the differences between Eastern and Western European Countries, as regard the correlation between technology (R&D and human capital) and the level as well as the rate of growth of output per capita. First, we found a strong positive connection between technology and the level of GDP per capita, split on two paralel trends corresponding to the two groups of countries considered. Second, we found a negative correlation between technological endowments and the rate of economic growth. This growth pattern will lead to the reduction of the technological and development gap, confirming beta-convergence theory.

Keywords: *technological progres, endogenous growth, convergence*

Introducere

Teoria neoclasică a creșterii economice consideră că progresul tehnic este exogen și apare odată cu investițiile de capital, prin noile mașini și echipamente intrate în procesul de producție. Modelul lui Solow (1957), deși realizează o cuantificare aproximativă a ratei progresului tehnic, nu precizează nimic în legătură cu factorii care îl pot influența.

Evidențele empirice au demonstrat însă că nivelul de dezvoltare a unei țări este strâns legat de o serie de factori economici endogeni cum ar fi amplitudinea proceselor de învățare din practică dato-

rate difuzării cunoștințelor și, mai ales, de investițiile în active intangibile, dintre care se remarcă stocul de cunoștințe/inovații și capitalul uman. Aceste elemente au condus la rate ale progresului tehnologic și ale productivității muncii mult mai ridicate în unele state comparativ cu altele.

Vom analiza în acest studiu corelațiile dintre nivelul de dezvoltare a unei țări și factorii tehnologici (atât input-uri cât și output-uri ale sectorului de cercetare, dezvoltare și inovare - CD&I) precum și influența acestora din urmă asupra ritmului creșterii economice. Vom începe cu o secțiune descriptivă privind princi-

palii factori endogeni și modalitățile de cuantificare matematică a influenței lor asupra creșterii economice și nivelului de dezvoltare, după care vom verifica econometric aceste legături, folosind un eșantion de state europene la care am adăugat SUA și Japonia. Scopul principal al studiului nu este însă demonstrarea unor relații cauzale între variabilele menționate ci, mai degrabă, acela de a studia diferențele privind forma și intensitatea acestor legături între statele est-europene și cele vestice.

1. Factori care pot influența progresul tehnologic

După cum reiese din modelele creșterii endogene, principalii factori care pot genera sporirea ratei de creștere a progresului tehnologic sunt capitalul uman și performanțele inovative.

În ce privește *capitalul uman*, acesta poate fi privit ca un input distinct în procesul de producție, la fel ca forța de muncă și capitalul fix; ca urmare, acumularea sa este un important factor determinant al creșterii economice. Practic, procesul de acumulare a capitalului uman constă în sporirea nivelului de educație, pregătire și experiență profesională a salariaților, proces determinat de posibilitatea obținerii unor venituri mai mari. Cererea și oferta depind astfel de prețul acestui factor. În acest mod, piața factorilor de producție poate include capitalul uman fără a relaxa ipoteza concurenței perfecte.

Datele arată faptul că țările care investesc considerabil în educație beneficiază, de regulă, de rate de creștere a output-ului per capita superioare. De asemenea, aceste țări sunt și cele mai bogate;

unele studii au ajuns la concluzia că fiecare an de studiu sporește venitul unei persoane în medie cu 5-7%. Acest lucru depinde, evident, de calitatea pregătirii, tipul școlii urmat și nivelul cererii pentru pregătirea respectivă. Faptul că salariații mai educați sunt mai bine pregătiți implică o productivitate mai ridicată a acestora, de vreme ce firmele sunt dispuse să le plătească salarii mai mari.

Există unele dificultăți legate de măsurarea capitalului uman. În mare parte, acestea pleacă de la lipsa unei definiții clare, care să stabilească ce anume reprezintă capitalul uman: nivelul pregătirii școlare și universitare, experiența și pregătirea profesională sau, poate, toate acestea la un loc. Din acest motiv, abordările sunt diverse. Se poate lua în calcul fie nivelul de educație a populației unui stat, măsurat de regulă prin numărul mediu de ani de studiu, ponderea absolvenților de învățământ superior sau de învățământ superior cu profil tehnic în totalul populației, fie gradul de calificare a forței de muncă, reprezentat de cursurile de pregătire profesională etc.

Capitalul uman nu este suficient pentru obținerea unei creșteri economice pe termen lung. Există numeroase exemple de țări care au investit masiv în educație fără a beneficia de efectele pozitive scontate. Datorită capacității reduse a economiei de absorbție a salariaților cu o calificare înaltă, aceștia se pot îndrepta spre alte sectoare decât acelea pentru care au fost pregătiți, sau pot emigra în state care oferă oportunități superioare din punct de vedere profesional și material. Capitalul uman trebuie însoțit și de un sector de cercetare și dezvoltare tehnologică dezvoltat, cu performanțe inovative care vor influența creșterea economică.

Referitor la cuantificarea *performan-*

tele inovative, de regulă se iau în calcul atât input-urile procesului de inovare (cheltuielile de cercetare-dezvoltare, capitalul de risc investit, măsuri ale capitalului uman – gradul de educație a populației, numărul de cercetători și ingineri etc.) cât și output-ul (număr de brevete de invenții, număr de articole cu profil tehnico-științific, număr de întreprinderi cu produse noi realizate, soldul balanței tehnologice de plăți și altele).

În cadrul input-urilor necesare sectorului de cercetare și dezvoltare tehnologică, un rol important revine cheltuielilor de CD&I. Numeroase studii au demonstrat că atingerea unui nivel superior al acestora are influențe pozitive atât asupra competenței tehnologice și implicit asupra competitivității industriale, cât și în ce privește creșterea output-ului și crearea de locuri de muncă.

Investițiile în cercetare trebuie realizate în primul rând de către firmele care încorporează departamente specializate în astfel de activități. În această privință, rolul guvernului este de a stimula investițiile private prin crearea unor condiții propice acestora, în ce privește mediul de afaceri în general și sectorul de CD&I în special.

Dar și finanțările publice, acordate atât instituțiilor publice cât și celor private (granturi și împrumuturi condiționate) în special pentru cercetarea fundamentală, joacă un rol foarte important. Există date asupra fenomenelor de difuzare a cunoștințelor obținute de cercetarea academică către sectorul privat. Aceste cunoștințe contribuie major la creșterea productivității firmelor, însă există o întârziere a efectului de până la 20 de ani, după cum afirmă Adams (1990).

În ce privește influența output-ului procesului inovativ, evidențiat de regulă

prin numărul de brevete solicitate/acordate, cercetările sunt mai reduse ca frecvență și se limitează în general la un număr mic de firme și de inovații. Totuși, s-a constatat că firmele inovative sunt mai productive și mai profitabile.

2. Modalități de cuantificare

Studii realizate de cercetători precum Griliches (1979), Mansfield (1980), Nadiri (1980), Scherer (1982) și mulți alții au demonstrat econometric influența variabilelor amintite mai sus asupra creșterii randamentului factorilor, a output-ului per capita și a productivității muncii.

Construcția unor ecuații de regresie care să permită acest tip de analize pornește de la modelele creșterii endogene bazate pe cercetare și inovare industrială (Romer 1990), (Aghion și Howitt 1992, 1998), (Grossman și Helpman 1991, 1994), (Coe și Helpman 1995), în care acest tip de activități sporesc stocul de cunoștințe din economie prin dezvoltarea de noi produse (în cazul diferențierii pe orizontală) sau prin îmbunătățirea calității unor bunuri existente (diferențierea pe verticală). Acest lucru determină la rândul său creșterea randamentului total al factorilor de producție (notat RTF) și, mai departe, ritmuri superioare ale creșterii economice.

Un astfel de model asumă ipoteza existenței unui sector de cercetare și dezvoltare tehnologică (CD&I) care produce bunuri intermediare diferențiate din punct de vedere al sortimentului (varietății) sau al calității, folosite ca input-uri de către un sector manufacturier cu funcția outputului de forma:

$$Y = AZ^{\alpha}l^{1-\alpha}, 0 < \alpha < 1 \quad (1)$$

unde

Y – outputul din economie,

A – constantă,

l – forța de muncă folosită în sectorul manufacturier,

Z – cererea pentru noi sortimente sau noi tipuri calitative ale aceluiași produs intermediar, reprezentată de o funcție CES a înclinației către varietate:

$$Z = \left[\int_0^n x(j)^\alpha dj \right]^{1/\alpha}, \text{ cu } x(j) = \text{cantitatea}$$

varietății j din n bunuri intermediare disponibile la un moment dat în economie, realizate pe teritoriul țării.

Considerând că elasticitatea de substituție $\sigma = 1/1-\alpha$ este constantă și supraunitară, iar fiecare unitate de bun intermediar necesită un cost de o unitate de forță de muncă, va rezulta că input-urile au același preț și, asumând că sunt folosite în aceeași cantitate $x(1)=x(2)=\dots x(j)=\dots x(n)=x$, Z va deveni:

$$Z = n^{\frac{1}{\sigma-1}} X \quad (2)$$

unde:

$X=nx$ reprezintă valoarea totală a inputurilor utilizate în procesul de producție,

$n^{\frac{1}{\sigma-1}}$ este o măsură a nivelului tehnologic.

Înlocuind expresia lui Z în relația (1), vom obține:

$$Y = an^{1-\alpha} X^\alpha l^{1-\alpha} \quad (3)$$

Dar produsele intermediare pot fi privite ca bunuri de capital de înaltă tehnologie. Atunci, măsura utilizării acestora – $X=nx$ – reprezintă stocul de capital din procesul de producție (pe care îl notăm cu K). Pe de altă parte, forța de muncă folosită de sectorul manufacturier (l) este

aproape egală cu cantitatea totală a forței de muncă din economie (L), deoarece sectorul de CD&I folosește o foarte mică parte din aceasta (putem deci aproxima că $l \approx L$).

Obținem în continuare că:

$$\log Y = \log a + (1-\alpha) \log n + \alpha \log K + (1-\alpha) \log L \quad (4)$$

Dar randamentul total al factorilor (RTF) se exprimă prin diferența:

$$\log RTF = \log Y - \alpha \log K - (1-\alpha) \log L \Leftrightarrow \log RTF = \log a + \beta \log n \quad (5)$$

înlocuind cu $\beta = 1-\alpha$, n fiind interpretat ca stoc de cunoștințe, pe care îl notăm cu S .

Adăugând componenta timp, vom obține:

$$\log RTF_t = \log a + \beta \log S_t + \mu t \quad (6)$$

Dacă relația (6) o vom diferenția în raport cu timpul va rezulta:

$$\frac{\dot{RTF}}{RTF} = \beta \frac{\dot{S}}{S} + \mu \quad (7)$$

unde:

β – semnifică elasticitatea outputului în raport cu stocul de cunoștințe:

$$\beta = \frac{\partial \log Y}{\partial \log S} = \frac{\partial Y}{\partial S} \frac{S}{Y}$$

Estimările au condus la valori ale lui β cuprinse între 0,05 și 0,1%.

Înlocuind expresia lui β în ecuația precedentă va rezulta în continuare că:

$$\frac{\dot{RTF}}{RTF} = \frac{\partial Y}{\partial S} \frac{S}{Y} \frac{\dot{S}}{S} + \mu = \rho \frac{R}{Y} + \mu \quad (8)$$

cu $\rho = \sigma Y / \sigma S$ iar $R = \sigma S$ semnifică investițiile nete în stocul de cunoștințe. De cele mai multe ori, raportul R/Y este reprezentat în calcul de cheltuielile de cerceta-

re-dezvoltare, exprimate ca procent în produsul intern brut.

