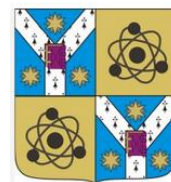




UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” IAȘI
FACULTATEA DE FIZICĂ
SPECIALIZAREA FIZICĂ



**ANALIZA DINAMICILOR UNOR SISTEME
COMPLEXE DINTR-O PERSPECTIVĂ FRACTALĂ**

-Rezumatul tezei de doctorat-

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

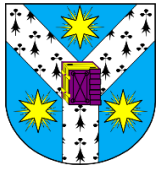
Prof. Univ. Dr. Maricel Agop

DOCTORAND

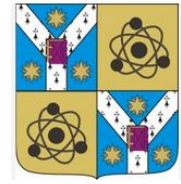
Mihail Frăsilă

IAȘI

2023



UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” IAȘI
FACULTATEA DE FIZICĂ
SPECIALIZAREA FIZICĂ



ANALIZA DINAMICILOR UNOR SISTEME COMPLEXE DINTR-O PERSPECTIVĂ FRACTALĂ

-Rezumatul tezei de doctorat-

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

Prof. Univ. Dr. Maricel Agop

DOCTORAND

Mihail Frăsilă

IAȘI

2023

UNIVERSITATEA “ALEXANDRU IOAN CUZA” IAȘI

FACULTATEA DE FIZICĂ

La data de....., ora, în sala dnul. **FRĂSILĂ MIHAIL** va susține, în ședință publică, teza de doctorat cu titlul **ANALIZA DINAMICILOR UNOR SISTEME COMPLEXE DINTR-O PERSPECTIVĂ FRACTALĂ** în vederea obținerii titlului științific de doctor în domeniul **ȘTIINȚE EXACTE- FIZICĂ**.

Președinte:

Prof. univ. dr. Diana Mardare

Universitatea “Alexandru Ioan Cuza” Iași

Conducător științific:

Prof. univ. dr. Maricel Agop

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” Iași

Referenți:

Prof. univ. dr. Aura-Marina Dariescu

Universitatea “Alexandru Ioan Cuza” Iași

Prof. univ. dr. Emil Petrescu

Universitatea Politehnică București

Prof. univ. dr. Dumitru Vulcanov

Universitatea de Vest din Timișoara

Cuprins

Introducere.....	1
1. Dinamici ale sistemelor complexe asociate tranziției fractal-nefractal utilizând Teoria Relativității de Scară.....	4
1.0 Scop.....	4
1.1 Consecințe ale nediferențiabilității în analiza dinamicilor sistemelor complexe.....	4
1.2 Construcția operatorului de mișcare în analiza dinamicilor sistemelor complexe.....	9
1.3 Principiul covariantei de scară în analiza dinamicilor sistemelor complexe.....	12
1.4 “Amprente” de tip holografic ale dinamicilor sistemelor complexe asociate tranziției de scară fractal-nefractal.....	13
1.5 Concluzii preliminare.....	20
Referințe.....	21
2. Scenarii Schrodinger de tip fractal/multifractal în descrierea dinamicilor sistemelor complexe.....	22
2.0 Scop.....	22
2.1 Geodezice Schrodinger de tip fractal/multifractal în descrierea dinamicilor sistemelor complexe.....	22
2.2 Dinamici staționare fractale în sisteme complexe cu rupere spontană de simetrie.....	25
2.3 Reflectanța și transparența unei bariere de potențial în efectul tunel fractal.....	30
2.4 Dinamici prin etalonări Riccati de tip fractal.....	39
2.5 Dinamici prin mapări armonice de tip fractal.....	45
2.6 Concluzii preliminare.....	50
Referințe.....	51
3. Scenariul de tip Madelung de descriere a dinamicilor sistemelor complexe dintr-o perspectivă multifractală.....	53
3.0. Scop.....	53
3.1 Sistemul de ecuații al hidrodinamicii de tip multifractal.....	53
3.2 O posibilă explicitare a mediului multifractal.....	55
3.3 Mediul multifractal, entropia informațională și forțe centrale de tip multifractal.....	59
3.4 Dinamici de eliberare în sisteme complexe de tip polimer-medicament.....	65
3.5 Concluzii preliminare.....	69
Referințe.....	71
4. Compatibilitatea scenariilor Schrodinger și Madelung de tip multifractal.	73

Implicațiile acesteia în descrierea dinamicilor sistemelor complexe.....	73
4.0. Scop.....	73
4.1 Compatibilitatea scenariilor Schrodinger și Madelung de tip multifractal.....	73
4.2 Coerența dinamicilor și implicațiile ei.....	80
4.3 Principii de metrizare si implicațiile lor.....	83
4.4 Concluzii preliminare.....	95
Referințe.....	97
Concluzii generale.....	99
Lista de lucrări.....	105

Introducere

Faptul că determinismul nu implică nici comportament regulat și nici predictabilitate nelimitată în analiza dinamicilor sistemelor complexe, a avut impact asupra unui mare număr de domenii științifice. Să notăm faptul că în analiza liniară de dinamici ale sistemelor complexe predictabilitatea nelimitată era o calitate intrinsecă a dinamicii acestora. Însă dezvoltarea analizei neliniare în descrierea dinamicilor sistemelor complexe și descoperirea fundamentelor științifice ale haosului au modificat radical opinia asupra fundamentelor analizei de dinamică, din următoarele puncte de vedere:

- a. a demonstrat că metoda reduționistă de analiză are aplicabilitate limitată ;
- b. predictabilitatea nemarginită nu este un atribut al sistemelor complexe, ci este un rezultat al simplificării lor prin tratare liniară.

