

DIN ISTORIA UNUI CONCEPT MATEMATIC: SIMETRIA

Eufrosina OTLĂCAN¹

eufrosinaotl@gmail.com

ABSTRACT. The antique study of geometric properties of symmetries was continued by algebra, with group theory and matrix calculus. Beginning with the 19th century, many scientists like as mathematicians, chemists, physicists, aestheticians contributed with studies about symmetry and asymmetry, proving the importance of their alternation for the development of processes. This paper presents also Mihai Drăgănescu's philosophical point of view about symmetry, Matila Ghyka's contributions to the symmetry theory and an original mathematical model for pairs of systems which have a symmetric evolution.

KEYWORDS: symmetry, asymmetry, orthosenses, dynamic symmetry, harmony

Despre conceptul de simetrie în artă și în știință

De multe milenii principiul simetriei și-a găsit un loc important în viața umanității, atât în activități artistice cât și practice. Oamenii au creat simetrii în construcțiile lor datorită cunoașterii proprietăților geometrice ale simetriei. Într-un studiu științific, conceptul de simetrie apare pentru prima oară în secolul al VI-lea înainte de Christos, datorită filosofului grec Anaximandru, care acordă proprietățile de simetrie axială Pământului și întregului Univers. Anaximandru (610–546 Î.H.) a folosit geometria și proporțiile matematice pentru desenarea unei hărți a dimensiunilor divine (Enciclopedia Universală Britanică).

Primele studii sistematice asupra simetriei au început să apară în secolul al 19-lea, când cercetările asupra cristalelor s-au extins la poliedrele simetrice. Studiul proprietăților geometrice ale simetriei a fost continuat de algebră, începând tot cu același secol al 19-lea, cu teoria grupurilor; se citează în acest sens lucrările lui C. Jordan publicate în anii 1868–1869, ale lui H. Hilton din 1903 etc. În secolul

¹ Profesor universitar, doctor în matematici, vicepreședinte al Diviziei de Istoria Științei a Comitetului Român pentru Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii al Academiei Române.

al 20-lea algebra adaugă instrumentul calculului matriceal; sunt citate lucrările lui F. Seitz din anii 1934–1935, ale lui F. Fumi din 1947. Apoi, în 1948 J. Burckhard aplică teoria congruențelor în studiul abstract al simetriei [19].

Nu doar matematicienii își aduc aportul la studiul conceptului de simetrie. Celebrul chimist și biolog Louis Pasteur (1822–1895) publică în 1861 descoperirea disimetriei (termen sinonim cu asimetria, dar mai puțin folosit) moleculare. Sunt citați cu lucrări asupra simetriei chimiștii R.C. Evans (la 1848) și, în secolul al 20-lea, Holleman (la 1951), L. Pauling (1952), F. Hei (la 1954). S-au implicat pe aceeași temă, în aceeași perioadă de timp, biologi ca E. Haeckel (la 1864), W. Ludwig (la 1932). Sunt remarcați și fizicienii P. Curie (lucrări în 1884, 1894), H. Bouasse (la 1931). Își spun cuvântul și esteticienii, ca O. Jones (la 1868) [19].

O atenție deosebită se cere a fi acordată lui Matila Ghyka, care publică la Paris în 1926 studiul *Estétique des proportions dans la nature et dans les arts* [12]. Din datele care sunt astăzi pe internet, aflăm că la 13 septembrie anul acesta s-au împlinit 130 de ani de la nașterea acestei mari personalități reprezentative în istoria culturală a României. Se cuvine să omagiem și noi, în acest cadru, memoria acestui român care a reușit să fie ofițer de marină, diplomat, estetician, scriitor, matematician, inginer, istoric. Despre contribuția sa la teoria simetriei mă voi referi în secțiunea a treia a acestei lucrări.

Un avans pe calea studiului matematic al simetriei s-a produs sub conducerea lui Gr. C. Moisil, studiindu-se grupurile cristalografice de simetrie și ecuațiile cu derivate parțiale ale diferitelor fenomene care se produc în cristale, în care simetria are un rol însemnat [19].

Definiții neformalizate matematic găsim aproape în toate dicționarele enciclopedice. Astfel, în *Dicționarul universal al limbii române* [24]: simetrie este 1) dispunere regulată a părților, a obiectelor asemănătoare de o parte și de alta a unei axe, a unui plan sau în jurul unui punct; corespondență de formă, de poziție etc. între părțile (opuse ale) unui tot; 2) regularitate, proporționalitate, armonie între părțile unui tot, între elementele unui ansamblu; armonie, frumusețe ce rezultă dintr-o dispoziție regulată, potrivire; 3) proprietate a două puncte aparținând aceleiași figuri geometrice sau la două figuri diferite de a fi așezate la aceeași distanță de un plan, de o dreaptă sau de un punct; proprietate corespunzătoare a două figuri geometrice; 4) proprietate a două figuri (geometrice) de a se suprapune exact.