Relația dintre valoarea adăugată sau produsul intern pe locuitor și factorii care influențează progresul tehnologic se poate deduce pornind de la expresia (5) pe care o rescriem astfel:

$$\log Y = \log RTF + a \log K + (1 - a) \log L$$

sau

$$\log y = \log RTF + \alpha \log k \quad (9)$$

cu $y = Y/L$ și $k = K/L$

RTF se poate exprima, conform ecuației (6), în funcție de stocul de cunoștințe (S). De regulă, se consideră drept măsuri ale acestui stoc diverse variabile, menționate în secțiunea precedentă: cheltuielile de CD&I, nivelul de educație (numărul de persoane cu studii superioare, spre exemplu), numărul de cercetători, numărul de brevete de invenții solicitate/înregistrate etc. Ca urmare, putem scrie:

$$\log RTF = \log a + \beta \log D + \delta \log E + \gamma \log C + \lambda \log B + \dots \quad (10)$$

unde:

D – cheltuielile de cercetare-dezvoltare,

E – ponderea populației cu studii superioare

C – numărul de cercetători raportat la populația ocupată

B – numărul de brevete raportat la populația totală, și lista variabilelor poate continua.

Înlocuind expresia (10) în (9) se obține expresia outputului per capita (nivelului de dezvoltare):

$$\log y = \log a + \beta \log D + \delta \log E + \gamma \log C + \lambda \log B + \dots + \alpha \log k \quad (11)$$

sau, sub formă de indici,

$$\log \frac{y_1}{y_0} = \log a + \beta \log \frac{D_1}{D_0} + \delta \log \frac{E_1}{E_0} + \gamma \log \frac{C_1}{C_0} + \lambda \log \frac{B_1}{B_0} + \dots + \alpha \log \frac{k_1}{k_0}$$

Din punct de vedere econometric trebuie ținut cont de faptul că aceste variabile se pot influența reciproc, generând fenomene de multicolinearitate care reduc acuratețea parametrilor estimați.

3. Date statistice

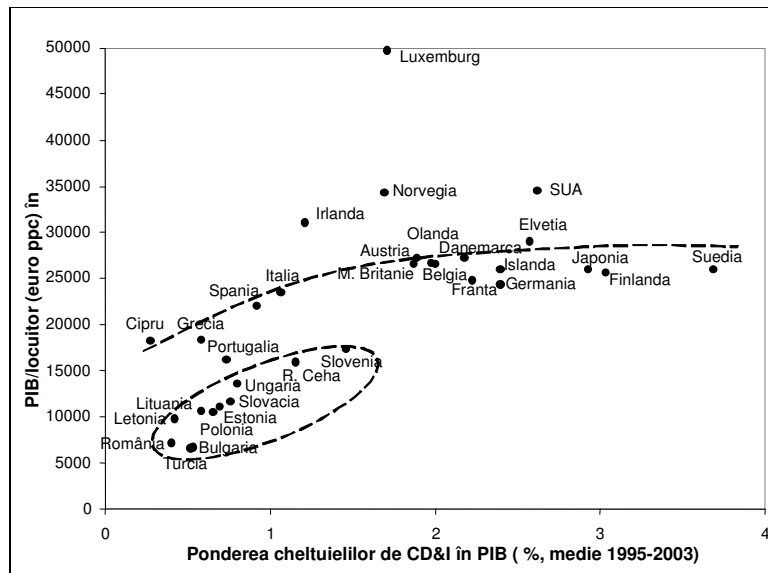
Vom căuta în cele ce urmează să verificăm prin date corelațiile dintre nivelul de dezvoltare a unei țări și factorii tehnologici (atât input-uri cât și output-uri ale sectorului de CD&I) precum și influența acestora din urmă asupra ritmului creșterii economice. Pentru acest lucru am construit un eșantion format din 31 de țări europene, la care am adăugat SUA și Japonia. În Anexa 1 sunt prezente principalele serii de date statistice pe baza cărora au fost realizate graficele și calculele.

3.1. Analiza grafică

Vom începe prin a verifica grafic corelația unor variabile ce constituie intrări sau output-uri ale procesului inovațional - cheltuielile de CD&I, numărul de cercetători, gradul de educație al populației (măsurat prin cheltuielile pentru educație și numărul mediu de ani de studiu al populației) și numărul de brevete de invenții solicitate la EPO (European Patent Office) – cu nivelul PIB pe locuitor, după care vom trece la analiza econometrică.

În Figura 1 este evidențiată forma corelației dintre cheltuielile de CD&I (% în PIB), calculate ca medie pentru perioada

1995-2003 și valoarea PIB pe locuitor din anul 2004, pentru țările din eșantion:



Sursa: Date statistice (vezi Anexa 1) furnizate de site-ul Eurostat (<http://epp.eurostat.cec.eu.int>) și European Innovation Scoreboard 2003, 2004.

Figura 1: Corelația dintre ponderea cheltuielilor de CD&I în PIB și nivelul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia

Forma corelației corespunde funcției considerate în secțiunea precedentă:

$$\ln y = a + b \ln x, \text{ cu } b \in (0, 1)$$

Valoarea coeficientului de corelație (0,80 dacă nu luăm în calcul Luxemburg) indică o legătură puternică între cele două variabile.

O examinare atentă a graficului conduce la distingerea a două categorii de țări, în funcție de nivelul de dezvoltare. Prima categorie o constituie statele est-europene situate în zona încercuită din partea de jos a graficului (le vom nota cu G1). Pentru acestea, nivelul cheltuielilor

de CD&I este redus în comparație cu celelalte state, dar corelația cu PIB pe locuitor este evidentă (coeficientul de corelație este de 0,87). Datorită dificultăților economice, randamentul acestor cheltuieli este redus, astfel încât ele (statele) înregistrează un nivel al output-ului per capita mult mai scăzut comparativ cu alte țări care investesc la fel de mult în cercetare-dezvoltare. De exemplu, cheltuielile realizate de Grecia sunt apropiate de cele ale Turciei și Bulgariei, dar PIB pe locuitor este de aproximativ trei ori mai mare.

A doua categorie o reprezintă statele situate de-a lungul curbei punctate (le

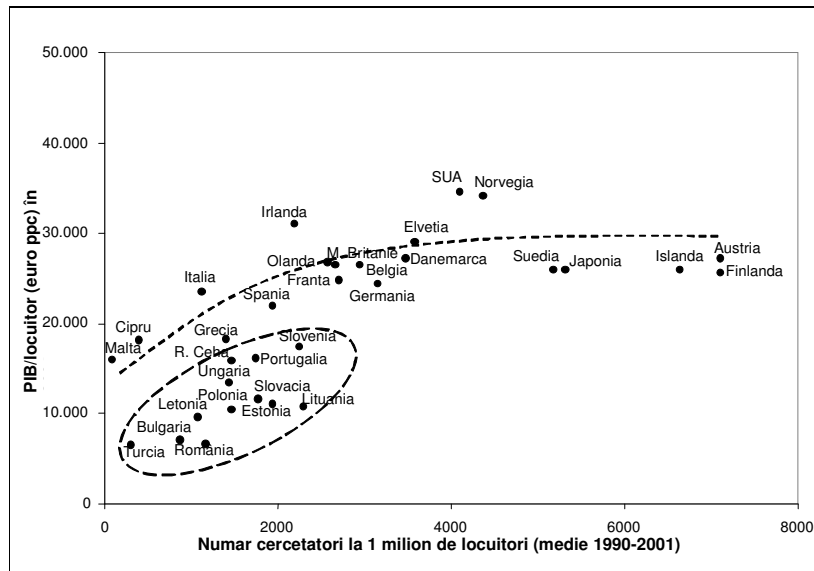
notăm cu G2). Aici, corelația este ceva mai scăzută (0,69) decât în cazul țărilor est-europene, iar sensibilitatea PIB pe locuitor la variația cheltuielilor de CD&I se diminuează pe măsură ce nivelul acestora crește, confirmând o formă logaritmică a funcției. Această categorie de țări poate fi împărțită la rândul său în două grupe: cea a țărilor central-europene, care investesc considerabil în CD&I și cea a țărilor periferice (Cipru, Grecia, Portugalia, Spania) care prezintă ponderi ale cheltuielilor în PIB asemănătoare celor realizate de țările est-europene, sau chiar mai mici (dacă ne gândim la Cipru, Grecia, Portugalia și altele).

În cazul statului Luxemburg, pentru care valoarea cheltuielilor de CD&I se situează în jurul mediei țărilor analizate, distanța considerabilă față de trendul ge-

neral denotă faptul că factorii care au condus la obținerea unui PIB pe locuitor atât de ridicat au fost alții decât investițiile în cercetare, motiv pentru care *nu am inclus această țară în analizele numerice*.

Forma logaritmică a corelației din Figura 1 poate fi regăsită și dacă analizăm influențele exercitate de personalul din sectorul de cercetare, mai precis de numărul de cercetători ce revin la un milion de locuitori asupra nivelului PIB pe locuitor, după cum reiese din Figura 2.

Intensitatea legăturii este mai puternică (0,88) în comparație cu cea precedentă. Coeficienții parțiali, atât în cazul grupei G1 cât și pentru țările din G2, sunt de 0,71. Se observă însă că pentru grupa de țări G2 panta trendului este descrescătoare, diferită de cea corespunzătoare grupei G2, la fel ca în Figura 1.

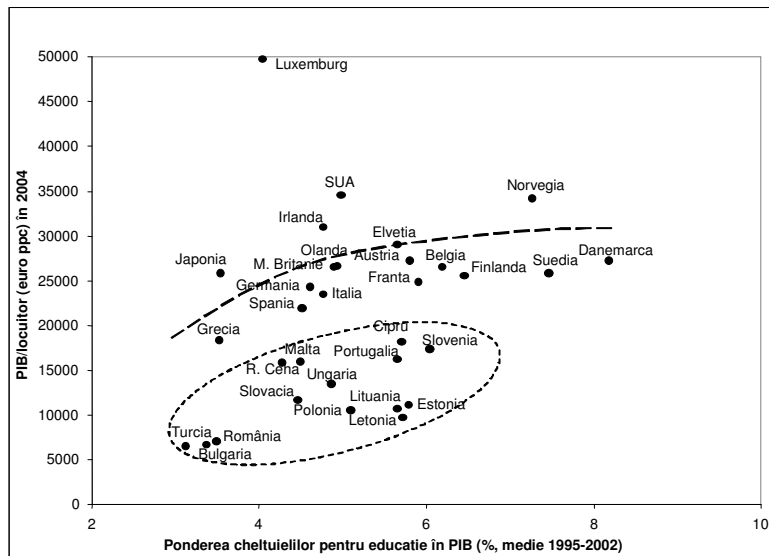


Sursa: Date statistice (vezi anexa 1) furnizate de site-ul Eurostat (<http://epp.eurostat.ec.eu.int>) și UN – Human Development Report 2004.

Figura 2: Corelația dintre numărul de cercetători și nivelul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia

Trecem în continuare la evidențierea influenței nivelului de educație al populației, pentru a cărei măsură au fost utilizați doi indicatori: ponderea în PIB a

cheltuielilor pentru educație și valoarea așteptată a numărului de ani de studiu (Figurile 3 și 4).