Dinamicile piețelor financiare (piața capitalului) dinamicile sistemelor economice, dinamicile celeste, curgerea turbulentă, fibrilația cardiacă, etc. sunt numai câteva arii disparate în care neliniaritatea și haosul evidențiază manifestări comune. Se statuează în acest fel o universalitate în legile ce guvernează aceste dinamici.

Modelele standard utilizate în analiza dinamicilor sistemelor complexe se bazează pe ipoteza diferențiabilității variabilelor prin care descriem aceste dinamici. Atunci utilitatea unor astfel de modele trebuie înțeleasă doar secvențial, pe domenii limitate, în care diferențiabilitatea mai poate fi aplicată. Dimpotrivă, dacă dorim să descriem dinamici ale sistemelor complexe ce implică comportamente haotice, autostructurări cu generare de tipare, modelele diferențiale își dovedesc inutilitatea. Într-un astfel de context, pentru a descrie dinamici ale sistemelor complexe care să includă evident și comportamente ca cele mai sus menționate ramânând totuși tributari ipotezelor ce “susțin” și “operează” cu diferențiabilitate, este necesar și suficient să introducem explicit rezoluția de scară în expresiile variabilelor prin care descriem dinamicile oricărui sistem complex. Atunci, orice variabilă devine dependentă simultan, atât de coordonatele spațiale, de coordonata temporală, cât și de rezoluția de scară. Din punct de vedere matematic, aceasta va avea statut de funcție fractală/multifractală și va “opera” doar cu aproximații ale ei obținute printr-un proces de mediere la diverse rezoluții de scară. Mai precis, orice variabilă utilizată în descrierea dinamicilor sistemelor complexe va funcționa ca limita unei familii de funcții matematice, aceasta fiind nediferențiabilă pentru rezoluție de scară nulă și diferențiabilă în rest.

O astfel de procedură matematică utilizată în descrierea dinamicilor oricărui sistem complex implică atât dezvoltarea unor geometrii fractale/multifractale, cât și a unor teorii complexe fractale/multifractale. Atunci într-o astfel de conjunctură, atât legile de mișcare, cât și legile de scară vor rămâne invariante atât în raport cu transformările coordonatelor spațiale și temporale, cât și în

raport cu transformările rezoluțiilor de scară. Astfel s-a conturat în descrierea dinamicilor sistemelor complexe perspectiva fractală de analiză sub forma Teoriei Relativității de Scară.

În cele ce urmează vom utiliza Teoria Relativității de Scară în analiza dinamicilor sistemelor complexe. Într-o astfel de alternativă vom postula că dinamicile sistemelor complexe sunt descrise prin curbe fractale/multifractale. Prezentul studiu devine singular, atât prin procedura matematică utilizată, cât și prin aria sa de analiză .

Prezenta lucrare este structurată în patru capitole. În primul capitol intitulat “Dinamici ale sistemelor complexe asociate tranziției fractal-nefractal utilizând Teoria Relativității de Scară”, am extins rezultatele Teoriei Relativității de Scară (TRS), de la o descriere a dinamicilor sistemelor complexe prin curbe continue, dar nediferențiabile (curbe fractale) în dimensiunea fractală $D_F = 2$, la o descriere de dinamici prin curbe continue și nediferențiabile (curbe fractale) în dimensiuni fractale constante, dar arbitrare. O astfel de extindere s-a dovedit absolut necesară având în vedere faptul că descrierea de dinamici prin curbe fractale în $D_F = 2$ se referă la “clase” de dinamici cu totul particulare (de exemplu, în cazul TRS-ului în sensul lui Nottale, aceasta se identifică la rezoluție de scară Compton cu Mecanica Cuantică). O astfel de extindere s-a realizat prin consecințe ale nediferențiabilității, prin construcția operatorului de mișcare și prin principiul covariantei de scară. În final acest model a fost aplicat sub forma “amprente” de tip holografic ale dinamicilor sistemelor complexe asociate tranziției de scară fractal-nefractal.

În capitolul al doilea intitulat “Scenarii Schrodinger de tip fractal/multifracal în descrierea dinamicilor sistemelor complexe ” am dezvoltat scenarii de descriere a dinamicilor sistemelor complexe bazate pe ecuații de tip Schrodinger la diverse rezoluții de scară. Am numit acest demers scenariul Schrodinger de tip fractal/multifracal. Într-un astfel de context am obținut mai întâi ecuațiile lui Schrodinger de tip fractal ca geodezice ale unui spațiu monofracal/multifracal și de aici legile de conservare ale densității de stări de tip fractal/multifracal. Utilizând acest scenariu s-au analizat dinamici fractale în sisteme complexe cu repere spontane de simetrie, s-au determinat expresiile refractanței și transparenței în efectul tunel de tip fractal și bazându-ne pe invariante de tip SL (2R) ale ecuațiilor de tip Schrodinger la diverse rezoluții de scară, s-au specificat dinamici prin etalonări Riccati de tip fractal, respectiv mapări armonice de tip fractal.

