



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

Facultatea de Științe
Economice și
Administrație Publică

TEZĂ DE DOCTORAT

DOMENIUL ECONOMIE

Designul strategiilor de protecție a
infrastructurilor critice cu instrumente
financiare inovative

REZUMAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:

Prof. univ. dr. Gabriela PRELIPCEAN

DOCTORAND:
Radu Bores

SUCEAVA, 2021

Cuprinsul rezumatului tezei de doctorat

Cuprinsul tezei de doctorat.....	3
Cuvinte cheie.....	4
Introducere, motivație și scopul cercetării	5
Prezentarea sintetică a capitolelor tezei de doctorat.....	14
Concluzii finale, contribuții și direcții de cercetare	32
Bibliografie.....	45

Cuprinsul tezei de doctorat

Lista abrevierilor și prescurtărilor

Lista tabelor

Lista figurilor

Introducere

1. Infrastructurile critice – concept, abordări, principalele sectoare

1.1 Abordări contemporane privind infrastructurile critice și protecția lor

1.2 Definierea limitelor sistemice impuse de sistemele de infrastructuri critice

1.3 Concluzii privind principalele sectoare de infrastructuri critice

2. Principalele categorii de instrumente financiare și domeniul de aplicare în protecția infrastructurilor

2.1 Aspecte teoretice și stadiul cunoașterii științifice

2.2 Instrumente financiare convenționale

2.3 Instrumente financiare criptografice descentralizate

2.4 Domeniul de aplicare, analiza riscului și reziliența infrastructurilor critice

2.5 Concluzii privind aspectele teoretice, instrumentele și domeniul de aplicare

3. Strategii de protecție a infrastructurilor prin instrumente financiare convenționale

3.1 Strategii pentru riscuri sistemice și transferul riscurilor prin asigurări

3.2 Arhitecturi pentru strategii destinate sectorului energetic

3.2.1 Titluri de carbon și instrumente de control al poluării

3.2.2 Instrumente pentru finanțarea sectorului de energie

3.2.3 Sistemul de certificate verzi în România și soluții de restructurare

3.3. Vehicule investiționale pentru fonduri de energie

3.4 Concluzii referitoare la strategiile de protecție a infrastructurilor prin instrumente financiare convenționale

4. Designul strategiilor cu instrumente criptografice descentralizate

4.1 Mecanisme și aplicații pentru securitate cibernetică

4.2 Strategii pentru Orașe Inteligente

4.3 Analiză comparativă între utilizarea instrumentelor convenționale și a celor criptografice în strategii pentru infrastructură

4.4 Concluzii privind designul strategiilor de protecție a infrastructurilor cu ajutorul instrumentelor criptografice descentralizate

5. Realizarea unui cadru decizional multicriterial pentru selecția unei strategii de protecție a infrastructurilor critice

5.1 Aspecte teoretice și metodologie

5.2 Definierea criteriilor

5.3 Analiza AHP

5.4 Concluzii privind realizarea unui cadru decizional de selecție a unei strategii de protecție a infrastructurilor

Concluzii finale, contribuții și direcții de cercetare

Bibliografie

Anexa 1. Analiza AHP: Matricile decizionale și calculele suport

Cuvinte cheie

Infrastructuri critice, reziliență, protecția infrastructurilor critice, vulnerabilitate, instrument financiar, monedă, opțiuni, economia costurilor de tranzacționare, blockchain, contract inteligent, Ethereum, canal de plăți, micro-tranzacții, sector energetic, certificat verde, fond de investiții, oraș inteligent, digitalizare, Internet Of Things, infrastructură de chei publice, agent inteligent, descentralizare, proces analitic ierarhic – AHP

Introducere, motivație și scopul cercetării

Fiecare etapă de dezvoltare a civilizației până la era contemporană și avansul în calitatea vieții sunt inextricabil legate de conceptul de infrastructură. Valorificarea rezultatelor descoperirilor științifice în societate și a muncii agregate a membrilor ei are un efect cumulativ în timp, generând ceea ce putem denumi capabilități, adică capacități și abilitatea de a le folosi. Includem aici posibilitățile de exprimare și acțiune ale unui individ sau ale unui grup, fiind extinse sau constrânse prin mecanismele de asociere și luare a deciziilor la nivel sistemic. În timp, efectul cumulativ al dezvoltării de capabilități a dus la rezolvarea unor probleme, dar și la apariția altora. Fundamentul acestor capabilități este constituit de infrastructuri, a căror evoluție generală tinde către diversificare și creștere a complexității. Sistemul, în ansamblul lui, a devenit în timp un angrenaj de componente sau subsisteme care interacționează între ele cu diferite grade de intensitate și sub constrângerea unor relații de dependență cu multiple consecințe relaționale. Înțelegerea imaginii de ansamblu implică conceperea și utilizarea unei hărți dinamice a interacțiunilor dintre toate domeniile de activitate, acoperind o multitudine de discipline științifice, de la antropologie, sociologie, economie, psihologie și până la fizică, dinamică non-liniară, știința calculatoarelor, meteorologie sau biologie. Din acest motiv, rezolvarea unor probleme complexe, inclusiv cea a dezvoltării de noi capabilități, constituie, de multe ori, un demers inter-disciplinar și implică valorificarea unor interacțiuni transversale. Importanța sistemelor de infrastructuri și a studiului lor a devenit de necontestat, indiferent dacă vorbim de protejarea a ceea ce s-a obținut până în prezent sau de perfecționarea, extinderea și crearea de noi sisteme. O dată cu evoluția dimensiunii infrastructurilor de la simplu către complex, a apărut o nouă taxonomie, cea a infrastructurilor critice. De acestea depinde în mod absolut funcționarea societății moderne. Aceste infrastructuri critice vor defini limitele sistemice ale demersului de cercetare.