Sursa: Date statistice (vezi Anexa 1) furnizate de site-ul Eurostat (<http://epp.eurostat.cec.eu.int>) și European Innovation Scoreboard 2003,2004

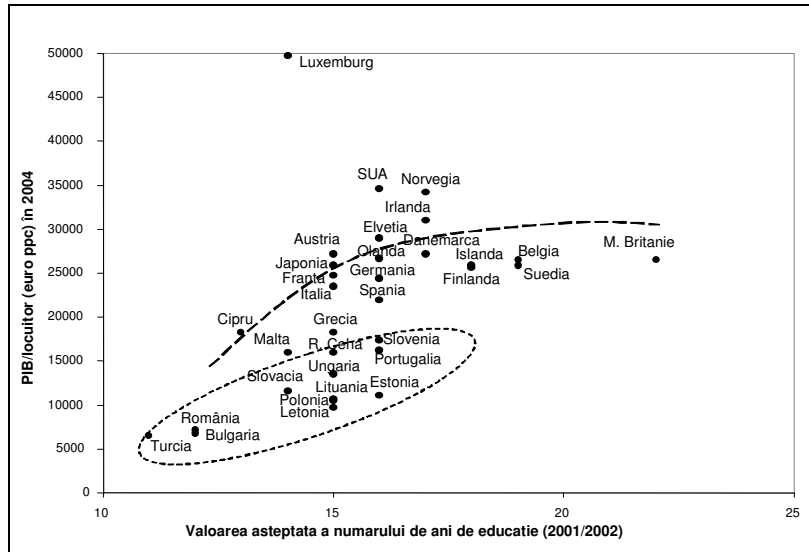
Figura 3: Corelația dintre ponderea cheltuielilor pentru educație în PIB și nivelul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia

Coeficienții de corelație ai celor doi indicatori cu nivelul PIB pe locuitor pentru întreg eșantionul sunt de 0,50, respectiv de 0,72.

Pentru statele est-europene nivelul de educație este semnificativ corelat cu nivelul PIB pe locuitor. Coeficienții corespunzători grupei G1 sunt de 0,71 în cazul cheltuielilor pentru învățământ, respectiv de 0,85 în cazul numărului de ani de studiu, iar pentru grupul G2 aceștia sunt de 0,32, respectiv de 0,46.

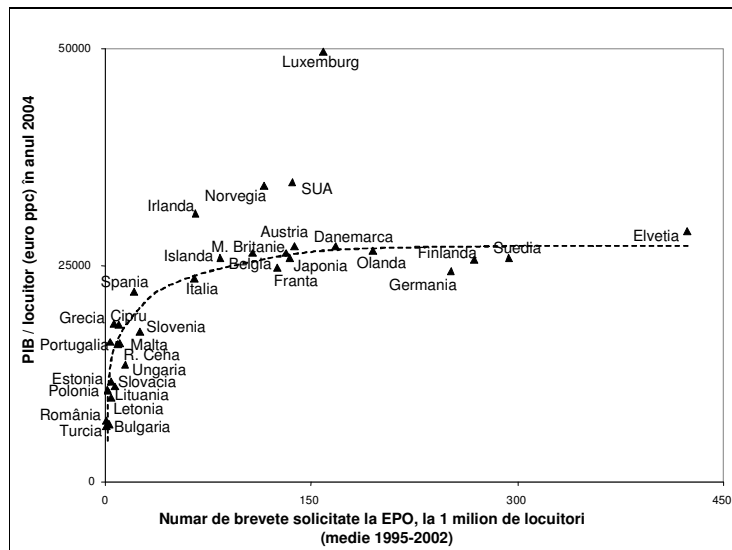
În graficele din Figurile 1, 2, 3 și 4 am prezentat influența asupra PIB pe locuitor

a unor intrări ale activităților inovative. Eficiența acestora asupra creșterii economice și, implicit, asupra nivelului de dezvoltare este mai mare sau mai mică în funcție de capacitatea sectorului de CD&I de a le transforma în noi produse și servicii, care poate fi cuantificată statistic prin numărul de brevete de invenții solicitate/obținute de un stat. În graficul următor este prezentată corelația dintre numărul de brevete de invenții solicitate la EPO (European Patent Office) la un milion de locuitori și nivelul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia.



Sursa: Date statistice (vezi Anexa 1) furnizate de site-ul Eurostat (<http://epp.eurostat.cec.eu.int>) și UNESCO Institute for Statistics(<http://www.uis.unesco.org>).

Figura 4: Corelația dintre durata medie a perioadei de studii și nivelul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia



Sursa: Date statistice (vezi Anexa 1) furnizate de site-ul Eurostat (<http://epp.eurostat.cec.eu.int>) și European Innovation Scoreboard 2003,2004.

Figura 5: Corelația dintre numărul de brevete solicitate la EPO, la 1 milion de locuitori și PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia

Se observă că cele două grupe de țări precizate anterior se află situate aproximativ pe același trend, mai puțin valoarea extremă corespunzătoare statului Luxemburg și cele trei state care înregistrează, de asemenea, niveluri foarte ridicate ale PIB pe locuitor (Irlanda, Norvegia și SUA). Pe ansamblu, corelația dintre cele două variabile este mult mai intensă (0,91 fără Luxemburg) comparativ cu cele din graficele precedente. Este de remarcat diferența însemnată privind sensibilitatea variabilei dependente (PIB/loc.) la modificarea variabilei factoriale (număr patente) între cele două grupe de state. În prima parte, corespunzătoare statelor est-europene la care se adaugă și alte țări europene periferice (Grecia, Cipru, Portugalia, Spania) funcția are o pantă foarte abruptă, după care influența inovațiilor asupra PIB-ului per capita scade considerabil, tinzând către zero după ce numărul de brevete depășește pragul situat în jurul valorii de 150.

Un alt aspect specific trendului din Figura 5, care prezintă influența unei variabile reprezentând outputul activităților de inovare asupra nivelului de dezvoltare, este acela că el (trendul) este mult mai bine definit (corelația este mult mai puternică) comparativ cu cele din graficele precedente (unde se evidențiază două trenduri paralele) care descriu influența unor inputuri ale sectorului de CD&I. Acest lucru denotă că investițiile în CD&I și în educație și dotarea cu capital uman (măsurat prin număr de cercetători și nivel de educație) nu au aceeași eficiență în cadrul procesului inovativ pentru cele două grupe de țări, fapt ce conduce la diferențele privind corelațiile din figurile 1-4, relevante de cele două trenduri paralele.

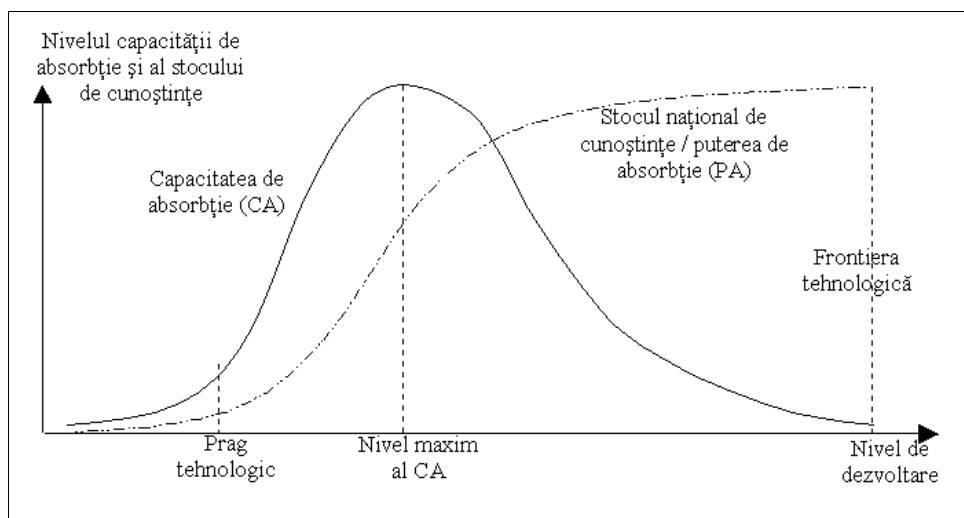
Într-adevăr, dacă verificăm legătura

funcțională dintre inputurile amintite mai sus și numărul de brevete solicitate la EPO, distingem și aici diferențe importante între cele două categorii de state (figurile corespunzătoare sunt redată în anexa 2). Pentru statele europene periferice trendul este aproape orizontal, ceea ce denotă o influență foarte scăzută a principalelor inputuri ale activităților inovative asupra outputului; pentru statele vest-europene cu nivel ridicat de dezvoltare, panta trendului este mai abruptă, crescând odată cu nivelul de dezvoltare, de-a lungul unui trend exponențial. Vom reveni la aceste corelații în cadrul analizei econometrice.

Analiza în ansamblu a graficelor de mai sus conduce la două observații: în primul rând, în majoritatea figurilor se disting, mai mult sau mai puțin evident, două trenduri paralele corespunzătoare grupelor de țări notate cu G1 și G2; în al doilea rând, pantele trendurilor sunt, în general, mai abrupte pentru țările est-europene în comparație cu statele dezvoltate din vestul Europei, semnificând sensibilități mai ridicate ale variabilei dependente la modificarea factorilor. Vom demonstra ulterior și numeric aceste caracteristici.

Cele două diferențe sunt datorate nivelurilor diferite, determinate de decalajele istorice, la care se află cele două grupe de țări în ce privește stocul de cunoștințe/puterea de absorbție (PA) și capacitatea de absorbție (CA). Modul cum evoluează cele două variabile relativ la nivelul de dezvoltare este redat în Figura 6.

Statele est-europene (G1) se află situate în porțiunea dintre pragul tehnologic și nivelul maxim al CA. În această fază doar o mică parte a cunoștințelor provin din învățarea din practică; majoritatea lor au ca sursă investițiile străine directe, im-



Sursa: Adaptare după R. Narula (2004) – Understanding absorptive capacities in an „Innovation System” context: consequences for economic and employment growth, MERIT - Infoeconomics Research Memorandum Series, p.30.

Figura 6: Evoluția capacității de absorbție și a stocului de cunoștințe în funcție de nivelul de dezvoltare

Caseta 1: Capacitatea de absorbție (CA) și puterea de absorbție (PA)

CA a unei țări depinde considerabil de distanța față de frontiera tehnologică. Relația dintre cele două nu este însă o funcție liniară (Narula, 2004). Odată ce s-a atins așa-numitul prag tehnologic, constând într-un nivel minim al dezvoltării tehnologice, CA începe să crească. Nivelul maxim este atins atunci când stocul de cunoștințe are un volum mediu, relativ la celelalte state ale lumii. În continuare, CA începe să scadă deoarece complexitatea cunoștințelor ce trebuie asimilate devine din ce în ce mai ridicată. Pe de altă parte, pe toată durata evoluției tehnologice, pe măsură ce stocul de cunoștințe crește, PA va spori și ea proporțional, indiferent de stadiul de dezvoltare. Aceasta înseamnă că ușurința, eficiența cu care o țară asimilează noile tehnologii crește liniar cu stocul de cunoștințe, în timp ce CA scade pe măsură ce țara începe să se apropie de frontiera tehnologică.

porturile, licențierile etc. din statele avansate tehnologice. Firmele beneficiază de nivelul minim de capacitate tehnologică ce le permite să intensifice asimilarea noilor cunoștințe provenite atât din propriile activități de CD&I cât și din exterior, pe diferite canale de transfer. Ca urmare, CA a acestor țări crește brusc și se apropie de nivelul maxim, devenind mai ridicată decât cea a statelor din G2. PA (determinată de stocul de cunoștințe) este însă mult mai redusă.

