

UN MODEL FUZZY PENTRU ESTIMAREA ECONOMIEI SUBTERANE ÎN ROMÂNIA

Lector drd. **Corina - Maria ENE**
Universitatea Hyperion din București

Lector dr. **Natalița HURDUC**
Universitatea "Athenaeum" din București

Abstract:

Mi-am propus elaborarea unui model bazat pe logica fuzzy care să permită „cuantificarea” economiei subterane. Am inițiat acest demers pornind de la modelul MIMIC de estimare a economiei subterane și de la premisa că poate fi stabilită o asociere pozitivă între o serie de variabile cauzale și dimensiunea economiei subterane.

Modelul utilizează un set de variabile, a căror alegere are la bază atât teoria economică cât și observațiile empirice, considerate a fi determinante ale activităților de natură subterană. Alegerea acestor variabile poate fi considerată subiectivă, dar setul de variabile de intrare poate fi modificat în funcție de disponibilitatea datelor necesare calculului. Oricum, trebuie subliniat faptul că fiecare dintre variabilele abordate își aduc aportul, într-o măsură mai mică sau mai mare la dezvoltarea activităților economice subterane. Legat de acest aspect, în limbajul logicii fuzzy putem formula, de exemplu, următoarea regulă: „dacă rata fiscalității este mare, atunci economia subterană este mare” etc. Folosind serii statistice pentru o perioadă dată se poate stabili o valoare de bază considerată „normală” în funcție de care poate fi calculată magnitudinea tuturor variabilelor. Pentru fiecare serie și pentru fiecare an valoarea „normală” reprezintă de fapt o medie a valorilor înregistrate într-un interval de timp precedent. Regulile care pot fi formulate sunt foarte numeroase și depind de numărul variabilelor modelului și de valorile care pot fi atribuite acestora.

Cuvinte cheie: logică fuzzy, variabile lingvistice, model fuzzy, economie subterană, politică fiscală, modelarea economiei subterane, rata fiscalității, informalizarea activității economice.

Clasificare JEL: C13, C61, D03, D84, E62, H30, O17.

1. Introducere

Politica fiscală, având ca parametru esențial rata fiscalității este considerată instrument principal al oricărui program de stabilizare sau relansare economică. Creșterea ratei fiscalității poate limita însă investițiile private și încurajează migrația activității economice din sectorul vizibil spre cel invizibil. Intensitatea

acestui transfer, precum și evaluarea parametrilor esențiali, respectiv a factorilor economici sau non-economiци care intervin, reprezintă de fapt *scopul principal al modelării economiei subterane*.

Estimarea dimensiunii economiei subterane este dificilă, însă nu imposibilă. Ea reprezintă o adevărată provocare la adresa experților în domeniu, care au ajuns la concluzia că orice modificare a dimensiunii economiei subterane este reflectată printr-o modificare a principalilor indicatori macroeconomici. Pornind de la aceste considerente au fost elaborate o serie de modele menite să faciliteze evaluarea cauzelor și efectelor informalizării activității economice, respectiv să estimeze dimensiune și dinamica economiei subterane.

2. Logica fuzzy și premisele aplicării sale în economie

Universul este alcătuit dintr-o serie de elemente care nu pot fi strict definite sau delimitate. Pornind de la o astfel de observație, Lotfi Zadeh (considerat părintele logicii fuzzy) a decis să extindă cele două valori logice definite de perechea $\{0, 1\}$ la un interval continuu $[0,1]$, introducând o tranziție graduală dinspre fals spre adevărat¹.

Mulțimile fuzzy reprezintă de fapt o extensie a conceptului matematic de mulțime. O mulțime este o colecție de obiecte care au în comun cel puțin o caracteristică. În cazul mulțimilor fuzzy criteriul de apartenență la mulțime nu este limitat la o singură condiție. De exemplu, mulțimea persoanelor active din economie. Un tânăr având vârsta de 30 de ani face parte clar din această mulțime, pe când o persoană în etate este exclusă. Dar cum rămâne cu persoanele având vârsta de 40, 50, 60 și chiar 70 de ani? Zadeh a introdus în acest sens noțiunea de *grad de apartenență* care permite tranziția graduală între calitatea de membru al unei mulțimi și lipsa acestei calități. Gradul de apartenență al elementelor unei mulțimi la acea mulțime caracterizează o *mulțime fuzzy*. Cu toate că gradul de apartenență este precis, el reprezintă o mărime subiectivă care depinde de un anumit context. Similar variabilelor algebrice, care au ca valori numere, *variabilele lingvistice*, specifice mulțimilor fuzzy, au ca valori cuvinte sau propoziții. Mulțimea acestora este denumită generic *mulțime a termenilor*. Fiecare valoare din mulțimea termenilor este o *variabilă fuzzy* definită pe o *variabilă-bază*. *Logica binară* a apărut odată cu studiul limbajului. Propozițiile reprezintă, în logică, aserțiuni care pot fi adevărate sau false, însă nu ambele în același timp. În logica fuzzy însă, o propoziție poate fi adevărată sau falsă, sau poate avea o valoare de adevăr intermediară, ca de exemplu, „aproape adevărată”.