Enciclopedia Universală Britanică [25] specifică și modul în care diferite științe se referă la simetrie. Astfel, dacă în geometrie este

proprietatea prin care fețele unei figuri sau ale unui obiect se reflectă una pe alta, de o parte și de alta a unei linii (axă de simetrie) sau a unei suprafețe, în alte discipline definițiile simetriei sunt adaptate: în biologie semnifică repetarea ordonată a părților unui animal sau ale unei plante; în chimie este proprietatea fundamentală a organizării regulate a atomilor în molecule sau cristale; în fizică este concept de echilibru ilustrat de legi fundamentale; în natură simetria reprezintă unul dintre cele mai importante concepte ale frumuseții, corespunde echilibrului, ordinii și în felul acesta, consideră unii, relevă principiul divin.

Principiul divin a fost atribuit *numărului de aur*, rezultat al *proporției de aur*, acel număr x care realizează condiția ca la împărțirea unui segment în două părți neegale, astfel încât raportul între lungimea întregului segment și partea mai mare, x , să fie egal cu raportul între partea mai mare și partea mai mică. „Jocul subtil al proporțiilor și simetriilor corpului omenesc, exprimat cu fidelitate prin numărul de aur, era la greci un model pentru formele arhitecturale” [12].

Diferite științe, începând cu matematicile, au contribuit la îmbogățirea conceptului de simetrie și la lărgirea aplicațiilor acesteia.

Definită geometric, simetria poate fi percepută vizual; algebra, prin teoria grupurilor, îi studiază proprietățile; în analiza matematică simetria funcțiilor este un instrument de lucru; logicii îi aparține studiul relațiilor diadice, așa cum sunt operatorii logici simetrici: și, sau, dacă și numai dacă.

Un alt aspect al conceptului de simetrie este acela de simetrie la scară, simetria fractalelor, căreia i se asociază *teoria matematică a fractalelor*.

Privind dincolo de matematici, să luăm mai întâi *fizica*. Aici simetria a fost generalizată, însemnând *invariantă*, de exemplu față de schimbarea sistemului de referință, a axelor de coordonate. Astfel devenea evident că, practic vorbind, toate legile naturii își au originea în simetriei. În 1972, laureatul Nobel pentru fizică P. W. Anderson în articolul său *More is Different* afirma că „fizica este studiul simetriei”. S-a mai afirmat că simetria legilor fizicii determină proprietățile particulelor care se găsesc în natură. Același fizician remarcă faptul că, la nivelul mecanicii cuantice, expresiile matematice ale simetriilor nu mai sunt doar aproximații, se transformă în definiții precise ale naturii obiectelor descrise. „Din acest moment corelația acestor obiecte cu descrierea lor matematică devine atât de apropiată, încât e dificil să mai fie separate” [23]. Un nou concept care se încearcă a se impune în fizica moleculară este cel de *supersimetrie*, care se bazează pe ideea că există o

altă simetrie fizică dincolo de cea dezvoltată în modelul standard, o simetrie specifică între *bosoni* și *fermion*. Supersimetria presupune că fiecare tip de boson are, ca partener supersimetric, un fermion, numit superpartener și reciproc. Supersimetria nu a fost încă verificată experimental; se presupune că dacă superpartenerii există, ei trebuie să aibă masa mai mare decât acceleratorii de particole care i-ar genera.

Simetria prezintă în natură a sugerat nu doar frumosul ci și informația furnizată de lumea înconjurătoare. Fulgii de zăpadă și cristalele de gheață sunt cele mai frumoase și delicate imagini ale simetriei în natură. Nu este surprinzător faptul că simbolurile religioase – crucea creștină, steaua iudaică, simbolul taoismului, cel al hinduismului, simbolul taiji al neoconfucianismului chinez, simbolul budismului și cel al shintoismului – toate prezintă simetrii.