Statele din G2 se află dincolo de nivelul maxim al CA, unele dintre ele (SUA, Elveția, Finlanda, Suedia) fiind chiar foarte aproape de frontiera tehnologică. În acest stadiu, creșterea complexității tehnologiilor ce trebuiesc asimilate determină reducerea progresivă a ritmului asimilării. Aceasta, deoarece învățarea din practică și imitarea devin tot mai puțin eficiente, iar statele lider în domeniul tehnologiei încearcă să mențină monopolul asupra inovațiilor de ultimă oră, atât prin politici de promovare a drepturilor de proprietate intelectuală cât și prin evitarea investițiilor străine directe și a exporturilor de produse ce încorporează astfel de cunoștințe avansate.

Din aceste motive, CA a țărilor din G2 devine din ce în ce mai redusă, inferioară celei corespunzătoare grupei G1, fapt ce a condus la efecte mai mici ale factorilor tehnologici asupra creșterii marginale ale PIB per capita. Pe de altă parte, stocul de cunoștințe ridicat implică un nivel superior de dezvoltare comparativ cu statele G1, pentru aceeași valoare a factorului tehnologic, fapt oglindit în grafice printr-un trend paralel situat deasupra celui descris de statele G1.

Toate graficele prezentate până acum reflectă influența factorilor tehnologici asupra nivelului de dezvoltare, măsurat

prin PIB per capita. În Anexa 3 am redat grafic și corelațiile dintre acești factori considerați anterior și ritmul de creștere al PIB pe locuitor. Vom analiza ulterior estimările econometrice ale acestor dependențe.

3.2. Analiza econometrică

Trecem în continuare la analiza econometrică a corelațiilor evidențiate în graficele prezentate. Menționăm de la început că scopul principal al analizei nu este acela de a demonstra relația cauzală dintre variabilele considerate ci, mai degrabă, de a studia diferențele privind forma și intensitatea acestor legături pentru cele două grupe de state, G1 și G2. Dealtfel, relația cauzală este îndoielnică deoarece este greu de presupus că, spre exemplu, valoarea PIB per capita din 2004 a fost determinată semnificativ de nivelul indicatorilor privind competența tehnologică din perioada 1995-2003, luată în calcul. Diferențele între țări în ce privește gradul de dezvoltare s-au format în timp, începând cu zeci de ani în urmă. Lipsa datelor statistice ne împiedică însă să cercetăm aceste corelații pe segmente de timp anterioare anului 1995. Totuși, relația de dependență are o probabilitate foarte ridicată, având în vedere evidențele empirice din perioada luată în calcul.

3.2.1. Analiza corelației dintre factorii tehnologici și nivelul PIB pe locuitor

Vom începe cu corelația dintre factorii tehnologici și nivelul PIB pe locuitor. Eșantionul utilizat exclude statul Luxemburg, datorită valorii accidentale a PIB pe locuitor, precum și eventualele state pentru care nu

au fost disponibile datele statistice necesare.

Datorită faptului că țările incluse în eșantion diferă semnificativ din punct de vedere al dezvoltării și, ca urmare, al gradului de însușire și valorificare în economie a rezultatelor cercetării, am introdus în calcul o variabilă binară BIN prin care să delimităm cele două grupe de țări evidențiate în grafice. BIN ia valoarea 0 pentru țările G1 (Slovenia, Slovacia, R. Cehă, Ungaria, Polonia, Letonia, Lituania, Estonia, Bulgaria, România, Turcia) și valoarea 1 pentru celelalte țări (G2). Am analizat influența acestei variabile atât asupra termenului liber, cât și asupra parametrilor variabilelor factoriale (panta drepte de regresie).

Ecuțiile considerate sunt următoarele:

$$(A1) \ln y_i = \ln a + \beta_1 \ln D_i$$

$$(A2) \ln y_i = \ln a + \beta_0 \text{BIN}_i + \beta_1 \ln D_i + \beta_2 \text{BIN}_i * \ln D_i$$

$$(B1) \ln y_i = \ln a + \gamma_1 \ln C_i$$

$$(B2) \ln y_i = \ln a + \gamma_0 \text{BIN}_i + \gamma_1 \ln C_i + \gamma_2 \text{BIN}_i * \ln C_i$$

$$(C1) \ln y_i = \ln a + \delta_1 \ln E_i$$

$$(C2) \ln y_i = \ln a + \delta_0 \text{BIN}_i + \delta_1 \ln E_i + \delta_2 \text{BIN}_i * \ln E_i$$

$$(D1) \ln y_i = \ln a + \varepsilon_1 \ln S_i$$

$$(D2) \ln y_i = \ln a + \varepsilon_0 \text{BIN}_i + \varepsilon_1 \ln S_i + \varepsilon_2 \text{BIN}_i * \ln S_i$$

$$(E1) \ln y_i = \ln a + \lambda_1 \ln B_i$$

$$(E2) \ln y_i = \ln a + \lambda_0 \text{BIN}_i + \lambda_1 \ln B_i + \lambda_2 \text{BIN}_i * \ln B_i$$

unde:

y_i – nivelul PIB pe locuitor,

D_i – ponderea cheltuielilor de CD&I în PIB,

C_i – ponderea cercetătorilor în populație,
 E_i – ponderea cheltuielilor pentru educație în PIB,

S_i – numărul de ani de studiu,

B_i – număr de brevete solicitate la EPO, la un milion de locuitori, pentru țara i .

Am redat în Tabelul 1 rezultatul analizei econometrice pentru fiecare din ecuațiile de mai sus. Elementele tabelului constituie parametrii estimați, iar în paranteză este trecută valoarea calculată a testului Student (t) pentru un grad de semnificație $\alpha = 0,05$. Ultimele trei rânduri redau gradul de determinare R^2 simplu și ajustat, precum și valoarea calculată a testului F, privind veridicitatea ecuației considerate.

Înlocuind parametrii estimați în ecuații, obținem:

$$(A1) \ln y_i = 9,72 + 0,55 * \ln D_i + u ;$$

$$(A21) \ln y_i = 9,54 + 0,73 * \ln D_i + u$$

(pentru grupul G1, corespunzător BIN=0);

$$(A22) \ln y_i = 10,03 + 0,21 * \ln D_i + u$$

(pentru grupul G2, corespunzător BIN=1)

$$(B1) \ln y_i = 7,43 + 0,31 * \ln C_i + u$$

$$(B21) \ln y_i = 6,30 + 0,41 * \ln C_i + u \text{ (G1)}$$

$$(B22) \ln y_i = 8,94 + 0,15 * \ln C_i + u \text{ (G2)}$$

$$(C1) \ln y_i = 8,09 + 1,05 * \ln E_i + u$$

$$(C21) \ln y_i = 7,74 + 0,99 * \ln E_i + u \text{ (G1)}$$

$$(C22) \ln y_i = 9,59 + 0,31 * \ln E_i + u \text{ (G2)}$$

$$(D1) \ln y_i = 2,88 + 2,53 * \ln S_i$$

$$(D21) \ln y_i = 3,44 + 2,20 * \ln S_i \text{ (G1)}$$

$$(D22) \ln y_i = 7,80 + 0,83 * \ln S_i \text{ (G2)}$$

$$(E1) \ln y_i = 9,05 + 0,23 * \ln B_i + u$$

$$(E21) \ln y_i = 8,90 + 0,26 * \ln B_i + u \text{ (G1)}$$

$$(E22) \ln y_i = 9,56 + 0,13 * \ln B_i + u \text{ (G2)}.$$

Tabelul 1: Estimări econometrice privind influența factorilor tehnologici asupra nivelului PIB pe locuitor

Variabila dependentă: - ln y -										
Variabilele factoriale considerate	Parametrii estimați ai variabilelor factoriale considerate (valoarea calculată a testului t)									
	(A1)	(A2)	(B1)	(B2)	(C1)	(C2)	(D1)	(D2)	(E1)	(E2)
ln a = α	9,72* (172,19)	9,54* (141,30)	7,43* (12,58)	6,30* (8,33)	8,09* (14,72)	7,74* (16,64)	2,88** (2,36)	3,44* (2,77)	9,05* (123,73)	8,90* (121,79)
BIN	-	0,49* (6,07)	-	2,64* (3,21)	-	1,85* (3,03)	-	4,36* (2,71)	-	0,66* (4,99)
ln D	0,55* (7,07)	0,73* (5,91)	-	-	-	-	-	-	-	-
BIN*ln D	-	-0,52* (-3,86)	-	-	-	-	-	-	-	-
ln C	-	-	0,31* (4,07)	0,41* (3,93)	-	-	-	-	-	-
BIN*ln C	-	-	-	-0,26** (-2,32)	-	-	-	-	-	-
ln E	-	-	-	-	1,05* (3,14)	0,99* (3,28)	-	-	-	-
BIN*ln E	-	-	-	-	-	0,68***	-	-	-	-
ln S	-	-	-	-	-	-1,78	2,53* (5,68)	2,20* (4,68)	-	-
BIN*ln S	-	-	-	-	-	-	-	-1,37** (-2,30)	-	-
ln B	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23* (12,14)	0,26* (6,08)
BIN*ln B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,13* (-2,64)
Nr. obs.	31	31	32	32	31	31	32	32	32	32
R^2	0,63	0,91	0,35	0,86	0,25	0,81	0,52	0,86	0,83	0,92
R^2 ajustat	0,62	0,90	0,33	0,85	0,23	0,79	0,50	0,85	0,82	0,91
F calc.	49,95	94,32	16,58	59,55	9,89	36,69	32,33	58,10	147,35	102,56

Notă: * = parametru semnificativ pentru un prag $\alpha = 0,01$; ** = parametru semnificativ pentru un prag $\alpha = 0,05$; *** = parametru semnificativ pentru un prag $\alpha = 0,10$.

Sursa: Calcule realizate cu programul E-Views 3.0, pe baza datelor statistice din Anexa1.

Faptul că estimațiile coeficienților pentru termenii care conțin variabila BIN sunt semnificativi confirmă matematic existența celor două trenduri prezentate grafic. În ce privește investițiile în educație însă, variabila BIN nu influențează semnificativ decât termenul liber, adică deplasează dreapta de regresie în sus, neavând influență și asupra pantei ace-

tea (valoarea calculată a testului t este foarte redusă), cum se întâmplă în cazul celorlalte variabile. Acest lucru denotă o sensibilitate identică a outputului per capita la modificarea acestei variabile menționate, pentru cele două grupe de state considerate.

Diferențele între G1 și G2 privind cei doi parametri (termenul liber și panta

drepte de regresie) ai legăturilor cauzale dintre nivelul de dezvoltare și factorii tehnologici sunt determinate, după cum am menționat și la finalul analizei grafice, de nivelurile diferite la care se află cele două grupe de țări în ce privește stocul de cunoștințe și CA. Termenul liber poate fi asociat cu eficiența investițiilor în CD&I, mai precis cu puterea de absorbție (PA) în economie a noilor tehnologii rezultate din aceste investiții. Pe de altă parte, panta drepte de regresie corespunde potențialului/capacității de absorbție (CA) – măsurată ca volum de cunoștințe ce pot fi absorbite, asimilate într-un interval de timp.