În al treilea capitol, intitulat “Scenariul de tip Madelung de descriere a dinamicilor sistemelor complexe dintr-o perspectivă multifracală” am utilizat sistemul de ecuații diferențiale al hidrodinamicii de tip multifracal pentru descrierea dinamicilor sistemelor complexe.

L-am numit scenariu de tip Madelung întrucat sistemul de ecuații diferențiale mai sus menționat a fost obținut dintr-o ecuație Schrodinger de tip multifractală, folosind o alegere de tip Madelung pentru funcția de stare. Într-un astfel de cadru a fost explicitat un tip de mediu multifractal compatibil cu o lege constitutivă de material de tip multifractală. S-a aratat că mediul multifractal poate induce forțe centrale de tip multifractal pe baza unor invarianțe speciale de tipul $SL(2R)$ ce implică probabilități geometrice și s-au specificat mecanisme de tip fikian și nefikian în eliberarea controlată de medicamente.

În capitolul al patrulea, intitulat “Compatibilitatea scenariilor Schrodinger și Madelung de tip multifractal. Implicațiile acestora în descrierea dinamicilor sistemelor complexe” se analizează compatibilitatea scenariului Schrodinger de tip multifractal cu scenariul Madelung de tip multifractal și se specifică unele consecințe ale acestei compatibilități asupra descrierii dinamicilor sistemelor complexe. Astfel, plecând de la o soluție particulară a ecuației Schrodinger de tip multifractal în care amplitudinea funcției de stare este o funcție Airy, se arată că condiția de coerență a dinamicilor entităților unui sistem complex implică o cubică temporală. Cum spațiul cubicelor temporale poate fi structurat ca spațiu riemannian, iar cel al cubicelor asociate tensorului tensiunilor multifractale prin ecuația caracteristică, poate fi structurat tot ca spațiu riemannian, cele două varietăți devin izomorfe, rezultatul acestui izomorfism având ca finalitate corelația spațiu-timp și deci câmpul gravitațional. Invarianța $SL(2R)$, care apare ca naturală în construcția varietăților riemanniene, implică anumite principii de metrizare și are ca finalitate extensia spațiului vitezelor, corelarea cu metrici de vacuum electromagnetic din Relativitatea Generală etc.

1. Dinamici ale sistemelor complexe asociate tranziției fractal-nefractal utilizând Teoria Relativității de Scară

Rezultatele originale care se referă atât la construcția modelului, cât și la aplicații ale acestuia, au fost publicate în [3,4].

Principalele concluzii ale prezentului capitol sunt următoarele:

- a. S-au extins rezultatele TRS-ului de la descrieri de dinamici ale sistemelor complexe prin curbe fractale în $D_F = 2$ la descrieri de dinamici prin curbe fractale în dimensiuni fractale constante și arbitrare. Extensia a fost posibilă prin analiza consecințelor nediferențiabilităților în descrierea de dinamici;
- b. Prin operatorul de mișcare prelungirea în complex prin diferențiabilitate (procedura Cresson) gestionează dinamici atât la rezoluții de scară diferențiabilă cât și la cea nediferențiabilă
- c. Funcționalitatea principiului covariantei de scară implică ecuații de mișcare, ecuații ce pot fi identificate cu geodezicele unui spațiu fractal. Într-un astfel de context sunt particularizate ecuațiile de mișcare pentru cazul fractalizării prin stocasticizare de tip Markov;
- d. În cazul fractalizării prin stocasticizare de tip Markov sunt analizate dinamici ale sistemelor complexe asociate tranziției diferențial-nediferențial. Se specifică “amprente” de tip holografic ale acestor dinamici sub forma unor sisteme de ecuații diferențiale de tip Navier-Stokes, staționare la rezoluții de scară nediferențiabile și nestaționare la rezoluții de scară diferențiabile;
Într-o astfel de perspectivă “informația” asupra stării de mișcare a sistemului complex rămâne nemanifestată (temporal dar nu spațial) la rezoluții de scară nediferențiabile dar manifestată (temporal și spațial) la rezoluții de scară diferențiabilă;
- e. Pentru o simetrie plană sunt specificate soluțiile analitice ale sistemului de ecuații diferențiale de tip Navier-Stokes staționar sub forma solitonilor fractali și al “cuplajelor” solitoni fractali-kink fractali.

Mai mult, generarea unui câmp de vortexuri devine principala sursă de “turbulență” în dinamicile sistemelor complexe.

Referințe

1. L. Nottale, Fractal space-time and physics Towards and Theory of Scale Relativity, World Scientific Singapore, New Jersey, Hong Kong, 1993
2. L. Nottale, Scale Relativity, and Fractal Space-Time A New Approach to Unifying Relativity and Quantum Mechanics, Imperial College Paris, London, 2011