Instrumentele financiare constituie convenții monetare între părți care facilitează manifestarea fluxurilor dintr-o economie. Dintre acestea, banii, ca produs omniprezent al imaginației colective umane, reprezintă unitatea atomică fundamentală a economiei. Motivul provine din calitatea activității umane de fi organizată și aliniată unor obiective superioare posibile doar prin manifestarea conceptului de valoare, cel puțin în acest stadiu de dezvoltare. Instrumentele financiare reprezintă cea mai bună soluție descoperită până în prezent pentru a cuantifica noțiunea abstractă de valoare într-o formă utilă societății. Odată ce dispunem de un instrument prin care putem da semnificație valorii, posibilitatea de stocare și transfer în timp satisface o condiție necesară dezvoltării. Având la bază un sentiment colectiv de încredere în viitor, constituirea și consolidarea unui sistem financiar instituțional capabil să crediteze economia a dus la un progres susținut al procesului de dezvoltare. Pe măsură ce industria financiară concepe noi instrumente și sistemul evoluează, apar și manifestările unor imperfecțiuni sau limitări. De exemplu, utilizarea sistemului instituțional financiar pentru rezolvarea unor probleme complexe de infrastructură relevă unele constrângeri ale instrumentelor financiare convenționale. Pentru a asigura lichiditate pe piețe, un număr cât mai mare de participanți, securitate a tranzacțiilor și ușurință în reglementare, caracterul contractual al majoritatea instrumentelor a evoluat către simplitate și sfera interacțiunilor este limitată. Emergența tehnologiilor de tip blockchain reprezintă un salt de referință în acest domeniu pentru că deschide posibilitatea unor noi forme de organizare și interacțiune financiară a

participanților dintr-o economie, prin substituirea factorului instituțional cu unul tehnologic. Invariabil, apariția acestor noi fenomene oferă și noi oportunități de cercetare științifică. Pornind de la tehnologia și mecanismele unei baze de date publice descentralizate și distribuite, rezistentă la cenzură și imposibil de falsificat, s-au dezvoltat noi manifestări ale tranzacțiilor din societate, rezultând un întreg sector economic nou: criptoeconomia. În acest context, se poate considera că implicațiile și utilizările interacțiunilor cu instrumente financiare în crearea, operarea, protecția și dezvoltarea de infrastructuri este insuficient studiată și că noile tehnologii emergente au potențialul de a transforma paradigma de infrastructură. De asemenea, modul în care reacționează organizațiile economice și administrațiile centrale la aceste tehnologii, coroborând cu avantajele primilor care au acționat în piață permite observarea unui caracter disruptiv care revendică o nouă abordare în privința managementului riscului.

Motivația acestei lucrări provine din dorința de a cerceta soluții inteligente și eficiente de a reduce riscurile asociate complexității care caracterizează civilizația contemporană dependentă de infrastructuri, unele cu caracter critic, dar și din perspectiva utilizării instrumentelor financiare în contextul interacțiunilor de pe piețe. Infrastructurile moderne, în special cele considerate critice, reprezintă principala sursă de complexitate în societate și, în consecință, mijloacele de protecție constituie o formă de conservare a progresului înregistrat în dezvoltarea economică, științifică și tehnologică a societății. Dacă operarea acestor infrastructuri este supusă riscurilor sau se confruntă cu vulnerabilități, este afectat modul în care pot fi planificate și atinse ținte de dezvoltare economică și socială sustenabilă. Prin risc ne referim, în acest caz, la ceea ce se poate întâmpla și care sunt probabilitățile, respectiv consecințele în fiecare scenariu. Vulnerabilitățile se referă la slăbiciunile sistemelor în fața unor eșecuri, dezastre sau atacuri în timp ce amenințările sunt potențiale acte cu impact negativ. Răspunsul infrastructurilor la risc și calitatea acestora de a depăși o vulnerabilitate, respectiv de a recupera funcționalitate după un incident sau de a se adapta unor schimbări constituie conceptul de reziliență. În același timp, complexitatea sistemică în creștere se reflectă în interacțiuni tot mai sofisticate între oameni și între formele instituționale de organizare. Pentru o parte esențială din aceste interacțiuni sunt necesare instrumente financiare ale căror design și funcționare determină în parte, bunăstarea din societate. Întrucât știința economică este cea care studiază atât interacțiunile dintre oameni într-o economie, cât și natura instrumentelor financiare și consecințele utilizării lor, sfera de intersectare a celor două domenii, cel al infrastructurilor critice și cel al instrumentelor financiare, devine un areal propice pentru cercetare.