În *relațiile sociale* și de aici în științele umaniste, simetria exprimă reciprocitatea, empatia, dialogul, respectul, dreptatea, dar și spargerea acesteia, atunci când relațiile de colaborare devin relații de forță, antagoniste, deci expresii ale asimetriei. Mahatma Gandhi (Mohandas Karamchand, 1869–1948), apostolul național și religios al Indiei, creatorul doctrinei acțiunii non violente, a exprimat figurativ simetria relațiilor interumane ca pe o oglindă a sentimentelor și trăirilor sufletești: „Viața m-a învățat că lumea este amabilă dacă eu sunt amabil; că persoanele sunt triste dacă eu sunt trist; că toți mă iubesc dacă eu îi iubesc; că toți sunt răi dacă eu îi urăsc; că există fețe zâmbitoare dacă eu le zâmbesc; că există fețe amărâte dacă eu sunt amărât; că lumea este fericită dacă eu sunt fericit; că lumea se supără dacă eu mă supăr; că există persoane recunoscătoare dacă eu sunt recunoscător. Viața este ca o oglindă: dacă zâmbesc, oglinda îmi întoarce zâmbetul. Atitudinea pe care o am în fața vieții este aceeași pe care viața o va lua față de mine. Cine vrea să fie iubit, să iubească! Unicul motiv să fii fericit este pentru că tu hotărăști să fii fericit”.

În arhitectură, pentru a nu rămâne doar la exemplele antichității, deseori citate de enciclopedii, să exemplificăm prin simetria unor construcții bucureștene, bine cunoscute, precum Palatul Parlamentului, Palatul Regal, Casa Cantacuzino, Casa Presei. Simetria dispăre, de exemplu la celebrul Turn din Pisa, dar și în construcții de dată recentă din București, precum Opera Center de la podul Operei (sediul al băncii ING), Europe House, America House, Casa Arhitecților ș.a.

În estetică, simetria este considerată o sursă de confort și siguranță manifestată în mediul înconjurător, dar simetria excesivă se consideră plictisitoare și neinteresantă. Arhitectura modernistă elimină, pe cât posibil, simetria, dar uneori, în cazul unor arhitecturi

asimetrice, ca cele citate din București, asimetria a fost și un mijloc practic de a folosi la maximum terenurile și spațiile restrânse pe care le aveau la dispoziție.

În muzică, conceptul este aplicat în baza simetriilor intervalelor muzicale, vorbindu-se și de ritmuri simetrice. În analiza aspectelor de simetrie în acest domeniu se citează și lucrări ale lui Matila Ghyka.

Istoria științei încă mai descoperă momente ale folosirii termenilor de simetrie și asimetrie. Exemplu, studiul *Symmetry and asymmetry in electrodynamics from Rowland to Einstein* [9] constată că Einstein în celebra lucrare din 1905 asupra relativității invocă termenul „simetrie” de șase ori; autorii demonstrează că argumentele lui Einstein nu au avut la bază o motivație de ordin estetic sau epistemologic, ci reprezintă un raționament original de ordin fizic. Alți termeni pentru simetrie, care au mai fost utilizați de predecesori ai lui Einstein, au fost cei de reciprocitate sau de paralelism, în legătură cu ecuațiile lui Maxwell și câmpurile electromagnetice.

Simetria este inseparabil legată de opusul său, asimetria. Rolul asimetriei a fost pus în evidență de cercetările fizicii subatomice, prin rezultate publicate începând cu deceniul șapte al secolului trecut și încununate cu Premiul Nobel pentru fizică în anul 2008. Astfel, în 1960 Yoichiro Nambu dăduse un model matematic care descria apariția simetriei la nivel subatomic; fizicianul nuclearist Andrei Sacharov (1921–1989, Premiul Nobel pentru Pace în 1975) publicase în 1967 și 1979 lucrări referitoare la asimetria barionilor; începând cu 1970 Makoto Kobayashi și Toshihide Maskawa formulau un model care explica spargerea simetriei și sugerau existența unei a treia familii de quarci. Era astfel pusă în evidență asimetria, dar încă rămâne un mister cauza asimetriei primare.

Astăzi simetria cât și opusul său, asimetria, sunt concepte de referință în multe domenii ale științei și în aplicații practice. Comunicări de dată recentă apar în domenii ca:

- ◆ informatică medicală, calculatorul ajută la stabilirea diagnosticului ([2], [14], [22]);
- ◆ genetică, unde „solidele platonice, simetria și numerele lui Fibonacci” au un rol semnificativ în organizarea codului Naturii [8];
- ◆ neurologie și psihologie, de exemplu asimetria feței fiind legată de dezvoltarea creierului ([14]);
- ◆ teorie militară;
- ◆ studiul fenomenelor economice și financiare, în care apare alternanța simetrie/asimetrie ([1], [10]);
- ◆ lingvistica matematică [13].