3. A. Saviuc, T.C. Petrescu, **M. Frăsilă**, C.M. Rusu, V. Bahrin, M. Botez, N. Lungu, Dynamics at non- differentiable scale in the multifractal theory of motion, Buletinul Institutului Politehnic Iași, secția Matematică, Mecanică Teoretică si Fizică, vol. 66 (70), nr. 4, 2020, paginile 29-39.
4. L.Dobreci, A. Saviuc, T.C. Petrescu, M.A. Păun, **M. Frăsilă**, F. Ne deff, V.A. Păun, C. Dumitraș, M. Agop, Towards interactions through differentiable- non-differentiable scale transitions in Scale Relativity Theory, U.P.B. Sci. Bull. Series A, vol 83 Iss 2, 2021, 239-252
5. Mandelbrot, B.B. The Fractal Geometry of Nature; W. H. Freeman and Co.: San Fracisco, CA, USA, 1982.
6. Merches, I.; Agop, M. Differentiability and Fractality in Dynamics of Physical Systems; World Scientific: Hackensack, NJ, USA, 2016.
7. Agop, M.; Paun, V.P. On the New Perspectives of Fractal Theory. Fundaments and Applications; Romanian Academy Publishing House: Bucharest, Romania, 2017.
8. Cresson, J.; Adda, F.B. Quantum Derivations and Schrödinger Equations. Chaos Solitons Fract. 2004, 19,1323-1334

2. Scenarii Schrodinger de tip fractal/multifractal în descrierea dinamicilor sistemelor complexe

Rezultatele din acest capitol au fost publicate în [1-4]. Principalele concluzii ale prezentului capitol sunt următoarele:

- a. S-au obținut ecuațiile lui Schrodinger de tip fractal/multifractal ca geodezice ale unui spațiu fractal/multifractal. Un astfel de rezultat ne-a permis dezvoltarea scenariului Schrodinger de tip fractal/multifractal în descrierea dinamicilor sistemelor complexe.
- b. Utilizând scenariul Schrodinger de tip fractal s-au analizat dinamici staționare fractale în sisteme complexe cu rupere spontană de simetrie. A rezultat faptul că orice nivel fundamental de energie se scindează, la orice rezoluție de scară, în două subniveluri de energie, unul corespunzător stării simetrice fractale și altul corespunzător stării asimetrice fractale (ceea ce ar corespunde unui efect de inversiune de populație de tip fractal).
- c. De altfel, la rezoluție de scară Compton și pentru dinamici pe curbe Peano acest efect corespunde unui efect maser de tip fractal. Este posibil ca un astfel de efect să funcționeze și în structurile biologice, evident la alte rezoluții de scară;
- d. Întrucât în dinamicile staționare fractale ale sistemelor complexe cu rupere spontană de simetrie este implicată și bariera de potențial, pentru o formă particulară a barierei de potențial a fost calculată transparența și reflectanta de tip fractal;
- e. Invarianța ecuațiilor lui Schrodinger de tip fractal/multifractal în raport cu un grup particular de transformări de tip $SL(2R)$ a permis analiza de dinamici prin proceduri matematice speciale cum ar fi cele prin etalonări Riccati de tip fractal, respectiv, prin mapări armonice de tip fractal. Prima dintre proceduri specifică faptul că coerența în dinamicile sistemelor complexe se realizează prin procese de modulare a unei caracteristici ce implică simultan gradul de fractalitate a curbilor de mișcare și rezoluția de scară. Aceste procese implică variate regimuri de operare precum cele prin dublare de perioadă, prin amortizare, prin cvasiperiodicitate, respectiv prin intermitențe. Cea de-a doua procedură implică funcționalități de tip undă-corpusul, dominantă unuia din caractere (undă sau corpusul) fiind dictată, la aceeași rezoluție de scară, de dimensiunea fractală a curbilor de mișcare, iar la aceeași dimensiune fractală a curbilor de mișcare, de rezoluția de scară.

1. A. Saviuc, **M. Frăsilă**, Șt. A. Irimiciuc, M. Agop, On a holographic implementation in the dynamics of physical systems, *Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy* Tome XLIV, 2011 p. 60-79
2. Șt. Agop, M.A. Păun, C. Dumitraș, **M. Frăsilă**, V.A. Păun, M. Agop, G. Ștefan, On a special symmetry in the dynamics of the complex systems in a holographic type perspective, *U.P.B. Sci. Bull. Series A*, vol. 85, Iss 1, 2023, 177-187
3. V. Ghizdovăț, C. Ștefănescu, I.C. Grierosu, D. Dimitriu, A.I. Saviuc, **M. Frăsilă**, Ș.A. Irimiciuc, R. Iacob, M. Agop, A statistical interpretation of the classical action with implication in the dynamics of non-linear growth biostructures, the 8th/ EEE International Conference on E-Health and bioengineering- EHB 2020- Gr. T. Popa University of Medicine and Pharmacy, Web Conference, Romania, October 29-30, 2020
4. G. Gavriliuț, **M. Frăsilă**, C. M. Rusu, T.C. Petrescu, I. Oprea, Two scenarios in the description of the wave- corpuscle duality in a multifractal theory of motion, *Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Secția Matematică, Mecanică teoretică și Fizică*, vol. 68(72) nr.3, p. 43-52, Doi: 10. 2478/bipmt-2022-0014
5. L. Nottale, "Scale Relativity and Fractal Space-Time: A New Approach to Unifying Relativity and Quantum Mechanics", Imperial College Press, London, UK, 2011.
6. C. Dariescu, M.A.Dariescu, I. Gottlieb, *Capitole de bază si mecanica cuantică, microparticule și câmpuri* , Casa de Editură Venus, Iași 2007
7. A. Herrero, J. A. Morales, "Radial Conformal Motions in Minkowski Space-Time, *Journal of Mathematical Physics*", vol. 40(6), 1999, pp. 3499-3508
8. A. Herrero, J. A. Morales, "Painleve-Gullstrand Synchronizations in Spherical Symmetry, *Classical and Quantum Gravity*", vol. 27, 2010, 175007.
9. N. Mazilu, M. Agop, "At the Crossroads of Theories. Between Newton and Einstein - The Barbilian Universe" (In Romanian), Ars Longa Publishing House, Iasi, 2010.
10. N. Mazilu, M. Agop, "Skyrmions: A Great Finishing Touch to Classical Newtonian Philosophy", *World Philosophy Series*, Nova, New York, 2012.
11. Merches I., Agop M., *Differentiability and Fractality in Dynamics of Physical Systems*, World Scientific Publishing House, 2015
12. Agop M, Paun V.P, *On the New Perspectives of Fractal Theory Fundaments and Applications*, Editura Academiei Române, Bucuresti, 2017.