Pentru statele din G1, situate între pragul tehnologic și nivelul maxim al CA, aceasta din urmă este mai ridicată iar PA - mai redusă. De aici, termenul liber al ecuației este mai scăzut, în timp ce parametrul variabilelor factoriale este mai ridicat. Statele central și vest-europene (G2) sunt mult mai aproape de frontiera tehnologică, fapt ce determină o CA mai scăzută. Din acest motiv, panta drepte de regresie este mai redusă pentru acest grup de state, comparativ cu situația anterioară. Pe de altă parte, nivelul superior al stocului de cunoștințe al acestor țări determină o eficiență superioară a investițiilor în CD&I. Astfel, pentru valori apropiate al variabilelor factoriale, nivelul de dezvoltare este superior, determinând un trend situat deasupra celui corespunzător grupei statelor est-europene (termen liber superior).

Pe ansamblu se poate spune parametrii estimați sunt semnificativi iar gradul de determinare este considerabil, ceea ce relevă că influența variabilelor considerate asupra nivelului PIB/locuitor a fost puternică. Bineînțeles că acest lucru nu înseamnă că valoarea PIB per capita din

2004 a fost determinată de nivelul indicatorilor privind competența tehnologică din perioada 1995-2003, luată în calcul, după cum am explicat și la începutul analizei econometrice.

Un alt lucru care trebuie spus este posibilitatea inversiunii sensului relațiilor cauzale analizate. Statele cu un nivel ridicat al PIB per capita își permit să investească mai mult în educație și cercetare, să formeze un număr mai mare de cercetători și, ca urmare, să obțină un număr mai mare de brevete de invenții. Calculul pe care le-am făcut în această direcție nu au fost însă edificatoare, motiv pentru care nu le-am inclus în studiu.

3.2.2. Analiza corelației dintre input-ul și output-ul procesului inovativ

Am menționat anterior că vom reda și estimările econometrice ale legăturilor cauzale dintre cheltuielile de CD&I, numărul de cercetători, investițiile în educație, numărul de ani de studiu, pe de o parte, și numărul de brevete de invenții solicitate la EPO, de cealaltă parte, pentru a evidenția eficiența diferită a inputurilor în cadrul procesului inovativ, pentru cele două grupe de țări (graficele sunt redată în Anexa 2).

În Tabelul 2 prezentăm rezultatele acestor calcule. Variabilele utilizate sunt identice cu cele utilizate în Tabelul 1; am introdus suplimentar, în locul variabilei *BIN*, variabila *DEC* semnificând decalajul în ce privește nivelul PIB/locuitor (*y*) relativ la SUA, calculat ca medie pentru perioada 1995-2003: $DEC_i = y_i / y_{SUA}$, $DEC_i \in (0,1)$, cu $i = \text{țări}$.

Motivul introducerii acestei variabile îl constituie verificarea ipotezei că pe măsură ce o țară se apropie de frontiera teh-

Tabelul 2: Estimări econometrice privind eficiența inputurilor în cadrul proceselor inovative

Variabilele factoriale considerate	Variabila dependentă: - $\ln B$ -							
	Parametrii estimați ai variabilelor factoriale considerate (valoarea calculată a testului t^1)							
	(F1)	(F2)	(G1)	(G2)	(H1)	(H2)	(I1)	(I2)
s1, t1, u1, v1	0,67*** (1,79)	1,35* (3,00)	1,43* (3,40)	2,42* (5,18)	-0,39 (-0,32)	2,29* (2,57)	-5,25* (-2,78)	0,83 (0,64)
D	1,81* (8,33)	1,97** (9,22)	-	-	-	-	-	-
D*DEC	-	2,23** (2,05)	-	-	-	-	-	-
C	-	-	0,0007* (5,81)	0,0009* (7,07)	-	-	-	-
C*DEC	-	-	-	0,002* (4,30)	-	-	-	-
E	-	-	-	-	0,72* (3,38)	0,67* (4,09)	-	-
E*DEC	-	-	-	-	-	1,24* (8,34)	-	-
S	-	-	-	-	-	-	0,55* (4,59)	0,32* (4,33)
S*DEC	-	-	-	-	-	-	-	0,41* (8,23)
Nr. obs.	32	31	32	32	32	31	33	32
R^2	0,76	0,81	0,49	0,66	0,20	0,80	0,39	0,85
R^2 ajustat	0,75	0,80	0,47	0,64	0,18	0,78	0,37	0,84
F calc.	95,04	61,37	29,04	28,89	7,68	55,73	20,01	84,12

Notă: * = parametru semnificativ pentru un prag $\alpha = 0,01$; ** = parametru semnificativ pentru un prag $\alpha = 0,05$; *** = parametru semnificativ pentru un prag $\alpha = 0,10$; ¹ testul t este calculat utilizând dispersia parametrilor obținută după metoda White, asumând ipoteza heteroscedasticității (asumată pe baza graficelor din Anexa 2).

Sursa: Calcule realizate cu programul E-Views 3.0, pe baza datelor statistice din Anexa 1.

nologică (considerat a fi atinsă de SUA – țara cu valoarea maximă a variabilei y , pentru a avea termen de comparație), cu atât randamentul inputurilor în activitățile de cercetare-inovare este mai ridicat, datorită creșterii puterii de absorbție / stocului de cunoștințe. Astfel, pentru aceeași valoare a intrărilor, numărul de brevete este corelat pozitiv cu nivelul de dezvoltare

și negativ cu decalajul tehnologic. Se așteaptă astfel ca termenii ce conțin DEC să aibe coeficienți pozitivi.

Pe baza graficelor am ales o funcție de tip exponențial $y = e^{a+b*x}$ sau $\ln y = a+b*x$:

$$(F1) \quad \ln B_i = s_1 + s_2 D_i$$

$$(F2) \quad \ln B_i = s_1 + s_2 D_i + s_3 DEC_i * D_i$$

$$(G1) \quad \ln B_i = t_1 + t_2 C_i$$

$$(G2) \ln B_i = t_1 + t_2 C_i + t_3 DEC_i * C_i$$

$$(H1) \ln B_i = u_1 + u_2 E_i$$

$$(H2) \ln B_i = u_1 + u_2 E_i + u_3 DEC_i * E_i$$

$$(I1) \ln B_i = v_1 + v_2 S_i$$

$$(I2) \ln B_i = v_1 + v_2 S_i + v_3 DEC_i * S_i$$

Creșterile marginale ale numărului de brevete la o creștere cu o unitate a factorilor (eficiența tehnologică) sunt funcții crescătoare în raport cu nivelul de dezvoltare relativ la SUA:

$$(F3) \frac{\partial \ln B}{\partial D} = 1,97 + 2,23 * DEC$$

$$(G3) \frac{\partial \ln B}{\partial C} = 0,0009 + 0,002 * DEC$$

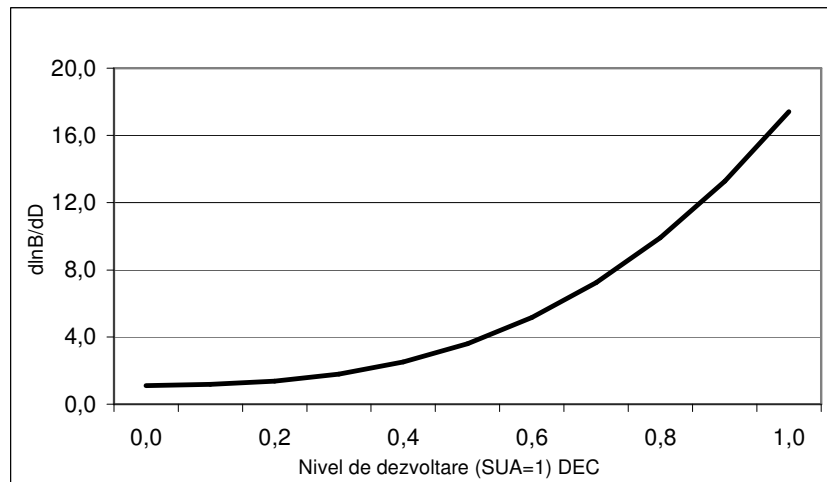
$$(H3) \frac{\partial \ln B}{\partial E} = 0,67 + 1,24 * DEC$$

$$(I3) \frac{\partial \ln B}{\partial S} = 0,32 + 0,41 * DEC$$

Introducerea variabilei *DEC* conduce la valori superioare ale gradului de semnificație al parametrilor precum și ale

gradului de determinare R^2 , ceea ce denotă o influență semnificativă a nivelului de dezvoltare asupra eficienței tehnologice, măsurată prin relațiile de mai sus. De asemenea, se observă că parametrii factorilor care includ *DEC* sunt *pozitivi*. Cu cât o țară este mai aproape de frontiera tehnologică (*DEC* crește), cu atât o unitate suplimentară de input (cheltuieli de CD&I, cercetători, cheltuieli pentru educație, grad de educație al populației) determină o cantitate de output (produse/procese noi) mai mare. Altfel spus, *menținând constant inputul tehnologic, valoarea outputului crește direct proporțional cu nivelul de dezvoltare.*

Dar eficiența tehnologică, dată de nivelul stocului de cunoștințe, nu este o funcție liniară în raport cu nivelul de dezvoltare, așa cum am considerat în ecuațiile (F2)..(I2), ci una neliniară după cum se observă în Figura 6.



Sursa: Calcule realizate cu programul E-Views 3.0, pe baza datelor statistice din anexa 1.

Figura 7: Corelația nivel de dezvoltare – eficiență tehnologică

Pentru a verifica acest lucru, am construit o funcție a numărului de brevete $\ln B$ de gradul unu în raport cu cheltuielile de CD&I (D) și de gradul 3 în raport cu decalajul DEC :

$$(F3) \quad \ln B_i = s_1 + s_2 D_i + s_3 DEC_i * D_i + s_4 DEC_i^2 * D_i + s_5 DEC_i^3 * D_i$$

Estimând parametrii acestei ecuații, obținem:

$$\partial \ln B / \partial D = 1,115 + 0,165 * DEC + 3,205 * DEC^2 + 12,929 * DEC^3$$

Cu cât nivelul de dezvoltare (DEC) crește, sensibilitatea numărului de brevete la creșterea cu o unitate a cheltuielilor CD&I ($d \ln B / dD$) crește și ea dar nu liniar, ci exponențial. Acest lucru arată că eficiența tehnologică (puterea de absorbție) a unei țări crește odată cu nivelul de dezvoltare, dar pe măsură ce ne apropiem de frontiera tehnologică această creștere este din ce în ce mai ridicată.

3.2.3. Analiza corelației dintre factorii tehnologici și ritmul de creștere a PIB pe locuitor

Am analizat în cele de mai sus corelațiile factorilor tehnologici cu nivelul PIB-ului per capita. În ce privește influența acestor factori asupra creșterii economice (ritmul de creștere al PIB pe locuitor), corelația este una negativă, după cum se poate observa în graficele din Anexa 3. Acest lucru se întâmplă deoarece statele dezvoltate, care beneficiază de indicatori tehnologici superiori, au indici de creștere economică inferiori statelor mai puțin dezvoltate, conform teoriei convergenței economice de tip β (cu cât o țară este mai rămasă în urmă din punct de vedere al nivelului de dezvoltare, cu atât ea va înre-

gistra o creștere economică mai rapidă). O motivație o constituie faptul că, cu cât un stat se apropie de frontiera tehnologică, cu atât capacitatea sa de absorbție a noilor tehnologii va scădea și viceversa. Dacă verificăm grafic, spre exemplu, corelația dintre decalajul față de SUA în ce privește PIB per capita în anul 1995 și rata medie de creștere a acestui indicator din perioada 1995-2004, obținem o funcție de tip exponențial cu panta negativă, după cum se poate observa în Figura 8.