Cele mai multe teorii care se referă la principiul simetriei au în vedere aspecte statice și folosesc ca instrumente matematice geometria și algebra. Dinamismul sistemelor cere introducerea variabilei timp și descrierea evoluției prin funcții de timp.

Din considerațiile filosofice ale lui Mihai Drăgănescu asupra simetriei

Reflecțiile lui Mihai Drăgănescu asupra conceptului de simetrie sunt de natură filosofică, neformalizate matematic, dar explicând profunzimile lumii materiale, ca apoi să analizeze natura relațiilor interumane sub aspectul simetriei și asimetriei. Procesele naturale în care este implicată simetria sunt văzute ca *ortosensuri*, ceea ce de la bun început implică nerecurgerea la matematizare.

Mihai Drăgănescu scria despre simetrie că este „cea mai simplă, frumoasă și adevărată ordine” (M. Drăgănescu, [7]). Dar fiind prea statică, „ea nu oferă explicații fenomenelor de mișcare, ci numai un cadru pentru desfășurarea proceselor dinamice. Simetria nu este sursa mișcării, dezvoltării și progresului”. Simetria este prioritară dar nu și de durată, coexistând cu complementara sa, asimetria. Ruperea simetriei, trecerea în asimetrie, asigură dinamismul proceselor, al sistemelor dinamice ([4], [5], [6], [7]).

În eseu său *Simetria și asimetria sensurilor* ([7]) Mihai Drăgănescu făcea următoarele afirmații: „Se întâmplă un lucru curios: și principiile dinamice pot avea o anumită simetrie” și vedea dinamismul în ruperea simetriei, care „niciodată nu este perfectă în natură”. Simetria este prioritară dar nu și de durată, coexistând cu asimetria, complementara sa. Drăgănescu exprima faptul că „Natura, poetică prin natura simetriilor ei, generează de două ori simetriei, atât în principiile ei statice, cât și în principiile ei dinamice”. Și, în concordanță cu cu principiile sale filosofice privind profunzimile lumii materiale, Mihai Drăgănescu afirmă că ambele tipuri de principii sunt generate prin ortosensuri, care sunt informații fenomenologice: „natura introduce prin fiecare dintre ortosensuri o anumită ordine prin simetrie, ca un fel de simplitate a economiei de mijloace. Dar multitudinea de ordini, de simetriei, duce prin îmbinarea lor în univers la ruperi de simetriei, fără de care universul nici nu ar putea exista”. Imperfecțiunea este o necesitate a existenței universului... un univers fizic este mai aproape de perfecțiune decât un univers biologic sau un univers informațional cu conștiință”.

Un alt concept la care face referire Mihai Drăgănescu este cel de *armonie*. Afirmația sa este că simetria nu înseamnă armonie: „o

singură simetrie este frumoasă, pură, dar tocmai pentru că este singură nu este în armonie cu nimic [...] Armonia presupune armonizare între mai mulți factori”.

Contribuții ale lui Matila Ghyka la teoria simetriei

Viața prințului Matila Costiescu Ghyka se poate constitui în pagini ale istoriei naționale, istoriei militare, ale istoriei diplomației românești, istoriei artei și ale istoriei științei.

Matila Ghyka s-a născut la 13 septembrie 1881 la Iași și a decedat la 14 iulie 1965 la Londra. Era fiul ofițerului Matila Costiescu și al Mariei Ghyka, nepoata ultimului domnitor al Moldovei, Grigore al V-lea Ghika. După divorțul părinților săi, a fost adoptat de Grigore Ghyka (1867–1940), frate vitreg al mamei sale.

Citez din cartea „Artă și Știință” ([12]) a acad. Solomon Marcus:

„Matila Ghyka este marcat încă din tinerețe de o formație interdisciplinară, fiind în același timp inginer și licențiat în litere și în drept. Lunga sa activitate în diplomație i-a dat răgazul necesar pentru a acumula o vastă cultură și pentru a edifica o operă de pionierat în domeniul esteticii, prin urmărirea sistematică a modului în care lucrările de artă se supun, ca și natura, unor regularități susceptibile de o descriere matematică, sugerând unele corespondențe profunde între gândirea științifică și cea artistică, ca și cum una s-ar proiecta în cealaltă”.

Și tot din cartea citată ([12], p. 67): „Mircea Eliade îl considera pe Ghyka un *uomo universal al Renașterii*, rătăcit în veacul nostru, un om cu o cultură prodigioasă, științifică la fel ca și literară și istorică”.