3. Scenariul de tip Madelung de descriere a dinamicilor sistemelor complexe dintr-o perspectivă multifractală

Rezultatele originale din acest capitol au fost publicate în [1-4]. În acest capitol s-a dezvoltat dintr-o perspectivă multifractală un scenariu de tip Madelung pentru descrierea dinamicilor sistemelor complexe. În acest scop pentru o alegere de tip Madelung a funcției de stare, ecuația Schrodinger de tip multifractal s-a redus la sistemele de ecuații diferențiale al hidrodinamicii multifractale. O succintă analiză pe acest sistem specifică următoarele:

- a. Entitățile oricărui sistem complex sunt într-o interacțiune permanentă cu mediul multifractal, interacțiune dictată de un câmp de forțe multifractale, măsură a gradului de fractalitate al curbilor de mișcare;
- b. Deși partea nediferențiabilă a câmpului de viteze este absentă din legea de conservare a densității de stări, ceea ce face ca aceasta să nu intervină în dinamicile „actuale” ale sistemului complex, totuși ea contribuie atât la transferul de impuls, cât și la confinarea energiei ;
- c. Având în vedere natura „auto-interactivă” a forței specifice multifractale, doar legile de conservare ale impulsului total și ale energiei totale sunt satisfăcute. De exemplu, dacă ne referim la legea de conservare a energiei totale, suma dintre energia cinetică, energia potențială și energia de tip Levy (energia asociată mișcărilor de tip Levy a entităților sistemului complex) este o constantă. Astfel, prin aceste legi de conservare se asigură atât reversibilitatea timpului, cât și existența stărilor proprii;
- d. Un astfel de formalism poate fi aplicat și în studiul disipării turbulențelor atmosferice prin canale de laminaritate așa cum rezultă din lucrarea noastră recentă [4];
- e. Existența unei corelații între câmpul de forțe de tip multifractal și un câmp de tensori de tip multifractal, are ca finalitate, la orice rezoluție de scară, funcționalitatea unor legi constitutive;
- f. Se explicitează un tip de mediu multifractal, ca un continuu ce se deformează fără a produce tensiuni, caracterizându-l în două instanțe diferite: există mediu multifractal, atât sub forma structurilor complexe, cât și în spațiul liber. Într-un astfel de cadru, admitând că mediul multifractal este descris printr-un tensor corespunzător la doi vectori caracteristici, atunci nu numai radiația cosmică de fond, dar și câmpul electromagnetic în general, sub forma lui maxwelliană , poate fi, expresia existenței mediului multifractal.
- g. Atât invarianța ecuației unidimensionale Schrodinger de tip multifractal, cât și a ecuației seculare a tensorului ce caracterizează mediul multifractal în raport cu grupuri Lie măsurabile de tipul $SL(2R)$, permite, prin geometria integrală, producerea probabilităților geometrice. Într-un astfel de cadru, acceptând că la orice rezoluție de scară probabilitățile geometrice

generate pe baza principiului de maximizare a entropiei informaționale se identifică cu cele complexe, atunci pentru o simetrie radială a exponențialei maximului entropiei informaționale, pot fi mimate câmpuri de forță centrale, de tip multifractal;

- h. Considerând că dinamicile de eliberare a medicamentelor de către matricele polimerice, pot fi asimilate tranzițiilor de scară nediferențabil-diferențabil, se arată că scenariul de tip Madelung, este descris în acest caz, de o ecuație de difuzie de tip multifractală. Atunci difuzii fickiene și nefickiene devin responsabile de dinamicile de eliberare.