Premisa motivațională a lucrării poate fi exprimată printr-o suită de întrebări. Cercetarea răspunsurilor la aceste întrebări constituie o posibilitate de a facilita înțelegerea unor probleme moderne ale societății:

Care sunt aspectele de natură economică și, în subsidiar, financiară ale infrastructurilor critice? Finanțarea, mentenanța și răspunsul la incidente distructive sunt răspunsurile imediat aparente, însă o analiză mai aprofundată a structurii infrastructurilor este necesară pentru a identifica forțele economice care acționează asupra lor. Capitolul unu își propune să dezvolte acest subiect.

Care sunt interacțiunile inter-umane, cele de tip om-sistem și cele de tip sistem-sistem din această perspectivă? Răspunsul la această întrebare este deopotrivă filozofic și tehnic și implică înțelegerea conceptului de tranzacție. Capitolul doi se preocupă de identificarea

domeniului de aplicare, respectiv selecția acelor interacțiuni economice prin care se poate dobândi reziliență sau protecție a infrastructurilor.

Cum pot fi utilizate instrumentele financiare pentru a induce un efect predeterminat la nivelul infrastructurilor?

Care este potențialul și care sunt limitele noilor tehnologii și a interacțiunilor permise de acestea pentru a genera schimbare pozitivă în protecția infrastructurilor?

Care sunt limitele aplicativității instrumentelor financiare în arealul infrastructurilor? Capitolele trei și patru analizează aceste probleme.

Cum putem fundamenta o decizie de selecție și implementare a unei strategii de protecție a infrastructurilor critice cu ajutorul instrumentelor financiare? Capitolul cinci este dedicat realizării unui cadru decizional care să crească probabilitatea selecției unei soluții eficiente de protecție a infrastructurilor.

Scopul lucrării este, așadar, studiul relației dintre interacțiunile economice și, în extenso, interacțiunile sub formă contractuală dintre indivizi sau organizații și funcționarea infrastructurilor. Mai exact, lucrarea își propune să identifice caracteristici ale infrastructurilor esențiale funcționării civilizației moderne, denumite critice, care depind sau pot fi afectate de instrumente financiare și analizează diferite arhitecturi și strategii privind utilizarea acestor instrumente pentru protecția, reziliența sau dezvoltarea unor sectoare specifice. Pornind de la fundamente teoretice pe care le-am considerat relevante și instrumentele disponibile pe piață, rezultatul este un cadru conceptual care definește specificațiile economice cele mai importante ale unor strategii bazate exclusiv sau într-o proporție semnificativă pe instrumente financiare tranzacționabile. Propunerea acestei lucrări este, pe de o parte, identificarea de instrumente financiare cu potențial de utilizare în diverse configurații sau scenarii, pentru a asigura mecanisme capabile să ofere protecție infrastructurilor și, pe de altă parte, analizarea arhitecturii instrumentelor și designul strategiei, inclusiv a tipului și acoperirii protecției, limitările sau implicațiile economice. Abordarea este una cu valențe interdisciplinare, pentru că interacțiunile dintre sistemele financiare și funcționarea unor active fizice este insuficient cercetată. Chiar dacă obiectele sau conceptele studiate pot fi în sine complexe și nu constituie un antidot la haos, încercarea este de a compila reguli utile de interacțiune financiară care să ușureze gestiunea de resurse într-o economie a infrastructurilor și a instituțiilor pentru a furniza un resort suplimentar pentru continuitatea activităților esențiale. Contextul social considerat este unul post-capitalist, în sensul în care natura privată a capitalului nu mai constituie factorul determinant în economia contemporană, ci caracterul instituțional al modului de organizare umană. Din acest motiv, dinamica organizațională este unul din aspectele avute în vedere în demersul de cercetare întreprins, mai ales în condițiile în care emergența noilor tehnologii informatice, de comunicații și chiar financiare permit observarea evoluției către o nouă paradigmă. Trăim într-o lume în care devin evidente și testabile empiric principiile unei netocrații, așa cum a fost descrisă de Bard și Söderqvist (2002), o societate în care resortul de putere al elitelor se bazează pe avantaj tehnologic și capacitatea de a structura și controla rețele. Mai mult, inovațiile tehnologice și dezvoltarea de instrumente criptografice non-fiduciare, rezistente la cenzură, descentralizate și parțial autonome în funcționarea lor ne permite în premieră să construim prototipuri de sisteme politice și economice mai ambițioase, precum cel al futarhiei. Acest concept a fost propus pentru prima dată de Hanson (2000) ca o abordare tehnică pentru programarea și implementarea politicilor publice. În esență, sistemul constă în aplicarea unui mecanism de vot fundamentat

pe valori, dar dublat de un mecanism financiar bazat pe o piață de previziuni. Indivizii exprimă un vot inițial pentru rezultate generale, spre exemplu pentru creșterea PIB, și, în subsidiar, pentru un set specific de propuneri pentru atingerea obiectivului, cum ar fi implementarea unor proiecte de infrastructură,. Dacă propunerile sunt acceptate, tranzacțiile de pe piața de previziuni sunt tratate astfel: cele de respingere sunt anulate, iar cele de acceptare vor primi un dividend în funcție de indicatorul de succes stabilit ca parametru în contractul de tranzacționare, și vice-versa, dacă propunerile sunt respinse. În cazul urmărit de noi, adică sectorul infrastructurilor, au apărut multiple concepte, soluții și aplicații pentru gestiunea eficientă a resurselor în zone urbane. Tehnologiile dezvoltate pentru orașe inteligente, aflate în diferite faze de implementare, precum și strategiile de cooperare guvernamentală pe termen lung, de exemplu Horizon 2020 sau succesorul direct, Horizon Europe, aferent perioadei 2021 – 2027, indică direcțiile dominante în care se aliniază economiile lumii.