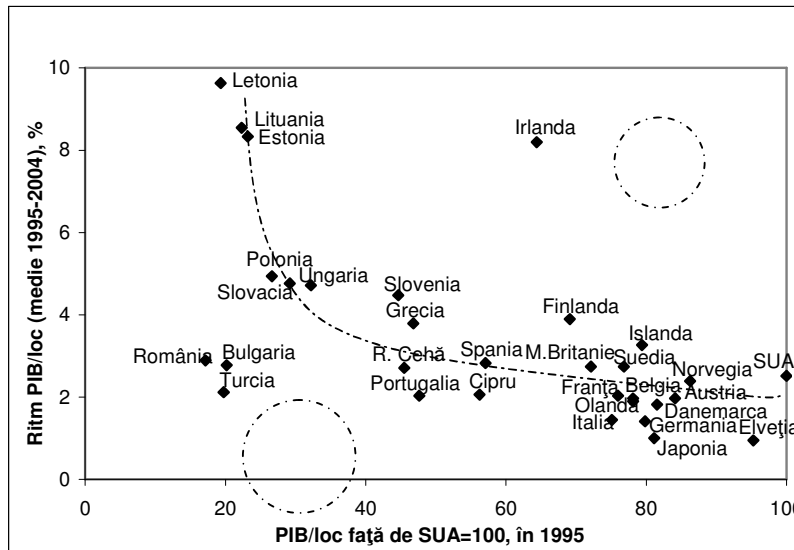
Pentru grupul majoritar de state, situat de-a lungul liniei punctate, coeficientul de corelație este de -0,85. Pe ansamblu, acesta scade la -0,60 datorită, în principal, Irlandei și grupei de state cu performanțe mai scăzute (România, Bulgaria și Turcia) comparativ cu trendul general.

Prezentăm în continuare rezultatele analizei econometrice privind influența factorilor tehnologici asupra ratei de creștere a PIB pe locuitor. Pentru a verifica influența decalajului menționat anterior asupra corelațiilor analizate am introdus și aici o variabilă care să măsoare decalajul tehnologic, de această dată din anul 1995:

$$DEC95_i = y_{i95} / y_{SUA95}$$

$DEC_{i95} \in (0,1)$, $i = \text{țări}$, iar y_{i95} și y_{SUA95} = nivelurile PIB pe locuitor ale țării i , respectiv al SUA, din anul 1995. Este de așteptat ca termenii ce conțin $DEC95$ să aibe coeficienți negativi, deoarece creșterea economică dintr-o perioadă dată de timp este invers proporțională cu nivelul de dezvoltare de la începutul perioadei de calcul (în cazul nostru – 1995).

În Anexa 3 am redat grafic corelațiile luate în calcul. Pe baza graficelor și a calculelor realizate, privind semnificația parametrilor, gradul de determinare și veridicitatea modelului se poate considera o funcție de tip $y = e^{a-bx}$, sau $\ln y = a - b*x$.



Sursa: Date statistice (vezi Anexa 1) furnizate de site-ul Eurostat (<http://epp.eurostat.cec.eu.int>)

Figura 8: Corelația dintre decalajul PIB pe locuitor față de SUA și ritmul de creștere a PIB pe locuitor

Ecuatiile analizate sunt următoarele:

- (J1) $\Delta \ln y_i = \ln a + m_1 D_i$
- (J2) $\Delta \ln y_i = \ln a + m_1 D_i + m_2 DEC95_i * D_i$
- (K1) $\Delta \ln y = \ln a + n_1 C$
- (K2) $\Delta \ln y_i = \ln a + n_1 C_i + n_2 DEC95_i * C_i$
- (L1) $\Delta \ln y_i = \ln a + t_1 E_i$
- (L2) $\Delta \ln y_i = \ln a + t_1 C_i + t_2 DEC95_i * E_i$
- (M1) $\Delta \ln y_i = \ln a + q_1 S_i$
- (M2) $\Delta \ln y_i = \ln a + q_1 C_i + q_2 DEC95_i * S_i$
- (N1) $\Delta \ln y_i = \ln a + w_1 B_i$
- (N2) $\Delta \ln y_i = \ln a + w_1 C_i + w_2 DEC95_i * B_i$

$\Delta \ln y$ fiind indicele mediu logaritmat al PIB pe locuitor pentru perioada 1995-2004, calculat după formula

$$\Delta \ln y_i = \ln(y_{i2004} / y_{i1995}) * 100 / 9,$$

9 = numărul de ani ai perioadei considerate,

$DEC95_i$ = decalajul față de SUA din anul 1995, celelalte variabile fiind identice cu cele din analiza precedentă.

În tabel se observă o corelație foarte slabă între factorii tehnologici și creșterea outputului per capita. Acest lucru se poate datora și perioadei reduse de timp (1995-2004) pentru care am înregistrat creșterile PIB pe locuitor. Introducerea variabilei DEC conduce la parametri semnificativi, cu excepția variabilelor „cheltuieli pentru educație” și „număr de brevete”. Totuși, valoarea gradului de determinare R^2 se menține foarte redusă.

Semnul negativ al termenilor care conțin DEC confirmă faptul că, menținând constante factorii tehnologici, statele avansate din punct de vedere al nivelului de dezvoltare au indici de creștere economică mai scăzuți.

Tablelul 3: Estimări econometrice privind influența factorilor tehnologici asupra indicelui PIB pe locuitor

Variabilele factoriale considerate	Variabila dependentă: - $\Delta \ln y$ -									
	Parametrii estimați ai variabilelor factoriale considerate (valoarea calculată a testului t ¹)									
	(J1)	(J2)	(K1)	(K2)	(L1)	(L2)	(M1)	(M2)	(N1)	(N2)
ln a = α	4,04*	2,99*	3,44*	2,006*	2,75*	0,13	3,16	-2,88	3,53*	3,42*
	(6,62)	(4,67)	(6,51)	(4,54)	(3,12)	(0,15)	(2,62)	(-1,50)	(9,05)	(8,34)
D	-0,75**	-0,92*	-	-	-	-	-	-	-	-
	(-2,56)	(-3,31)								
D*DEC95	-	-2,95*	-	-	-	-	-	-	-	-
		(-2,74)								
C	-	-	0,0002	-	-	-	-	-	-	-
			***	0,0004*						
C*DEC95	-	-	(-1,66)	(-3,59)	-	-	-	-	-	-
			-	-0,002*						
E	-	-	-	(-4,73)	0,03	0,12	-	-	-	-
					(0,18)	(0,94)				
E*DEC95	-	-	-	-	-	-1,02*	-	-	-	-
						(-6,36)				
S	-	-	-	-	-	-	-0,01	0,21***	-	-
							(-0,22)	(1,94)		
S*DEC95	-	-	-	-	-	-	-	-0,37*	-	-
								(-5,60)		
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,007*	-0,009*
									(-3,27)	(-3,08)
B*DEC95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,02
										(-1,14)
Nr. obs.	32	31	31	31	31	30	32	31	32	31
R ²	0,19	0,32	0,05	0,48	0,005	0,58	0,0004	0,58	0,19	0,23
R ² ajustat	0,16	0,27	0,02	0,45	-0,03	0,55	-0,03	0,55	0,16	0,17
F calc.	6,97	6,48	1,70	13,22	0,01	18,97	0,01	19,04	7,12	4,12

Notă: * = parametru semnificativ pentru un prag $\alpha = 0,01$; ** = parametru semnificativ pentru un prag $\alpha = 0,05$; *** = parametru semnificativ pentru un prag $\alpha = 0,10$; ¹ testul t este calculat utilizând dispersia parametrilor obținută după metoda White, asumând ipoteza heteroscedasticității (asumată pe baza graficelor din Anexa 3).

Sursa: Calcule realizate cu programul E-Views 3.0, pe baza datelor statistice din Anexa 1.

Creșterile marginale ale ritmului PIB pe locuitor la creșterea cu o unitate a factorilor sunt:

$$(J3) \quad \frac{\partial(\Delta \ln y)}{\partial D} = -0,92 - 2,95 * DEC95$$

$$(K3) \quad \frac{\partial(\Delta \ln y)}{\partial C} = -0,0004 - 0,002 * DEC95$$

$$(L3) \quad \frac{\partial(\Delta \ln y)}{\partial E} = 0,12 - 1,02 * DEC95$$

$$(M3) \quad \frac{\partial(\Delta \ln y)}{\partial S} = 0,21 - 0,37 * DEC95$$

$$(N3) \quad \frac{\partial(\Delta \ln y)}{\partial B} = -0,009 - 0,02 * DEC95$$

Relațiile de mai sus relevă faptul că,

corelația negativă între factorii tehnologici și creșterea economică este cu atât mai mare cu cât țara respectivă este mai aproape de frontiera tehnologică (*DEC* crește) și, ca urmare, capacitatea de absorbție a noilor tehnologii scade.

Aceste concluzii susțin ipoteza convergenței economice a statelor europene, în cazul nostru.

Concluzii

Analizele prezentate relevă o corelație pozitivă semnificativă între factorii tehnologici și nivelul de dezvoltare. Forma legăturii este diferențiată pe două trenduri paralele, corespunzătoare celor două grupe de state - cele est-europene (notate G1) și vest-europene (G2) - acest lucru fiind datorat nivelurilor diferite, determinate de decalajele istorice la care se află aceste state în ce privește nivelul de dezvoltare.

Pentru țările G2, stocul de cunoștințe, mult mai ridicat, implică o eficiență tehnologică superioară – output tehnologic superior pentru aceeași cantitate de input utilizată –, ceea ce conduce la obținerea unui nivel al output-ului per capita mai mare, pentru același nivel al factorilor tehnologici.

Din considerente asemănătoare, eficiența sectorului de CD&I de a transforma intrările activității de inovare (cheltuieli

de CD&I, capital uman etc.) în output (măsurat în studiu prin numărul de brevete) crește odată cu nivelul de dezvoltare. Ca urmare, corelația acestor input-uri cu nivelul PIB per capita devine și ea mai puternică, fie că este vorba de cheltuieli, număr de cercetători sau nivel de educație a populației.

Referitor la efectul factorilor tehnologici asupra creșterii economice, analizele econometrice relevă o corelație negativă, mult mai redusă ca intensitate comparativ cu relațiile precedente. Aceasta se datorește faptului că statele cu nivel tehnologic ridicat sunt și cele mai dezvoltate, mai apropiate de frontiera tehnologică și, în consecință, influența factorilor tehnologici asupra ritmului de creștere economică este mai scăzut. Această influență scade pe măsură ce nivelul de dezvoltare crește.

Pe de altă parte, statele cu nivel de dezvoltare inițial mai scăzut au ritmuri de creștere economică superioare și, totodată, beneficiază de efecte marginale superioare ale factorilor tehnologici asupra creșterii economice. Faptul că statele rămase în urmă din punct de vedere al nivelului de dezvoltare au indici de creștere economică mai ridicați va conduce la creșterea gradului de convergență între statele europene analizate, confirmând teoria convergenței economice de tip β .

Bibliografie

Adams, J., *Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth*, 'Journal of Political Economy', vol. 98, no. 4, 1990.
Aghion, P.; Howitt, P., *A Model of*

Growth through Creative Destruction, 'Econometrica', nr.60, 1992.