În scrierile sale, Ghyka utilizează termenul de simetrie în sensul inițial al acestei noțiuni, anume definirea unei proporții plăcute din punct de vedere estetic. Pentru lumea vie „pare să existe o preferință marcată pentru simetria pentagonală, o simetrie legată clar de secțiunea de aur și necunoscută în lumea materiei inerte” (M.C. Ghyka, *Estetica proporțiilor în natură și artă*”).

Din opera lui Matila Ghyka am citat deja *Estetica proporțiilor*, apărută în 1927 la editura Gallimard, fiind prima carte tipărită de un român la prestigioasa editură din Paris. Cartea *Numărul de aur* apare în 1931, de asemenea la Gallimard și va fi tradusă în rusă în 1936 și în spaniolă în 1953. În 1939 Matila Ghyka este co-fondator al revistei *Simetria* la București, alături de G.M. Cantacuzino, Octav Doicescu și Paul Emil Miclescu.

Salvador Dali, care-l cunoscuse pe Matila Ghyka în 1947 la Los Angeles, se interesează de teoriile sale asupra esteticii și, fără a înțelege teoria matematică, colaborează cu Ghyka la definitivarea unor

tablouri, între care și celebra Leda Atomică, în care proporțiile sunt stabilite de esteticianul român. Tratatul lui Dali intitulat „50 de secrete ale artizanatului magic” (50 Secrets of Magic Craftsmanship) conține, în ultima parte, un rezumat al lucrărilor lui Matila Ghyka.

Lucrările de estetică ale lui Matila Ghyka, în special prin proporțiile armonice demonstrate și ilustrate în cartea *Numărul de aur*, au influențat creația unor celebrități, precum arhitectul francez Le Corbusier. Clădirea Secretariatului ONU din New York, concepută de Le Corbusier, are raportul înălțime (39 etaje) supra lățime egal cu un număr foarte apropiat de numărul de aur, aproximativ 1,618, așa cum îl dăduse Ghyka. Teoriile din cartea *Geometria artei și vieții* au fost folosite de designerul olandez Axel Vervoordt, care a executat din mahon ceea ce a numit *Ghyka's Cofee table*. Muzicologul rus L. Sabaneev în 1925 identifica numărul de aur în muzica unui Studiu al lui Chopin, iar Roy Howat identifica în durată, ritmul și armonia muzicii lui Claude Debussy, proporțiile definite de șirul lui Fibonacci. Matila Ghyka susținuse un fapt real: în muzică, compozitorii nu-și propun să urmeze anumite proporții, ci acestea reies din sentimentele estetice ale oamenilor. În obiecte concrete însă, proporțiile pot fi impuse de creator. În afară de pictură, sculptură, arhitectură, au fost create instrumente muzicale care respectă proporțiile, precum vioara creată în 1969 de lutierul Johann Goldfuss. Matila Ghyka s-a referit și la dinamism, la mișcare. El arăta că lumea vegetală și animală este legată de simetria pentagonală definită de numărul de aur, simetrie care dă naștere unei periodicități dinamice și structurează pulsațiile crescânde ale unei spirale logaritmice.

În România, despre personalitatea enciclopedică a prințului Matila Ghyka au scris oameni cu nume sonore în cultură, lista fiind destul de lungă.

Pentru a nu ieși din tema lucrării, nu am prezentat date biografice ale acestei mari personalități a culturii și științei românești și mondiale. Menționez doar că ultimii săi ani de viață s-au scurs în Marea Britanie, în sărăcie și tristețe. Mormântul său este în cimitirul Gunnersbury din Londra și a fost restaurat prin grija criticului de artă Radu Varia.

Un model matematic de dinamism simetric

Studiind și propunând diferite modele matematice pentru descrierea evoluției sistemelor dinamice, am considerat și anumite perechi de sisteme care se corelează prin anticipare și întârziere, ceea ce înseamnă coordonarea reciprocă prin două aspecte duale – *anticiparea*,

ca informație din viitor și *întârzierea*, ca informație din trecut. În acest cadru am demonstrat existența unor perechi de sisteme care prezintă o evoluție simetrică. Sensul acestei simetrii, pe care am numit-o *simetrie prin anticipare și întârziere*, este dat de raportul constant al funcțiilor de stare ale celor două sisteme (Otlăcan, [15], [16], [17], [18]). Există deci o armonie, o simetrie în evoluția acestei perechi de sisteme dinamice, doar că această simetrie se strică sub acțiunea oricărui factor venit din exterior sau din interiorul unuia dintre sisteme, deci al oricărui nou impuls.