Teoria mulțimilor fuzzy și funcțiile fuzzy se aplică pe scară largă în știința computerelor, în analiza sistemelor, în ingineria electrică și electronică, precum și în domeniile complementare acestora. Odată cu dezvoltarea sistemelor expert, logica

¹ Jantzen Jan – Tutorial on Fuzzy Logic, Technical University of Denmark, Department of Automation, Tech. Report no 98-E 868, 19 August 1998, pag. 2.

fuzzy și-a făcut loc în viața noastră chiar fără a ne da seama (se regăsește sub forma unor aplicații în industria automobilistică, în aparatura casnică etc).

Deși intens folosită în științele exacte, aplicarea facilităților oferite de logica fuzzy în științele sociale a fost limitată din rațiuni mai mult sau mai puțin psihologice. Este și cazul științelor economice. Încercări timide de folosire a teoriei mulțimilor fuzzy în econometrie¹ au apărut abia după mijlocul anilor '90. Este perioada în care s-a încercat fuzzificarea regresiei în contextul modelării non-liniarității și utilizarea analizei fuzzy pentru a prognoza comportamentul investițional, având ca bază nivelul ratei dobânzii și volumul schimburilor care au loc în economie².

3. Aspecte metodologice

Mi-am propus măsurarea economiei subterane în România folosind o metodă exploatată mult prea puțin în analiza problemelor de natură economică. Este vorba despre tehnica bazată pe mulțimi fuzzy. Metodologia pe care aceasta o presupune este complet diferită de toate celelalte metode utilizate în același scop.

Metoda are la bază aplicarea unor premise inductive de genul „dacă valoarea produsului intern brut pe locuitor este mare, atunci economia subterană este mare” sau „dacă impozitarea este excesivă, evaziunea fiscală este ridicată”. Asocierea gradelor de apartenență unor astfel de variabile subiective depinde în mare măsură de experiența celui care aplică metoda.

În demersul pe care l-am inițiat conceptele folosite au fost preluate din modelul MIMIC. Este vorba despre variabilele cauzale prelucrate, respectiv ponderea impozitelor directe în PIB (DIR), ponderea impozitelor indirecte în PIB (INDIR), indicele PIB/locuitor exprimat în USD (PIBL), rata șomajului (SOM) și indicele percepției corupției (IPC). Perioada de analiză este 1990 – 2007. Valoarea economiei subterane obținută ca urmare a aplicării metodei fuzzy este aferentă perioadei 1992 – 2007, deoarece datele aferente anilor 1990 și 1991 au fost destinate construirii mediei aritmetice și armonice, necesare analizei.

Alegerea variabilelor prezentate mai sus nu are o motivație obiectiv științifică, ci a fost influențată de aplicarea modelelor precedente. Am presupus că între acestea și economia subterană există o relație de interdependență. În acest sens, am considerat că „dacă impozitarea este mare și dacă rata șomajului este mare și dacă indicele de percepție este mare (birocrație mare) și dacă PIB pe locuitor este redus, atunci economia subterană este mare”. Aceasta este doar una dintre specificațiile modelului, putându-se crea diferite variante:

¹ În acest sens este cunoscută lucrarea de pionierat în domeniu aparținând lui Lindstrom T., A fuzzy Design of the Willingness to Invest in Sweden, Journal of Economic Behaviour and Organization, 36, 1-17, 1998.

² Draeseke Robert, Giles David E.A. – A Fuzzy Logic Approach to Modelling the Underground Economy, WP, Department of Economics, University of Victoria Research Grant #38163-28200, Canada, 2000, pag. 2-3.