Aghion, P.; Howitt, P., 'Endogenous Growth Theory', Cambridge, MIT Press, 1998.

Cameron, G., *Economic Growth*, Discussion Paper, Department of Economics,

- Oxford University, April 2003.
- Coe, D.T.; Helpman, E., *International R&D Spillovers*, 'European Economic Review', nr.39, 1995.
- European Commission, *European Innovation Scoreboard 2003*, 2004.
- Fagerberg, J., *Technology and International Differences in Growth Rates*, 'Journal of Economic Literature', vol. 32, 1994.
- Griliches, Z., *Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth*, 'The Bell Journal of Economics', nr.10, 1979.
- Griliches, Z., *The Search for R&D Spillovers*, 'Scandinavian Journal of Economics', nr. 94, 1992.
- Grossman, G. M.; Helpman, E., *Trade, Innovation and Growth*, 'American Economic Review', vol.80, 1990.
- Grossman, G. M.; Helpman, E., 'Innovation and Growth in the Global Economy', MIT Press, Cambridge, 1991.
- Grossman, G. M.; Helpman, E., *Growth and Welfare in the Small Open Economy*, 'NBER Working Paper', nr.2970, 1989.
- Grossman, G. M.; Helpman, E., *Technology and Trade*, 'NBER Working Paper', nr.4962, 1994.
- Institutul Național de Statistică, Anuarul Statistic al României, edițiile 1991-2003.
- Jones, C., *R&D based Models of Economic Growth*, 'Journal of Political Economy', nr.103, 1995.
- Lichtenberg, F.; Seigel, D., *The impact of R&D Investment on Productivity - New Evidence Using R&D - LRD Data*, 'Economic Inquiry', vol. 29, 1991.
- Mansfield, E., *Basic Research and Productivity Increase in Manufacturing*, 'American Economic Review', vol. 70, 1980.
- Nadiri, M.; Bitros, G., *Research and Development Expenditures and Labor Productivity at the Firm Level*, Kendrick J. și Vaccara B., 'Studies in Income and Wealth', vol.44, University of Chicago Press, 1980.
- Rivera-Batiz, F., *The Economics of Technological Progress and Endogenous Growth, în Open Economies*, 'The Economics of High-Technology Competition and Cooperation in Global Markets', Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 1986.
- Romer, P., *Increasing Returns and Long-Run Growth*, 'Journal of Political Economy', nr.94, 1002-37, October 1986.
- Romer, P., *Endogenous Technological Change*, 'Journal of Political Economy', vol.98, 1990.
- Scherer, F.M., *Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth*, 'Review of Economics and Statistics', 1982.
- Solow, R. M., *A Contribution to the Theory of Growth*, 'Quarterly Journal of Economics', vol. 70, 1956.
- Solow, R. M., *Technical Change and the Aggregate Production Function*, 'Review of Economics and Statistics', Vol.39, 1957.
- United Nations, *World Development Indicators*, 2005.
- World Bank, *Human Development Report*, 2004.

Anexa 1

Seriile de date statistice utilizate în analizele grafice și numerice

Țări	Ponderea cheltuielilor de CDT în PIB, medie 1995-2003 (%)	Număr de cercetători la 1 milion de locuitori, medie 1990-2001	Ponderea cheltuielilor pentru educație în PIB, medie 1995-2003 (%)	Valoarea așteptată a numărului de ani de educație, 2001/2002	Număr brevete solicitate la EPO ¹ , la 1 mil. locuitori, medie 1995-2002	PIB/loc (euro ppc) 2004	PIB/loc. (SUA=100) 1995	PIB/loc. (SUA=100) medie 1995 - 2003	Ritm mediu PIB/loc 1995 - 2004 (%)
Belgia	2,00	2953,0	6,20	15	131,6	26500	78,11	75,98	1,97
Cehia	1,15	1466,0	4,29	19	8,9	15900	45,49	44,11	2,71
Danemarca	2,18	3476,0	8,19	12	167,8	27200	81,55	81,01	1,82
Germania	2,40	3153,0	4,62	13	252,0	24300	79,83	74,87	1,41
Estonia	0,69	1947,0	5,79	15	7,0	11100	23,18	27,30	8,33
Grecia	0,58	1400,0	3,53	17	6,4	18300	46,78	47,79	3,79
Spania	0,92	1948,0	4,51	16	20,7	22000	57,08	59,70	2,83
Franța	2,23	2718,0	5,91	18	125,7	24800	75,97	74,77	2,04
Irlanda	1,21	2190,0	4,76	15	65,4	31000	64,38	77,38	8,20
Italia	1,06	1128,0	4,76	16	64,8	23500	75,11	72,45	1,45
Cipru	0,28	400,0	5,71	15	9,9	18200	56,22	55,01	2,06
Letonia	0,42	1078,0	5,73	15	4,2	9700	19,31	22,55	9,63
Lituania	0,58	2303,0	5,65	18	1,6	10700	22,32	25,26	8,55
Luxemburg	1,71	...	4,04	17	159,0	49700	116,31	...	4,64
Ungaria	0,80	1440,0	4,86	15	14,4	13500	32,19	34,68	4,71
Malta	...	96,0	4,50	15	11,2	16000	...	48,59	...
Olanda	1,97	2572,0	4,94	15	194,6	26700	78,11	78,49	1,90
Austria	1,88	7110,0	5,80	15	138,3	27200	84,12	81,61	1,97
Polonia	0,65	1473,0	5,10	14	2,1	10500	26,61	28,87	4,94
Portugalia	0,73	1754,0	5,65	14	3,4	16200	47,64	48,85	2,03

Țări	Ponderea cheltuielilor de CDT în PIB, medie 1995-2003 (%)	Număr de cercetători la 1 milion de locuitori, medie 1990-2001	Ponderea cheltuielilor pentru educație în PIB, medie 1995-2003 (%)	Valoarea așteptată a numărului de ani de educație, 2001/2002	Număr brevete solicitate la EPO ¹ , la 1 mil. locuitori, medie 1995-2002	PIB/loc (euro ppc) 2004	PIB/loc. (SUA=100) 1995	PIB/loc. (SUA=100) medie 1995 - 2003	Ritm mediu PIB/loc 1995 - 2004 (%)
Slovenia	1,46	2258,0	6,05	16	25,4	17400	44,64	47,16	4,47
Slovacia	0,76	1774,0	4,46	17	4,9	11600	29,18	31,17	4,76
Finlanda	3,04	7110,0	6,46	15	268,8	25600	69,10	72,19	3,89
Suedia	3,69	5186,0	7,48	16	294,2	25900	76,82	75,66	2,74
M, Britanie	1,87	2666,0	4,90	12	107,4	26500	72,10	74,06	2,74
Bulgaria	0,53	1167,0	3,38	14	2,8	6700	20,17	18,13	2,78
România	0,41	879,0	3,50	16	0,9	7100	...	17,50	2,89
Turcia	0,52	306,0	3,13	16	0,8	6500	19,74	19,22	2,12
Islanda	2,40	6639,0	...	19	84,1	25900	79,40	80,06	3,26
Norvegia	1,69	4377,0	7,26	16	115,7	34200	86,27	93,99	2,39
Elveția	2,57	3592,0	5,65	11	423,9	29000	95,28	88,63	0,95
SUA	2,62	4099,0	4,99	22	135,8	34600	100,00	100,00	2,52
Japonia	2,93	5321,0	3,54	16	134,0	25900	81,12	76,89	1,00
Media	1,50	2686,84	5,17	15,61	90,5	21209,1	60,78	60,11	3,48
Abat, med, pătratică	0,90	1903,18	1,20	2,15	105,1	9581,6	27,01	27,55	2,28
Dispersia	0,80	3622089,80	1,45	4,62	11052,0	807102,3	729,72	758,73	5,20

Notă: ¹ European Patent Office.

Sursa: Site-ul Eurostat (<http://epp.eurostat.cec.eu.int>); European Commission - European Innovation Scoreboard 2003, 2004; UNESCO Institute for Statistics (<http://www.uis.unesco.org>); World Bank - World Development Indicators 2005; United Nations - Human Development Report 2004.

Anexa 2

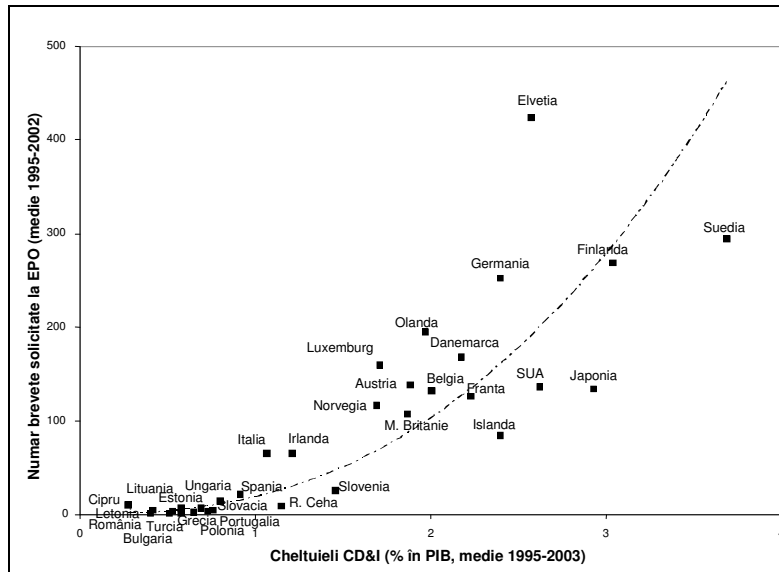


Figura 2A: Corelația dintre cheltuielile de CD&I și numărul de brevete solicitate la EPO, pentru țările europene, SUA și Japonia

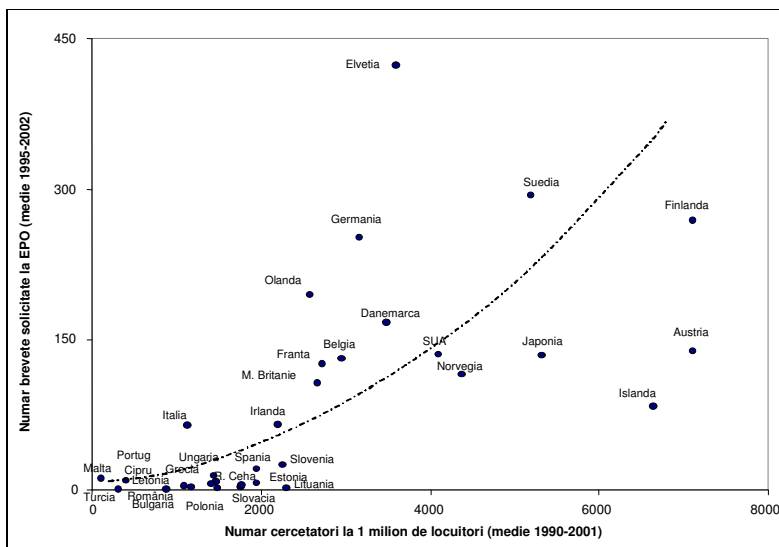


Figura 2B: Corelația dintre numărul de cercetători și numărul de brevete solicitate la EPO, pentru țările europene, SUA și Japonia