Referințe

1. A. Saviuc, **M. Frăsilă**, Ș.A. Irimiciuc, M. Agop, On a holographic implementation in the dynamics of physical systems, Memoirs of the Scientific Sections of Romanian Academy, 2021
2. N. Mazilu, **M. Frăsilă**, D. Vasincu, The ether made explicit through light, a possible universal informational matrix, Buletinul Institutului Politehnic Iași, Secția Matematică, Mecanică Teoretică, Fizică W(61/71) nr 1, 2021 43-57
3. R. Iancu, Ș.A. Irimiciuc, M. Agop, **M. Frăsilă**, M.A. Păun, V.A. Păun, V.P. Păun, S. Stratulat, 5 -Fluorouracil Release from Chitosan-Based Matrix. Experimental and Theoretical Aspects, Materiale plastice 57(3) 2020, 180-189, doi.org/10.37358/Mat.Plast. 1964
4. Iulian-Alin Roșu, Florin Nedeff, Valentin Nedeff, Jose Luis Cueto Ancela, Dragos Constantin Nica, **Mihail Frăsilă**, Maricel Agop, Decebal Vasincu, Turbulence removal in atmospheric dynamics through laminar channel, Fractal and Fractional.2023,7,576.https://doi.org/103390/e25081149
5. NOTTALE, L., Scale Relativity and Fractal Space-Time: A New Approach to Unifying Relativity and Quantum Mechanics, Imperial College Press, London, UK, 2011.
6. MERCHES, I., Agop, M., Differentiability and fractality in dynamics of physical systems, World Scientific, New Jersey, USA, 2016.
7. AGOP, M. PAUN, V.P., On the new perspectives of the fractal theory. Fundaments and applications, Romanian Academy Publishing House, Bucharest, Romania, 2017.
8. MANDELBROT B. B., The Fractal Geometry of Nature, W. H. Freeman and Co., San Francisco, USA, 1982.
9. MALDACENA J., The Large N limit of superconformal field theories and supergravity, Adv.Theor. Math. Phys., 1998, 2, 231.
10. MAZILU, N., AGOP, M., At the Crossroads of Theories. Between Newton and Einstein - The Barbilian Universe (in Romanian); ArsLonga Publishing House, Iasi, Romania, 2010
11. MAZILU N., AGOP. M., Skyrmons: A Great Finishing Touch To Classical Newtonian

Philosophy; World Philosophy Series; Nova: New York, USA, 2012

12. AILINCAI, D., DOROBANTU, A.M., DIMA, B., IRIMICIUC, S.A., LUPASCU, C., AGOP, M., OLGUTA, O., Journal of Immunology Research, 2020, "in press"

4. Compatibilitatea scenariilor Schrodinger și Madelung de tip multifractal. Implicațiile acesteia în descrierea dinamicilor sistemelor complexe

Rezultatele originale din acest capitol au fost publicate în [1-7]. În acest capitol s-a analizat compatibilitatea scenariului Schrodinger de tip multifractal cu scenariul Madelung de tip multifractal și s-au specificat principalele consecințe ale acestei compatibilități asupra descrierii dinamicilor sistemelor complexe. Au rezultat următoarele concluzii:

- a) Se construiește o soluție generală a ecuației Schrodinger unidimensionale multifractale pentru particula liberă în care amplitudinea funcției de stare este o funcție Airy, iar faza ei este o cubică temporală. Într-un astfel de context, se stabilește și corespondența cu modelul Madelung multifractal, obținându-se și expresia potențialului multifractal;
- b) Se interpretează un astfel de rezultat în sensul că ecuația Schrodinger nestaționară multifractală produce rezultate referitoare la particula aflată *într-o mișcare uniform accelerată* (argumentul funcției Airy și expresia potențialului). Aceasta, evident, cu condiția ca teoria în sensul lui de Broglie referitoare la fenomenul ondulatoriu numit particulă, funcționează la orice rezoluție de scară. Interpretarea unei astfel de situații în sensul lui Berry și Balazs ține de natura însăși a funcției Airy: comportarea luminii în apropierea *causticii*. Avem astfel rezultatul că la orice rezoluție de scară *există o densitate de probabilitate dată de pătratul funcției Airy*. Cum însă aceasta nu este integrabilă pe toată dreapta reală, *pachetul de undă nu poate avea un centru localizabil* în sensul lui de Broglie, care să ne reprezinte particula la orice rezoluție de scară. Concluzia noastră este că pachetul de unde reprezintă, de fapt, un ansamblu de particule ce se mișcă rectiliniu și uniform, *însă fiecare particulă cu o altă viteză*, iar argumentul funcției Airy reprezintă *o caustică în spațiul fazelor*: înfășurătoarea ansamblului de drepte ce reprezintă traiectoriile corespunzătoare. O concluzie aparent în contradicție cu aceasta este cea dată de Daniel Grinberger, obținută în mod explicit cu ajutorul principiului de echivalență: pachetul de unde Airy nu se împrăștie din cauza că *el reprezintă o particulă într-o incintă analoagă ascensorului lui Einstein și câmpul uniform de forțe gravitaționale este astfel suprimat*;
- c) Condiția de coerență a dinamicilor entităților unui sistem complex implică o cubică temporală și de aici un spațiu Riemannian de tip temporal;
- d) Spațiul cubicelor asociate tensorului tensiunilor multifractale prin ecuația caracteristică poate fi structurat tot ca spațiu Riemannian de tip spațial.
- e) Cele două varietăți fiind izomorfe, rezultatul acestui izomorfism va implica întotdeauna compatibilitatea spațiu-timp în dinamica sistemelor complexe;

- f) Invarianța $SL(2R)$ care apare ca naturală din construcția varietăților riemanniene implică anumite principii de metrizare și au ca finalitate fie extensia spațiului vitezelor din relativitatea einsteiniană, fie corelarea cu metrică de vacuum electromagnetic.