- „dacă impozitarea este mare și dacă rata șomajului este medie și dacă PIB pe locuitor este mediu și dacă indicele percepției corupției este mic, atunci economia subterană este medie”;
- „dacă impozitarea este medie și dacă rata șomajului este mică și dacă PIB pe locuitor este mare și dacă indicele percepției corupției este mic, atunci economia subterană este mică”;
- „dacă impozitarea este excesivă și dacă rata șomajului este mare și dacă PIB pe locuitor este mediu și dacă indicele percepției corupției este excesiv, atunci economia subterană este mare” etc.

Nu numai alegerea variabilelor cauzale este subiectivă, ci și specificarea limitelor mulțimilor fuzzy. Pragul dincolo de care impozitarea se transformă din „mare” în „excesivă” este determinat de opțiunea personală.

Ținând cont de precizările de mai sus, am definit mulțimi fuzzy asociate variabilelor cauzale menționate. Apoi am asociat valorilor nivele subiective. Următorul pas a fost formularea regulilor de decizie și stabilirea nivelului subiectiv al economiei subterane folosind operatori fuzzy. Aceste etape au fost parcurse pentru fiecare an al seriei de date analizate.

Am început prin a crea o scală care să permită identificarea nivelelor subiective „foarte mare”, „mare”, „normal”, „scăzut”, „foarte scăzut”. În acest scop am utilizat procedeul mediei mobile. Pentru că nu am ținut cont de posibilele cicluri numerice care intervin în seria de date, nivelul final al economiei subterane pentru perioada 1992 – 1999 a fost ulterior ajustat.

Pentru fiecare serie și pentru fiecare an, media perioadei anterioare a fost considerată valoare „normală”. De exemplu, valoarea „normală” aferente unei variabile pentru anul 2000 este reprezentat de media valorilor variabilei respective din perioada 1990 – 1999.

Nivelele din jurul valorii normale au fost obținute astfel:

- „mare”: valoarea normală + deviația standard ;
- „foarte mare”: valoarea normală + de două ori deviația standard ;
- „scăzut”: valoarea normală - deviația standard ;
- „foarte scăzut”: valoarea normală - de două ori deviația standard.

Altfel spus, algoritmul general este de tipul:

Foarte scăzut (FS)	Scăzut (S)	Normal (N)	Mare (M)	Foarte mare (FM)
$Media_t - 2*DEV.ST.$	$Media_t - DEV.ST.$	$Media_t$	$Media_t + DEV.ST.$	$Media_t + 2*DEV.ST.$

Datele prezentate în tabelul 1 reprezintă calculul nivelurilor aferente variabilei „ponderea impozitelor indirecte în PIB” (INDIR). Pentru celelalte variabile cauzale, calculele sunt similare. Celulele colorate semnifică posibilele niveluri de apartenență ale variabilei INDIR.

În anul 1992, spre exemplu, valoarea reală a variabilei este 24,99%. Această valoare trebuie încadrată corespunzător nivelului său de apartenență:

Foarte scăzut	Scăzut	Normal	Mare	Foarte mare
(FS)	(S)	(N)	(M)	(FM)
15.6249	19.7680	23.9111	28.0542	32.1973

Tabelul 1

Stabilirea nivelurilor subiective aferente variabilei INDIR

	Foarte scăzut (FS)	Scăzut (S)	Normal (N)	Mare (M)	Foarte mare (FM)	Seria inițială (%PIB)
1990						20.98
1991						26.84
1992	15.6249	19.7680	23.9111	28.0542	32.1973	24.99
1993	18.2806	21.2759	24.2712	27.2664	30.2617	28.98
1994	18.6592	22.0537	25.4481	28.8426	32.2371	18.10
1995	15.1575	19.5677	23.9779	28.3881	32.7983	11.47
1996	8.9843	15.4384	21.8924	28.3465	34.8006	11.99
1997	6.5176	13.4977	20.4778	27.4578	34.4379	19.09
1998	7.3425	13.8234	20.3043	26.7852	33.2661	15.77
1999	7.3045	13.5525	19.8004	26.0484	32.2963	15.82
2000	7.3554	13.3789	19.4025	25.4260	31.4495	14.88
2001	7.2405	13.1157	18.9909	24.8661	30.7413	11.23
2002	6.2785	12.3114	18.3443	24.3773	30.4102	10.16
2003	5.3022	11.5084	17.7147	23.9209	30.1272	11.62
2004	4.9160	11.0975	17.2791	23.4606	29.6421	10.58
2005	4.4276	10.6301	16.8326	23.0352	29.2377	9.92
2006	3.9286	10.1647	16.4009	22.6370	28.8731	9.41
2007	3.4464	9.7180	15.9897	22.2613	28.5329	6.49

Sursa: calcule proprii.