Pentru atingerea scopului propus, este necesară definirea principalelor obiective ale demersului de cercetare științifică:

O1: Clasificarea principalelor sectoare de infrastructură critică și identificarea implicațiilor economice și financiare cu potențial de valorificare în strategii de protecție.

O2: Surprinderea esenței teoriei și cunoașterii științifice de până în prezent cu relevanță în interacțiunile economice, financiare și sociale presupuse de infrastructurile critice.

O3: Identificarea principalelor instrumente financiare convenționale și criptografice cu potențial de utilizare în domeniul de aplicare – reziliență, managementul riscului și protecția infrastructurilor.

O4: Conceptualizarea și validarea designului unor strategii de protecție pentru infrastructurile în care există potențial ridicat de aplicabilitate unor instrumente financiare.

O5: Analiza comparativă privind utilizarea și potențialul instrumentelor criptografice descentralizate față de cele convenționale.

O6: Formularea și testarea unui cadru decizional multicriterial de lucru pentru selecția unei strategii optime de protecție a infrastructurilor.

Ipotezele de la care pornește cercetarea propusă sunt în conexiune imediată cu obiectivele anunțate anterior:

Ipoteza 1: Infrastructurile critice pot fi clasificate în mod eficient în funcție de caracteristicile tehnice, economice, sociale și financiare, rezultând atât o ierarhizare din perspectiva importanței, cât și o anticipare a posibilelor domenii de aplicare ale unor strategii de protecție bazate pe infrastructuri critice.

Ipoteza 2: Interacțiunile dintre oameni și infrastructuri pot fi analizate prin optica teoriei contractelor și, prin extensie, manifestă procese și fenomene care sunt în concordanță cu constatările teoriei economiei costurilor de tranzacționare.

Ipoteza 3: Pot fi dezvoltate strategii cu instrumente financiare tranzacționabile dedicate adaptării și protecției infrastructurilor sectorului energetic, cu scopul tranziției către o economie sustenabilă, mai puțin dependentă de resurse epuizabile.

Ipoteza 4: Tehnologia instrumentelor criptografice oferă soluții pentru eliminarea de vulnerabilități inerente infrastructurilor critice și pentru creșterea eficienței anumitor procese de guvernare care implică în prezent costuri de tranzacționare ridicate.

Ipoteza 5: Tehnologiile disruptive din sectorul financiar oferă oportunități substanțiale în condițiile unei abordări cuprinzătoare privind managementul riscului.

Ipoteza 6: Selecția unei strategii de protecție a infrastructurilor constituie o problemă decizională a cărei soluționare implică o abordare multicriterială. Este posibilă crearea unui cadru de lucru decizional formal cu scopul de a selecta o strategie optimă de protecție a infrastructurilor în contextul urgenței orașelor conectate și inteligente.

Structura lucrării este segmentată în cinci capitole care abordează tematica astfel:

Primul capitol reprezintă o introducere în conceptul de infrastructuri critice, definește ce este o infrastructură și analizează ce caracteristici determină stabilirea statutului de critic. Pe lângă urmărirea celor mai semnificative abordări privind clasificarea și tratamentul în acest domeniu, în acest capitol se face și un exercițiu de anticipare a posibilelor probleme care ar putea fi rezolvate prin aplicații ale instrumentelor financiare și care merită supuse unei cercetări practice și științifice.

Al doilea capitol clarifică domeniul de aplicare, respectiv reziliența infrastructurilor, definirea și evaluarea riscurilor, dar nu înainte de a sintetiza o parte din aspectele specifice ale teoriilor economice care au relevanță în subiectul studiat. Capitolul se concentrează în special pe lucrări și curente de gândire care analizează natura interacțiunilor din economie cu implicații în sfera sectorului financiar și a modului în care se formează și funcționează instituții, organizații și piețe. Scopul acestei radiografii teoretice este concentrat pe cercetarea principiului eficienței în proiectarea și studierea diverselor strategii de protecție considerate în celelalte secțiuni ale lucrării. Obiectivul principal al abordărilor de natură teoretică este de clarificare a opticii generale a cercetării, optică întemeiată pe analiza fenomenelor și interacțiunilor fundamentale ale economiei din perspectiva teoriei contractelor și a costurilor de tranzacționare. Miza este atingerea unui nivel de înțelegere referitor la implicațiile economice, financiare, politice sau de guvernanță ale diferitelor decizii de natură strategică.