Referințe

1. V. Ghizdovăț, O. Rusu, M. Frăsilă, C.M. Rusu, M. Agop, Decebal Vasincu, Towards multifractality through an Ernst-Type Potential in the Complex System Dynamics Symmetry, Entropy 2023,25,1149.<https://doi.org/10.3390/e25081149>
2. M. Frăsilă, M.A.Păun, C. Dumitraș, V. Ghizdovăț, C.M. Rusu, V.A. Păun, M. Agop, V.P. Păun, Some Physical implication of a absolute geometries in the description of complex system Dinamics,UPB Sci. Bull., Serie A Vol.85, Iss.2, 2023
3. M. Frăsilă, M.A. Păun, C. Dumitraș, T.C. Petrescu, V.A, Păun, M. Agop, Non-linear behaviors of Airy type on Scale Space from a Fractal Perspective, UPB Sci. Bull.A vol 83, Iss4, 2021
4. R. V. Ababei, M. Frăsilă, C.M. Rusu, M. Agop, From General Relativity to Scale Relativity Theory through Group Invariances of $SL(2R)$, U.P.B. Sci. Bull., Series A, Vol. 85, Iss. 3, 2023 ISSN 1223-7027
5. I. A. Roșu, F. Nedeff, J.L.C Ancela, D.C. Nica, M. Frăsilă, M. Agop, D. Vasincu, Turbulence Removal in Atmospheric Dynamics through Laminar Channels, Applied Sciences , Fractal Fract.2023,7,576. <https://doi.org/10.3390/Fractalfract7080576>
6. A. Saviuc, E. Bîrleanu, M. Frăsilă, On the Maldacena type Conjecture in Relation with Scale Relativity Theory, Momoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy, 2021
7. A. Saviuc, M. Frăsilă, S.A. Irimiciuc, M. Agop, On a Holographic Implementation in the dynamics of Physical Systems, Memoirs of the Scientic Section of the Romanian Academy, 2021
8. Vallee O. ,Svares M. , Airy Functions and Applications to Physics, World Scientific, Singapore, 2004
9. Berry.M.V. , Balasz N.L., Nonspreating Wave Packets, American Journal of Physics, vol.47, pp 264-267
10. Mariwalla K.H., Integrals and Symmetries: the Bernoulli-Laplace-Lenz vector, Journal of Physics A:Mathematical and General, vol.15(18), pp L467-L471
11. Airy G.B., On the intensity of light in the neighbourhood of a Caustic Transaction of the Cambridge Phylosophical Society, volVI, pp379-402, 1938 și vol.VIII, pp595-599, 1848
12. Greenberger D.M., Comment on Non-spreading Wave Packets American Journal of Physics, vol. 48(3), p. 256

13. Mazilu N., Agop M., Skyrmons. A great finishing touch to classical Newtonian philosophy, New York, Ny Nova Science Publishers C, 2012

Concluzii generale

Analiza dinamicilor sistemelor complexe dintr-o perspectivă multifractală , scoate în evidență faptul că neliniaritatea proceselor de interacții este o caracteristică fundamentală a sistemelor din natură. Atât timp cât descrierea de dinamicia fost dominată de analiza liniară, proprietăți fundamentale ale sistemelor complexe erau eliminate din analiză. Perspectiva fractală ca metodă de bază în analiza de dinamici neliniare a scos în evidență câteva caracteristici și anume:

- a. Legile fizicii trebuie să fie invariante nu numai în raport cu coordonatele spațiale și temporale dar și în raport cu rezoluția de scară;
- b. Dacă în Mecanica Cuantică discutăm de dualitatea undă-corpusul, analiza de dinamici din perspectivă multifractală, specifică triada undă-entropie informațională-corpusul;
- c. Invarianța $SL(2R)$ fundamentală în descrierea de dinamică, permite construcția probabilităților fizice pe baza celor geometrice. Într-o astfel de perspectivă corelația undă-corpusul se realizează pe baza entropiei informaționale, mărime ce poate fi corelată cu un tip particular de câmp gravitațional. În acest fel poate fi statuată natura entropică a forței gravitaționale.
- d. Procedurile de tip Ricatti și mapările armonice, permit mimarea unor criterii de evoluție spre haos, de tip dublare de perioadă, intermitențe, etc.;
- e. Faptul că prin invarianța $SL(2R)$ se pun în evidență comportamente de tip holografic, arată că pot fi stabilite anumite raporturi între procedurile de tip machine-learning în descrierile de dinamici.