Se observă însă că valoarea reală poate fi plasată undeva între nivelul „normal” și nivelul „mare”. Intervine aici unul dintre avantajele logicii fuzzy, respectiv faptul că nu impune alegerea unui singur nivel, ci permite alegerea a două sau mai multe, făcând distincția între diferite încadrări prin intermediul gradelor de apartenență sau a coeficienților de certitudine. Stabilirea coeficienților de certitudine este un alt element subiectiv inclus în analiză.

Pentru a asocia valori nivelurilor de apartenență am folosit media armonică. Pentru variabila INDIR valorile asociate nivelurilor de apartenență sunt:

Foarte scăzut (FS)	Scăzut (S)	Normal (N)	Mare (M)	Foarte mare (FM)
0.0675	0.1352	0.1965	0.2551	0.3122

Suma valorilor asociate este egală cu unitatea. Valorile observațiilor care depășesc limita superioară sau sunt mai mici decât limita inferioară sunt asimilate limitelor extreme. Valoarea 1 asociată unui nivel reflectă apartenența perfectă (completă), iar valoarea 0 indică lipsa de apartenență.

Următoarea etapă în aplicarea metodei constă în construirea regulilor de producție. Acestea vor determina nivelurile de apartenență individuale pentru fiecare variabilă, iar din combinarea lor va rezulta nivelul economiei subterane. Construirea regulilor de producție este arbitrară.

În tabelul 2 sunt prezentate câteva dintre posibilele reguli de producție aferente variabilelor cauzale pentru anul 1992.

Tabelul 2

Reguli de producție aferente anului 1992

Regula	Variabile cauzale					ECINF	Coeficient de certitudine
	DIR	INDIR	PIBL	SOM	IPC		
1	FM	N	FS	N	M	R	0.8
2	FM	N	FS	N	FM	ME	1
3	FM	N	FS	M	FM	R	0.8
4	FM	N	FS	M	M	ME	0.8
5	FM	N	S	N	M	ME	0.8
6	FM	N	S	N	FM	R	0.8
7	FM	N	S	M	FM	R	1
8	FM	N	S	M	M	ME	0.8
9	FM	M	FS	N	M	ME	1
10	FM	M	FS	N	FM	ME	0.8
11	FM	M	FS	M	FM	R	0.8
12	FM	M	FS	M	M	R	0.8
13	FM	M	S	N	M	ME	0.8
14	FM	M	S	N	FM	R	1
15	FM	M	S	M	FM	R	1
16	FM	M	S	M	M	ME	1

Sursa: calcule proprii.

DIR - ponderea impozitelor directe în PIB, INDIR - ponderea impozitelor indirecte în PIB, PIBL - indicele PIB/locuitor exprimat în USD, SOM - rata șomajului, IPC - indicele percepției corupției; FS – foarte scăzut, S – scăzut, N – normal, M – mare, FM – foarte mare, E – extrem de ridicat, R – ridicat, ME – mediu, RE – redus, FR – foarte redus.

Fiecare regulă am interpretat-o folosind criteriul decizional „dacă - atunci”, menționat în paragrafele anterioare. De exemplu, potrivit regulii numărul 1, „dacă ponderea impozitelor directe în PIB este foarte mare și dacă ponderea impozitelor indirecte în PIB este normală (presiune fiscală ridicată) și dacă PIB pe locuitor este foarte scăzut și dacă șomajul este în limite normale și dacă indicele percepției corupției este mare, atunci economia subterană are un nivel ridicat”. Similar am încercat să interpretez cât mai pertinent fiecare dintre regulile expuse. Similar, am creat astfel de reguli pentru fiecare an al perioadei de analiză, însă consider că lipsa expunerii lor în aceste pagini (analiza este foarte vastă) nu afectează înțelegerea și relevanța rezultatele demersului propus.