În cele câteva pagini am dorit să sugerez omniprezența pricipiilor simetriei și a alternanței simetrie/asimetrie, care are o importanță aparte în viața socială a omenirii.

S-ar putea ridica următoarea problemă: dacă alternanța simetrie/asimetrie este baza dinamismului, în ce condiții această alternanță ar putea asigura și *stabilitate*?

Bibliografie

- [1] H.F. Coronel-Brizio, A.R. Hernández-Montoya, R. Huerta-Quintanilla, M. Rodríguez-Achach, (2007), *Assessing symmetry of financial returns series*, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Volume 383, Issue 1, Pages 5–9
- [2] E.T. Davis, T. Shikano, K. Main, K. Hailston, R.K. Michel, K. Sathian, (2006), *Mirror-image symmetry and search asymmetry: A comparison of their effects on visual search and a possible unifying explanation*, *Vision Research*, Volume 46, Issues 8–9, Pages 1263–1281
- [3] Drăgănescu, M., (1976), *Sistem și civilizație*, Editura Politică, București.
- [4] Drăgănescu, M., (1988), *Spiritualitate, informație, materie*, Editura Academiei RSR, București
- [5] Drăgănescu, M., (1989), *Inelul lumii materiale*, Editura Științifică și Enciclopedică, București
- [6] Drăgănescu, M., (1990), *Informația materiei*, Editura Academiei Române, București
- [7] Drăgănescu, M., (1993), *Eseuri*, Editura Academiei Române, București
- [8] V. J. Hill, P. Rowlands, (2008), *Nature's Code, Computing Anticipatory Systems*, AIP Conference Proceedings, 1051, Editor D.M. Dubois, Pages 117–126
- [9] Hon, G., Goldstein, B.R., (2006), *Symmetry and asymmetry in electrodynamics from Rowland to Einstein*, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, ELSEVIER
- [10] R. E. Johnsen, D. Ford, (2008), *Exploring the concept of asymmetry: A typology for analysing customer – supplier relationships*, *Industrial Marketing Management*, Volume 37, Issue 4, Pages 471–483
- [11] T.D. Lee, (2008), *Symmetry and Asymmetry*, *Nuclear Physics A*, Volume 805, Issues 1–4, Pages 54c-71c
- [12] S. Marcus, (1986), *Artă și Știință*, Editura Eminescu, București
- [13] S. Marcus and Gh. Paun, (1994), *On symmetry in languages*, *International Journal Computer Math*, 52 (1), 1–15
- [14] E. Nagy, (2011), *From symmetry to asymmetry? The development of smile*, *Cortex*

- [15] Otlacan, E., (2008), *Systems in a Retardation and Anticipation Relation: Mathematical Developments, Interpretations, Examples*, Editor Daniel M. Dubois, American Institute of Physics, AIP CP 1051, pp. 151–165.
- [16] Otlacan, E., (2009), *Symmetry of conjugate systems with anticipation and retardation*, Kybernetes, Emerald Group Publishing Limited, UK
- [17] Otlacan, E., (2011), *Ideas and Mathematical Models about Symmetry, Dynamism, Anticipation*, CASYS Conference, Liège, Belgium
- [18] Otlăcan, E., (2011), *Symmetry and Dynamism in the Conception of Mihai Drăgănescu and in Anticipation Systems Theory*, NOESIS, Ed. Academia Română, București
- [19] Roman, T., (1963), *Simetria. Prezentare matematică a unor fenomene din natură și artă*, Editura Tehnică, București, 1963
- [20] A. D. Sakharov, (1967), *Violation of CP Symmetry, C-Asymmetry and Baryon Asymmetry of the Universe*, Pisma Zh. Eksp. Teor. Fiz. 5: 32–35
- [21] A. D. Sakharov, (1979), *Baryonic asymmetry of the Universe*, ZhETF 76: Pages 1172–1181 translation in JETP Lett. 49: 594–599
- [22] S. Xin Liu, (2009), *Symmetry and asymmetry analysis and its implications to computer-aided diagnosis: A review of the literature* Review Article *Journal of Biomedical Informatics*, Volume 42, Issue 6, 1056–1064
- [23] <http://www.scientia.ro/nobel> –
- [24] *Dicționarul universal al limbii române*, Editura Litera, București, 2011
- [25] *Enciclopedia Universală Britanică*, Editura Litera, București, 2010