De asemenea, în această parte sunt prezentate cele două categorii de instrumente, respectiv cele convenționale, specifice industriei financiare din era economică recentă, precum și cele criptografice descentralizate bazate pe tehnologii emergente, cu aplicații și utilizări în fază incipientă. Acest capitol oferă o clarificare suplimentară conceptelor de Protecție a Infrastructurilor Critice (PIC), reziliență, risc și vulnerabilitate. PIC este un concept care se referă la nivelul de pregătire al unei infrastructuri de a răspunde la un eveniment și în același timp menținerea în parametri de funcționare. Termenul este asociat, de regulă, cu o doctrină sau un program prin care se desemnează infrastructura critică și se stabilesc coordonate procedurale pentru răspuns în diferite scenarii. Reziliența este calitatea unei infrastructuri și a comunității deservite de a se adapta la factori de stres acut, de a diminua efectele acestor factori și de a recupera, menține și chiar îmbunătăți funcțiile esențiale. Riscul, în contextul unei infrastructuri, reprezintă potențialul de a înregistra pierderi datorită eșecului funcțiilor vitale – servicii, structuri organizaționale sau capacități. Vulnerabilitatea constituie starea unei infrastructuri de a fi expusă la risc și lipsa capacității de a rezista la efectele unui mediu sau a unui eveniment cu caracter ostil.

Al treilea capitol se concentrează pe identificarea de posibile strategii de protecție a infrastructurilor utilizând instrumente financiare convenționale. Abordarea este duală, analizează deopotrivă utilizarea de instrumente cu uz general tranzacționabile pe piețele financiare pentru a soluționa probleme de gestiune a riscului privind o serie de infrastructuri, cât și instrumente dezvoltate cu scop specific sectorului energetic. Atenția sporită acordată acestei industrii este motivată de două considerente: primul se referă la importanța

infrastructurilor energetice în configurația civilizațională contemporană, în timp ce al doilea se referă la o implicație puternică a aspectelor financiare, implicație care determină ca acest sector să fie un prim candidat la orice cercetare pe această temă. Pentru partea aplicativă se propune un exemplu concret de îmbunătățire a sistemului de tranziție de la o industrie energetică bazată pe combustibili convenționali la una bazată pe resurse regenerabile prin subvenționare cu certificate verzi și un mecanism investițional alternativ sub forma unui fond de investiții ale cărui specificații sunt ajustate unor proiecte în sectorul energetic.

Capitolul 4 explorează posibile utilizări ale instrumentelor criptografice descentralizate. Aceste instrumente se bazează pe tehnologii disruptive de stocare și schimb a unor active digitale pe piețe sau alte medii de schimb cu caracteristici substanțial diferite față de piețele financiare convenționale. Specificațiile sistemelor, cum ar fi controlul descentralizat, transparența, gestiunea identității participanților și modul de constituire a unor baze de date publice și imuabile, precum și alte inovații specifice, permit proiectarea de noi sisteme, caracterizate printr-un salt de eficiență în anumite domenii față de soluțiile pre-existente.

Abordarea este una practică și analizează, în prima parte a capitolului, potențialul revoluționar de a îmbunătăți securitatea cibernetică, respectiv: 1) infrastructura pentru managementul și protecția identității și 2) protejarea datelor și securizarea informațiilor. Ambele aplicații sunt nespecifice unui anumit segment de infrastructură, optica fiind una transversală. De asemenea, a doua parte a capitolului cercetează posibile arhitecturi de strategii pentru orașe inteligente, de la soluții pentru digitalizare, vot electronic, management energetic și până la soluții pentru o economie interconectată. În acest segment al lucrării se formulează și testează ipoteze prin care se determină o serie de limitări și posibile soluții la o arhitectură optimă pentru o infrastructură eficientă și scalabilă în viitor. Ultima parte a capitolului se concentrează pe câteva aspecte comparative între cele două clase de instrumente financiare relevante atât într-un proces de cercetare, cât și într-un demers practic de proiectare a unui sistem menit să rezolve o problemă de protecție sau reziliență a unei infrastructuri critice.

Capitolul 5 își propune să fundamenteze un cadru de lucru decizional capabil să selecteze strategia optimă de protecție a unei infrastructuri critice utilizând mecanisme economice și instrumente financiare. Abordarea constă în enunțarea unui număr de 6 criterii de evaluare a alternativelor și determinarea ponderilor acestor criterii într-un sistem care să permită determinarea unei soluții superioare. Pentru rezolvarea acestei probleme am apelat la metoda procesului ierarhiei analitice (Eng. Analytic Hierarchy Process – AHP), o tehnică robustă de formulare a deciziilor strategice și cuantificare a priorităților criteriilor printr-o formulă decizională multicriterială.

Pentru a realiza cadrul de lucru s-a construit un model bazat pe opiniile a cinci experți care au evaluat importanța relativă a criteriilor acordând scoruri încrucișate pe o scară valorică specială. Scorurile au constituit elementele de intrare într-o aplicația specializată de calcul AHP dezvoltată de Klaus D. Goepel (2013), cu care s-au obținut ponderile fiecărui criteriu printr-o analiză numerică. Pentru testarea rezultatelor obținute s-au realizat teste de consistență care au validat corectitudinea datelor de intrare și caracterul tranzitiv al evaluărilor încrucișate. De asemenea, validarea finală a modelului s-a realizat prin calcularea indicatorilor de consens prin care se confirmă faptul că modelul decizional obținut prin încorporarea inputurilor celor cinci experți este reprezentativ.