Ultima coloană a tabelului 2 prezintă coeficienții de certitudine asociați economiei subterane, în funcție de intensitatea regulii aferente. Și în acest caz intervine intuiția și judecata personală. De exemplu, prima regula evidențiază faptul că economia subterană nu este asociată perfect nivelului „ridicat”, ci în proporție de 80%.

Ultima etapă a presupus construirea seriei numerice aferente variabilei ECINF (economia subterană). În acest scop am atribuit următoarele valori nivelurilor de apartenență ale variabilei mai sus menționate:

- extrem de ridicat: E = 0.5; - ridicat: R = 0.35;
- mediu: ME = 0.20;
- foarte redus: FR = 0.05. - redus: RE = 0,10;

Menționez încă odată că această alegere a fost arbitrară, iar modificarea valorilor aferente nivelurilor de apartenență conduce la modificarea valorilor corespunzătoare economiei subterane.

Informațiile prezentate în tabelul 2 au fost prelucrate cu ajutorul operatorilor fuzzy MIN și MAX, așa cum este prezentat în tabelul 3.

Tabelul 3

Stabilirea mărimii economiei subterane (variabila ECINF)

Regula	Variabile cauzale					Valoarea minimă a Variabilelor cauzale ¹	ECINF
	DIR	INDIR	PIBL	SOM	IPC		
1	FM	N	FS	N	M	0.026986	R
2	FM	N	FS	N	FM	0.038350	ME
3	FM	N	FS	M	FM	0.030680	R
4	FM	N	FS	M	M	0.026986	ME
5	FM	N	S	N	M	0.026986	ME
6	FM	N	S	N	FM	0.030680	R
7	FM	N	S	M	FM	0.038350	R

¹ Se calculează valoarea funcției MIN (DIR, INDIR,PIBL,SOM,IPC). Valoarea astfel obținută se multiplică cu valoarea coeficientului de certitudine.

Regula	Variabile cauzale					Valoarea minimă a Variabilelor cauzale ¹	ECINF
	DIR	INDIR	PIBL	SOM	IPC		
8	FM	N	S	M	M	0.026986	ME
9	FM	M	FS	N	M	0.033732	ME
10	FM	M	FS	N	FM	0.030680	ME
11	FM	M	FS	M	FM	0.030680	R
12	FM	M	FS	M	M	0.026986	R
13	FM	M	S	N	M	0.026986	ME
14	FM	M	S	N	FM	0.038350	R
15	FM	M	S	M	FM	0.038350	R
16	FM	M	S	M	M	0.033732	ME

Sursa: calcule proprii.

4. Estimarea dimensiunii economiei subterane în România

Am determinat valoarea maximă înregistrată de variabila ECINF pe fiecare nivel de apartenență (R și ME, în cazul anului 1992), după cum urmează:

- Nivel R: $\max(0.026986, 0.030680, 0.030680, 0.038350, 0.030680, 0.026986, 0.026986, 0.038350) = 0.038350$;
- Nivel ME: $\max(0.038350, 0.026986, 0.026986, 0.026986, 0.033732, 0.030680, 0.026986, 0.033732) = 0.038350$.

Valorile astfel obținute au fost înmulțite cu valorile conferite nivelurilor de apartenență ale variabilei semnificând economia subterană:

Nivel	Valoare maximă variabilă	Valoare nivel de apartenență
R	0.038350	0.35
ME	0.038350	0.20

În aceste condiții, valoarea procentuală a economiei subterane (ca pondere din PIB) aferentă anului 1992 este:

$$\frac{0.038350 \times 0.35 + 0.038350 \times 0.20}{0.038350 + 0.038350} = 0.275, \text{ respectiv } 27,5\%.$$

Procedura de lucru prezentată pentru seria de date aferente anului 1992 a fost aplicată și pentru ceilalți ani ai perioadei analizate. Rezultatele obținute sunt prezentate sinoptic în figura 1.