Lista de lucrări

Lista lucrări ISI

1. Razvan-Vasile ABABEI, Maria- Alexandra PAUN, Mihail FRASILA, Cristina Marcela RUSU, Vladimir-Alexandru PAUN, Maricel AGOP, Viorel-Puiu PAUN, *From general relativity to scale relativity theory through group invariances of $SL(2,R)$ type*, Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics, vol. 85, Iss. 1, 2023 (Revista indexată ISI, ISSN: 1223-7027, factor de impact (FI) 0.619, scorul de influență absolut: 0.167)
Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics, vol. 85, Iss. 3, 2023 (Revista indexată ISI, ISSN: 1223-7027, factor de impact (FI) 0.619, scorul de influență absolut: 0.167)
2. Ștefana AGOP, Maria-Alexandra PAUN, Cătălin DUMITRAS, **Mihail FRĂȘILĂ**, Vladimir-Alexandru PAUN, Maricel AGOP, Viorel-Puiu PAUN, Gavril ȘTEFAN, *ON A SPECIAL SYMMETRY IN THE DYNAMICS OF COMPLEX SYSTEMS IN A HOLOGRAPHIC-TYPE PERSPECTIVE*, Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics, vol. 85, Iss. 1, 2023 (Revista indexată ISI, ISSN: 1223-7027, factor de impact (FI) 0.619, scorul de influență absolut: 0.167)
3. **Mihail FRĂȘILĂ** , Maria-Alexandra PAUN, Catalin DUMITRAS , Tudor-Cristian PETRESCU , Vladimir-Alexandru PAUN , Viorel-Puiu PAUN, Maricel AGOP, *NON-LINEAR BEHAVIORS OF AIRY TYPE ON SCALES SPACE FROM A FRACTAL PERSPECTIVE*, Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics, vol. 83, Iss. 4, 2021 (Revista indexată ISI, ISSN: 1223-7027, factor de impact (FI) 0.619, scorul de influență absolut: 0.167)
4. ROXANA IANCU , STEFAN ANDREI IRIMICIUC , MARICEL AGOP , **MIHAIL FRĂȘILĂ** , MARIA-ALEXANDRA PAUN , VLADIMIR-ALEXANDRU PAUN , VIOREL-PIIU PAUN, SORIN STRATULAT, *5-Fluorouracil Release from Chitosan-Based Matrix. Experimental and Theoretical Aspects*, Materiale Plastice, vol. 57 (3), (2020) (Revista Indexată ISI, ISSN: 2668-8220 , Factor de impact (FI): 0.593, scorul de influență absolut: 0.055)
5. Vlad Ghizdovat, Oana Rusu, **Mihail Frășilă**, Cristina Marcela Rusu, Maricel Agop, Decebal Vasincu, *Towards multifractality through Ernst-Type potential in complex systems dynamics*, Entropy (acceptat spre publicare)
6. Iulian-Alin Roșu, Florin Nedeff, Valentin Nedeff, Jose Luis Cueto Ancela, Dragos Constantin Nica, **Mihail Frășilă**, Maricel Agop, Decebal Vasincu, *Turbulence removal in atmospheric*

dynamics through laminar channel, Fractal and Fractional.2023, (Revista indexată ISI, **ISSN: 2504-3110**, factor de impact (FI) 5.4, scorul de influență absolut: 0.562)

7. **MIHAIL FRĂȘILĂ**, MARIA-ALEXANDRA PAUN, Catalin DUMITRAS, VLAD GHIZDOVAT, CRISTINA MARCELA RUSU, Vladimir-Alexandru PAUN, MARICEL AGOP, VIOREL-PIIU PAUN, *SOME PHYSICAL IMPLICATIONS OF ABSOLUTE GEOMETRIES IN THE DESCRIPTION OF COMPLEX SYSTEM DYNAMICS*, Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics, vol. 85, Iss. 2, 2023 (Revista indexată ISI, **ISSN: 1223-7027**, factor de impact (FI) 0.619, scorul de influență absolut: 0.167)

Total scor de influență absolut: 1.285

Lista de lucrări BDI+

1. GABRIEL GAVRILUȚ , **MIHAIL FRĂȘILĂ** , CRISTINA-MARCELA RUSU , TUDOR-CRISTIAN PETRESCU, IULIANA OPREA, *TWO SCENARIOS IN THE DESCRIPTION OF THE WAVE-CORPUSCLE DUALITY IN A MULTIFRACTAL THEORY OF MOTION*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Volumul 68 (72), numarul 3, 2022 (**ISSN:1223-7027**, SJR 0.390, BDI B+)
2. NICOLAE MAZILU, **MIHAIL FRĂȘILĂ**, DECEBAL VASINCU, *THE ETHER MADE EXPLICIT THROUGH LIGHT, A POSSIBLE UNIVERSAL INFORMATIONAL MATRIX*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Volumul 67 (71), numarul 1, 2021 (**ISSN:1223-7027**, SJR 0.390, BDI B+)

Listă de lucrari BDI

1. Alexandra Saviuc, Emma Bîrleanu, **Mihail Frășilă**- *On the Maldacena type conjecture in relation with the scale relativity theory*, Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy, 2022 (**ISSN :2343-7049**, BDI)
2. Alexandra Saviuc, **Mihail Frășilă**, Stefan Andrei Irimiciuc, Maricel Agop- *On a "Holographic implementation" in the dynamics of physical systems*, Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy, 2021 (**ISSN :2343-7049**, BDI)
3. R. V. Ababei, **M. Frășilă**, C.M. Rusu, M. Agop, *From General Relativity to Scale Relativity Theory through Group Invariances of $SL(2R)$* , U.P.B. Sci. Bull., Series A, Vol. 85, Iss. 3, 2023 **ISSN 1223-7027**

Listă participări la conferințe

1. Vlad Ghizdovăț, Cipriana Ștefănescu, Irena Cristina Grierosu, Dan Dimitriu, Alexandra Iuliana Saviuc, **Mihail Frăsilă**, Ștefan Andrei Irimiciuc, Roxana Iacob, Maricel Agop, *A statistical interpretation of the classical action with implications in the dynamics of non-linear growth biostructures*, The 8th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering-EHB 2020 (ISSN: 2575-5137, eISSN: 2575-5145)