Metodologia aplicată se bazează pe cercetare calitativă, comparativă, observație participativă și neparticipativă, sondarea opiniei unor experți independenți, dar și cantitativă, prin analiza numerică a datelor obținute. În procesul de cercetare am urmărit o serie de etape:

- a. Definierea termenilor de referință, a conceptului studiat și identificarea terminologiei aplicate. Orice demers de explorare a adevărului presupune claritate în ceea ce privește vocabularul utilizat și conceptele care construiesc domeniul de aplicare. În cazul prezentei lucrări, s-au explicat în special termenii tehnici din industria financiară sau din domeniul informatic/ingineresc, iar acolo unde nu există echivalent în limba română s-a utilizat termenul original în engleză cu o notă de traducere sau explicație.
- b. Realizarea unei radiografii a domeniului de aplicare și a sferei de studiu prin identificarea principalelor probleme de protecție ale infrastructurilor critice cu potențial de a fi eligibile pentru strategii bazate pe instrumente financiare. Rezultatul acestei etape constă în dezvoltarea ipotezelor și anticiparea posibilelor soluții. S-au cules date privind utilizarea infrastructurilor, elemente de risc și vulnerabilitate, iar acolo unde a fost necesar, s-au exemplificat prin studii de caz relevante. Pentru clasificarea sectoarelor de infrastructură, principalele izvoare de informații utilizate au fost documente de reglementare, inclusiv texte de lege, strategii și linii directoare sau documente de lucru emise de organizații din sfera guvernamentală sau zone conexe de consultanță. Pe lângă aspectele de formulare a politicilor și analiza modelelor decizionale, s-au extras din literatura științifică principalele ținte de cercetare ale aplicațiilor de modelare, precum și aspecte de gestiune a riscului în programe și metodologii de management: identificarea riscului, evaluarea, prioritizarea acțiunilor, implementarea de programe și măsurarea eficacității.
- c. Stabilirea cadrului teoretic și empiric de cunoaștere, prin sintetizarea celor mai importante curente de gândire, idei sau fenomene observate în practică și documentate. Această etapă a metodologiei reprezintă o recenzie și analiză critică a cărei scop este determinarea zonelor pentru care trebuie efectuate noi cercetări, dar și pentru a putea oferi o bază comparativă de susținere a contribuțiilor. Acest demers este unul de fundamentare a efortului de cercetare prin clarificarea aspectelor esențiale ale conceptelor de infrastructură și instrument financiar. Dincolo de definiția în sine a termenilor, s-a încercat surprinderea esenței din câteva din cele mai de succes teorii economice, evidențiind aspectele relevante pentru o strategie de protecție a unei infrastructuri acoperitoare. Pentru o abordare capabilă să producă rezultate eficiente am considerat următoarele aspecte: teoria agent-principal și implicații ale delegării, teoria contractelor, teoria costurilor de tranzacție, economiile orientate către cerere și cele orientate către ofertă, precum și teorii privind economia mediului. De asemenea, pentru o înțelegere mai precisă a mecanismelor instrumentelor financiare, în special a celor neconvenționale bazate pe tehnologii emergente de blockchain, am analizat teorii legate de utilitate monetară și valoare subiectivă.
- d. Analiza privind disponibilitatea instrumentelor financiare și selecția optimă în funcție de capacitatea de a se adresa problemelor identificate anterior. Spectrul de analiză a cuprins atât instrumente convenționale tranzacționabile pe burse și piețe specializate, cât și instrumente precum asigurările, a căror piață de tranzacționare implică redactarea unor contracte mai complexe. Abordarea a fost una din perspectiva interacțiunilor între

părțile angajate în execuția contractului, inclusiv entitățile de intermediere și reglementare. Deoarece există o multitudine de surse bibliografice privind apariția, funcționarea și economia instrumentelor financiare de acest tip, nu am intrat în detalii excesive, lucrarea concentrându-se pe aspectele care au relevanță într-o optică dedicată infrastructurilor critice și problemelor de risc, amenințărilor și vulnerabilităților cu care acestea se confruntă. Scopul a fost de a identifica potențialul pentru formularea unei arhitecturi care să genereze sau să amelioreze protecția și reziliența. În ceea ce privește analiza instrumentelor bazate pe tehnologii criptografice neconvenționale de tip blockchain, abordarea a fost mai riguroasă și a inclus o descriere mai detaliată a ideologiei și a mecanicii utilizării lor. Cercetarea a pornit în special de la documente de tip white paper, rapoarte cu caracter autoritar care prezintă filozofia de abordare a diverselor protocoale studiate și informează în mod concis despre mecanismele de funcționare ale acestora. Metodologia angajată în lucrare a inclus și o analiză a contractelor inteligente ca instrumente promițătoare privind dezvoltarea de strategii mai complexe pentru infrastructuri. Contrar denumirii sugestive, aceste contracte nu au, cel puțin în prezent, inteligență artificială propriu-zisă, în schimb oferă posibilitatea de a executa în mod automat un set predefinit de interacțiuni cu impact patrimonial fără cooperarea activă a părților. Chiar dacă nu există încă posibilitatea de a dezvolta un contract care să se auto-execute cu adaptare la orice circumstanță posibilă, accesul la un instrument care să permită interacțiuni de o complexitate fără precedent fără delegare de încredere și intervenție umană oferă un teren vast de cercetare și experimentare în domeniul infrastructurilor.