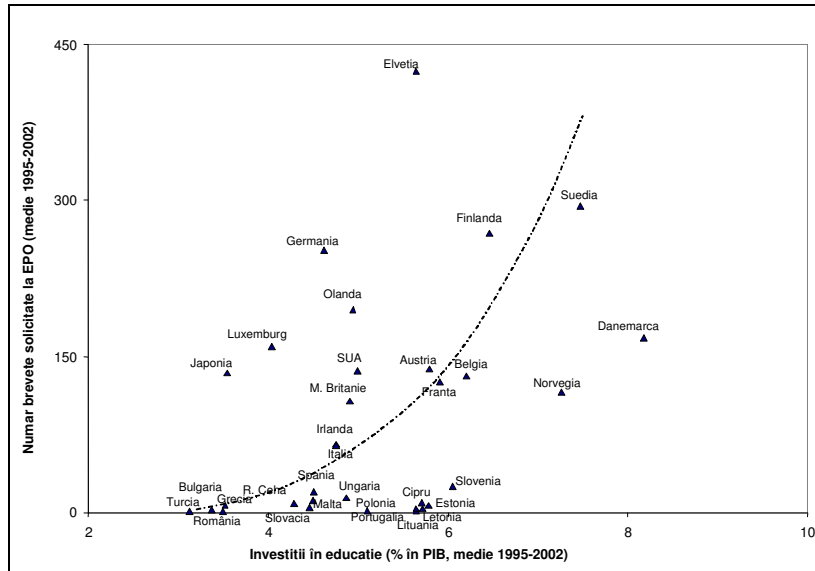
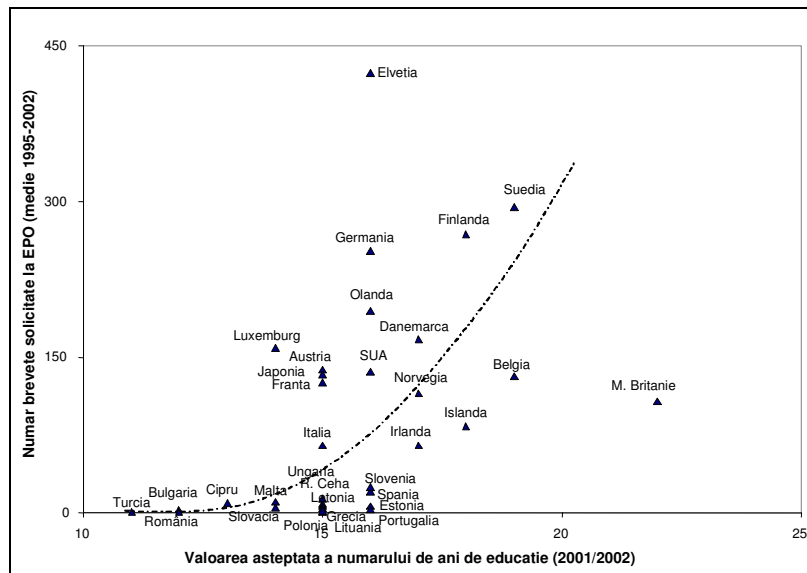


Figura 2C: Corelația dintre investițiile în educație și numărul de brevete solicitate la EPO, pentru țările europene, SUA și Japonia



Sursa: Date statistice (vezi Anexa 1) furnizate de site-ul Eurostat(<http://epp.eurostat.cec.eu.int>) și European Commission - European Innovation Scoreboard 2003,2004

Figura 2D: Corelația dintre durata medie a perioadei de studii și numărul de brevete solicitate la EPO, pentru țările europene, SUA și Japonia

Anexa 3

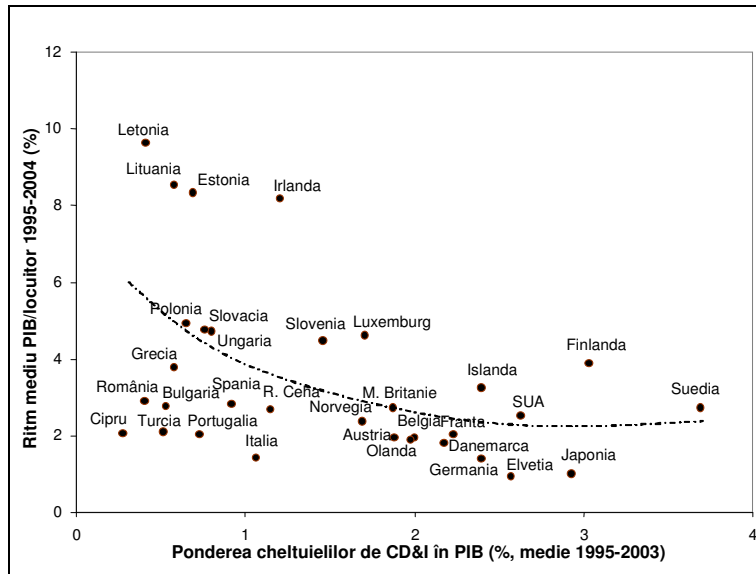


Figura 3A: Corelația dintre cheltuielile CD&I (% în PIB) și ritmul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia

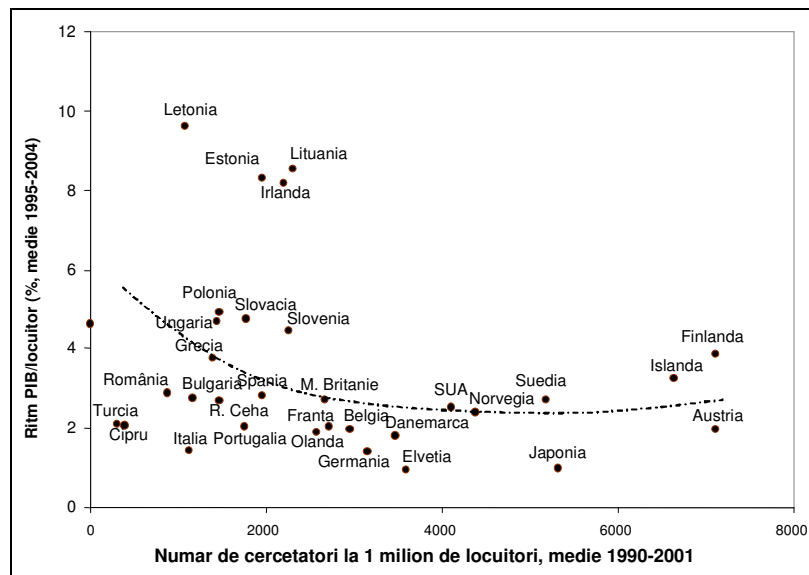


Figura 3B: Corelația dintre numărul de cercetători și ritmul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia

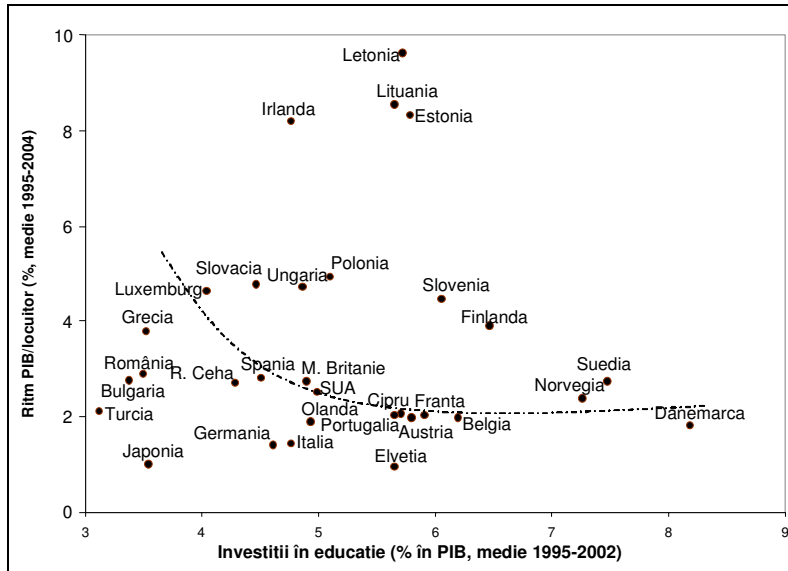


Figura 3C: Corelația dintre investițiile în educație și ritmul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia

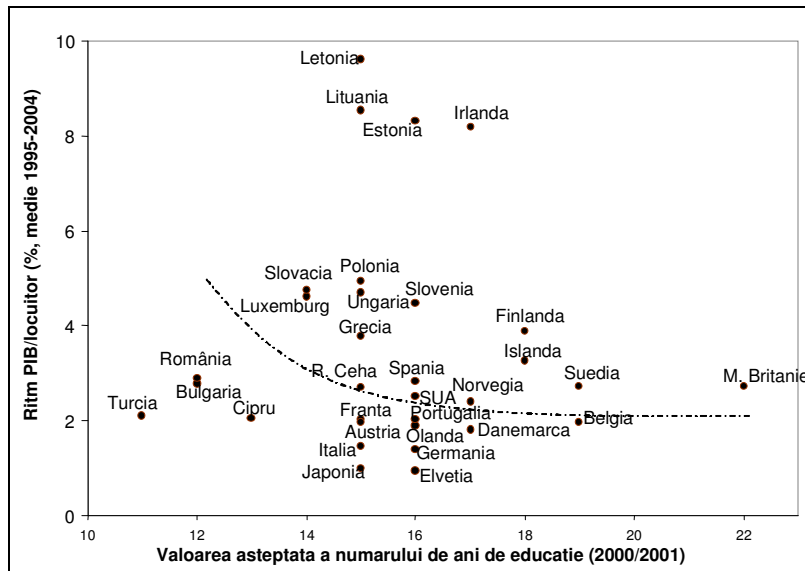
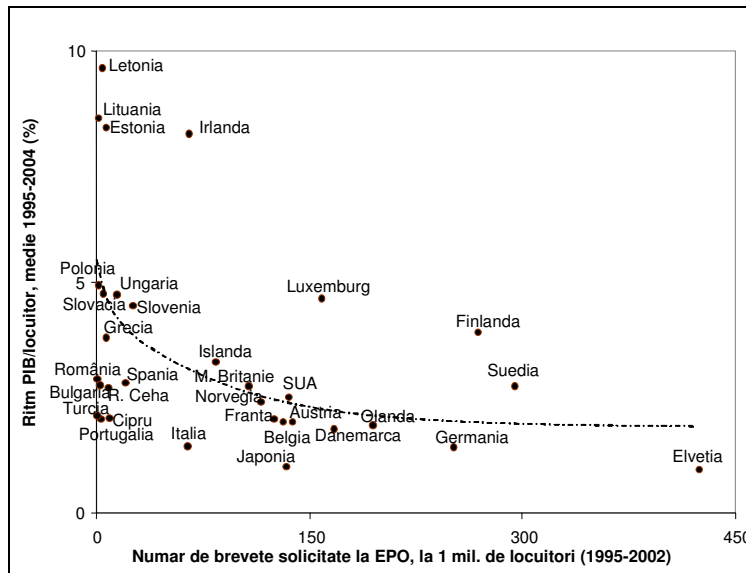


Figura 3D: Corelația dintre numărul de ani de educație și ritmul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia



Sursa: Date statistice (vezi Anexa 1) furnizate de site-ul Eurostat (<http://epp.eurostat.cec.eu.int>); European Commission – European Innovation Scoreboard 2003, 2004; UNESCO Institute for Statistics (<http://www.uis.unesco.org>); World Bank – World Development Indicators 2005; United Nations – Human Development Report 2004.

Figura 3E: Corelația dintre numărul de brevete solicitate la EPO și ritmul PIB pe locuitor, pentru țările europene, SUA și Japonia