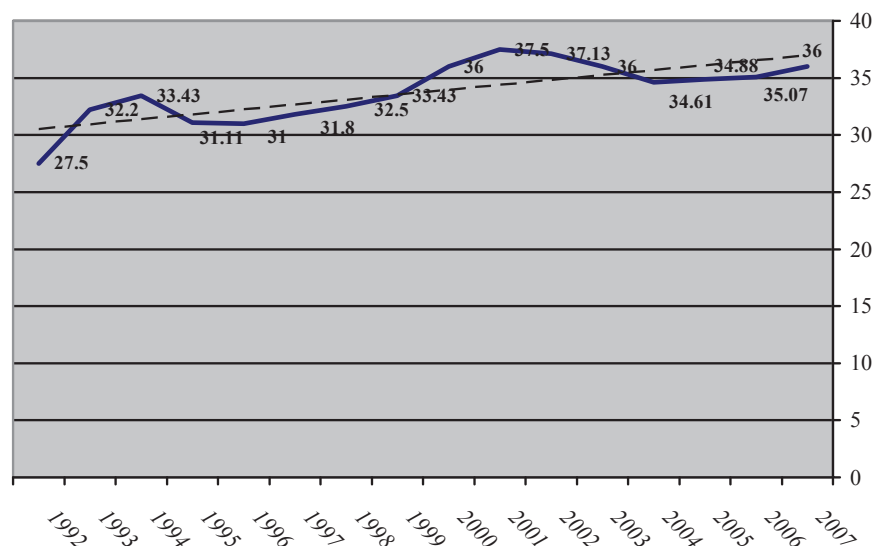


Figura 1 – Evoluția economiei subterane în România în perioada 1992 – 2007
(model fuzzy)

Sursa: calcule proprii

Valoarea medie a economiei subterane în România, în perioada analizată este de 33,76%.

5. Concluzii

Desigur, nu putem determina care dintre metodele utilizate furnizează soluția cea mai bună sau care dintre valorile ce caracterizează nivelul economiei subterane prezintă cel mai ridicat grad de certitudine, deoarece prin însăși natura sa, evoluția economiei subterane stă sub semnul incertitudinii. Cu toate acestea, consider că tehnica fuzzy prezentată aici poate constitui o alternativă acceptabilă a analizelor bazate pe ecuații de regresie.

Datorită naturii sale clandestine, ascunse, măsurarea economiei subterane este o chestiune nesigură și dificilă, totodată. Fragilitatea metodelor, lipsa instrumentelor de măsură, dar și natura intrinsecă a fenomenului îngreunează atât abordarea cantitativă, cât și cea calitativă, lăsând loc aproximărilor și cifrelor incerte. Întrebarea care se impune este dacă aceste cifre sunt în limite considerate normale având în vedere situația economică a țării noastre, sau dacă exced limitele și periclitează sau aduc prejudicii extrem de grave economiei naționale. Răspunsul la această întrebare trebuie căutat prin comparații internaționale, cel puțin cu țări asemănătoare ca structură economică.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ:

1. Draeseke Robert, Giles David E.A. (2000): *A Fuzzy Logic Approach to Modelling the Underground Economy*, WP, Department of Economics, University of Victoria Research Grant #38163-28200, Canada;
2. Ene Corina Maria, Mitroi Andreea (2008): *Two Sides of the MIMIC Model of the Underground Economy*, Econophysics, New Economics & Complexity International Conference, ENEC Working Papers Book, May 2008, ISBN 978-973-8128-94-1;
3. Feige Edgar L. (1989): *The Underground economies. Tax Evasion and Information Distortion*, Cambridge University Press;
4. Feige Edgar L. (1989): *The Meaning and Measurement of the Underground Economy*, in *The Underground Economies. Tax Evasion and Information Distortion*, Edited by Edgar L. Feige, Cambridge University Press, 1989;
5. Feige Edgar L., Katarina Ott (1999): *Underground Economies in Transition. Unrecorded Activity, Tax Evasion, Corruption and Organized Crime*, Ashgate Publishing Ltd.;
6. Jantzen Jan (1998): *Tutorial on Fuzzy Logic*, Technical University of Denmark, Department of Automation, Tech. Report no 98-E 868, 19 August;
7. Lindstrom T. (1998): *A Fuzzy Design of the Willingness to Invest in Sweden*, Journal of Economic Behaviour and Organization, 36, 1-17;
8. Losby J.L., Else J.F., Kingslow M.E., Edgcomb E.L., Malm E.T., Kao V. (2002): *Subteran Economy Literature Review*, ISED Consulting and Research & The Aspen Institute, Grant from the Charles Stewart Mott Foundation, December;
9. *** Institutul Național de Statistică – Anuare statistice;
- 10.*** Transparency International Romania – National Report on Corruption 2008;
- 11.*** Transparency International Romania – Report on Global Corruption Barometer, Policy and Research Department, December 2007.