- e. Formularea de ipoteze privind utilizarea instrumentelor financiare organizate sub forma unor strategii aplicative și testarea acestora, inclusiv cu instrumente matematice, acolo unde există date disponibile. Abordarea acestei lucrări se concentrează pe aspecte de design a strategiilor și elemente de arhitectură a instrumentelor, elemente care nu pot fi transpuse în modele matematice. Scopul este anticiparea sistemelor decizionale ale actorilor implicați, ale diferitelor interacțiuni și implicațiile economice ale acestora, precum și stabilirea specificațiilor contractuale esențiale care ar urma să guverneze sistemele studiate. În acest sens, lucrarea se detașează de cele două tendințe dominante de abordare din literatura care dezvoltă metodologii și aplicații pentru protecția infrastructurilor critice. Prima tendință se referă la identificarea de metode, tehnici, și instrumente pentru a descrie starea curentă a unei infrastructuri, performanța și răspunsul la factori de risc prin utilizarea de cadre de lucru pentru managementul riscurilor. A doua tendință include înțelegerea comportamentului dinamic al sistemelor de infrastructură prin metode de simulare (sisteme dinamice și multi-agent, simulări Monte Carlo etc.) pentru identificarea cauzelor de instabilitate într-un sistem de infrastructuri. Metodologic, abordările implică în majoritatea cazurilor modele multi-agent, matrici de rating și baze de date relaționale pentru analiza interdependențelor (Yusta, Correa și Lacal Arántegui, 2011). Aceste aplicații utilizează instrumente de analiză cantitativă pentru a produce programe informatice de simulare, doar cu mici ajustări de sensibilitate prin parametri semi-cantitativi. În schimb, lucrarea de față propune o abordare predominant calitativă și descriptivă, cu testarea ocazională a fezabilității anumitor ipoteze, atunci când este posibil. Cu alte cuvinte, utilizarea

termenului de aplicație pentru infrastructuri critice, are în vedere un model conceptual și scenariul de utilizare cu regulile de interacțiune spre deosebire de un program informatic sau un model procedural.

- f. Formularea de principii și proiectarea unor strategii de protecție considerând caracteristicile infrastructurilor studiate. Pentru a fi eficientă, o strategie de utilizare a instrumentelor financiare pentru protecția infrastructurilor critice trebuie să prezinte o serie de specificații economice, iar metodologia lucrării implică formularea acestor specificații.
- g. Metodologia considerată pentru realizarea aplicației de analiză numerică a inclus următoarele etape:
- Formularea problemei decizională sub forma unei ierarhii, stabilindu-se, în baza studiilor anterioare, un număr de șase criterii care vor constitui principalul obiect de cercetare. Aceste criterii se referă cele mai importante aspecte ale utilizării unei soluții de protecție a unei infrastructuri critice prin mecanisme economice cu ajutorul instrumentelor financiare.
 - Conceperea, utilizând cele șase criterii, a unui formular electronic personalizat care a fost distribuit experților cu scopul de a obține datele de intrare ale aplicației. Formularul a fost însoțit de un document suport care detaliază obiectivele studiului, modul de completare și semnificația scorurilor acordate.
 - Selecționarea experților evaluatori, realizată cu scopul de a maximiza relevanța și aplicabilitatea rezultatelor finale, fiind acoperite diverse arii de specializare și experiență.
 - Inserarea informațiilor obținute din chestionare în aplicația informatică și calcularea indicatorilor care exprimă numeric prioritățile celor șase criterii și ponderile aferente modelului decizional, precum și testele de consistență. Validarea reprezentativității s-a realizat prin calcularea unui indicator de consens.
- Sursele de documentare utilizate includ:
- Literatura de specialitate: articole din jurnale științifice, publicații tehnice, articole de natură științifică care abordează un subiect conexe celui studiat, cărți și capitolele cu relevanță;
 - Legislație și documente de lucru emise pentru diferite instituții publice sau private;
 - Baze de date statistice disponibile public;
 - Depozitare de cod cu sursă deschisă (Github), website-urile dedicate pentru protocoale bazate pe tokeni criptografici;
 - Platforme sociale on-line: reddit, steemit, medium;
 - Platforme de tranzacționare: poloniex.com, bittrex.com, kraken.com, hitbtc.com, binance.com, pentru testarea aspectelor tehnice legate de tranzacționare și procurarea de tokeni cu scopul testării diverselor protocoale.

Prezentarea sintetică a capitolelor tezei de doctorat

Primul capitol se preocupă îndeosebi cu clarificarea conceptului de infrastructura critică. Acesta este utilizat în special de guverne pentru a descrie active esențiale pentru funcționarea societății și economiei. Punctul de plecare în demersul de cercetare propus implică o examinare a modelelor existente de clasificare și gestiune a infrastructurilor. Abordările din Uniunea Europeană și Statele Unite ale Americii sunt de mare relevanță nu doar prin nivelul avansat al infrastructurilor propriu-zise, ci și prin nivelul de documentare și reglementare asociat.

Protecția infrastructurilor critice a devenit o preocupare esențială a guvernelor și a organizațiilor supra-guvernamentale, care au făcut deja eforturi semnificative pentru delimitarea și clasificarea acestora. Scopul acestor demersuri este creșterea eficienței în reglementare prin alocarea corectă a responsabilităților, precum și crearea de politici noi pentru dezvoltarea, modernizarea sau extinderea infrastructurilor esențiale. Sectoarele înregistrează progrese în mod inegal, unele având prioritate în fața celorlalte.

Pe parcursul acestui capitol au fost urmărite următoarele abordări: cea din Statelor Unite ale Americii, cea din Uniunea Europeană și, pentru o perspectivă locală, cea din România. În urma analizării acestor abordări, s-a structurat o taxonomie proprie a infrastructurilor critice cu șase sectoare majore: energie, comunicații, sistemul de management al apei, transporturi, sectorul agro-alimentar și serviciile critice. Pentru fiecare din aceste sectoare au fost prezentate elementele definitorii esențiale în contextul în care cercetarea ulterioară se va axa pe fenomene, interacțiuni și instrumente de natură economică. Cel puțin următoarele concluzii pot fi trase:

→ Domeniul protecției infrastructurilor critice are o acoperire instituțională mai avansată în Statele Unite comparativ cu abordarea Uniunii Europene, atât la nivel de extindere a categoriilor, cât și profunzimea responsabilităților alocate diferitelor organisme administrative.

→ În România este definit un cadru în mod formal, dar există puține dovezi privind modul în care strategia este transpusă în practică prin acțiuni și politici.

→ Pentru sectoarele de energie și transporturi se acordă prioritate atât la nivel de viziune cât și de reglementare, fiind considerate de importanță strategică, cu cele mai multe grade de interdependență față de alte sectoare.

→ Infrastructurile energetice, cu toate cele trei ramuri – energie electrică, sectorul petrolier și sectorul gazelor naturale – au trăsăturile definitorii ale infrastructurilor critice și sunt de o importanță majoră pentru civilizația modernă. Relevanța de cercetare pentru domeniul lucrării este ridicată deoarece:

- Nivelul de interdependență toate celelalte domenii de activitate și sectoare de infrastructură este foarte profund;
- Infrastructurile implică active fizice complexe și costisitoare precum și constrângeri de natură tehnică cu impact în construirea, operarea și protecția lor;
- Resursele energetice în sine sunt tranzacționabile pe piețe specializate, generând un întreg ecosistem financiar în care instrumentele încorporează constrângerile fizice;
- Intensitatea necesarului investițional, importanța strategică a activelor și constrângerile tehnice au generat distorsionarea piețelor concurențiale, care doar odată cu avansul tehnologiei (în special posibilitatea de stocare și valorificarea

resurselor regenerabile) au posibilitatea de a face o tranziție către piețe libere și descentralizate;

- Costurile ridicate generate de nevoia de soluții de rezervă și de inflexibilitatea sistemelor energetice, în special cel de generare, transport și distribuție de electricitate, oferă potențialul de dezvoltare de instrumente financiare specifice care să crească eficiența financiară și să faciliteze extinderea și modernizarea infrastructurilor.

→ Infrastructurile de comunicații sunt esențiale pentru coordonarea activităților umane și implică o substanțială componentă cibernetică pe lângă active de natură fizică. Considerând ponderea tot mai ridicată de valoare adăugată dintr-o economie care se generează în spațiul virtual și multitudinea de servicii care au la bază infrastructura de comunicații, este un domeniu de mare interes pentru tema de cercetare propusă. Mai mult, apariția instrumentelor criptografice a fost posibilă doar datorită dezvoltării acestui sector. Pornind de la securizarea spațiului cibernetic și tokenizarea de servicii digitale, potențialele utilizări ale instrumentelor financiare pot avea utilitate pentru un set extins de infrastructuri, prin urmare acest domeniu va reprezenta un punct de concentrare a cercetării.

→ Infrastructura pentru managementul apei este de interes nu doar din perspectiva circuitelor naturale și a modului în care este utilizată în activitatea umană, ci și datorită modului în care activitatea umană a afectat disponibilitatea și calitatea acestei resurse. Poluarea și schimbările climatice accelerate au distorsionat circuitul natural al apei atât de ordin cantitativ cât și calitativ, într-un mod observabil. Unul din efecte este forțarea limitelor proiectate ale infrastructurilor sectorului. Astfel, protecția și reziliența acestor infrastructuri devin dimensiuni cu o semnificație strategică pentru că toleranța la eșec este foarte mică. Principalul potențial de cercetare în utilizarea de instrumente financiare este pentru managementul mai eficient al riscului, însă modul în care se transferă costurile și pragul foarte limitat de acceptare a riscului oferă oportunități limitate de optimizare financiară. Putem considera că pentru misiunea acestor infrastructuri eșecul nu este permis (eng. „no-fail mission”).

→ Sectorul transporturilor implică, în viziunea prezentei lucrări, trei componente: infrastructură fizică, vehicule și operațiuni, precum și o diviziune în sub-sectoare specifice transporturilor maritime, aeriene, rutiere, feroviare și speciale. Fiind un domeniu transversal economiei și activităților umane la scară globală, nivelul de complexitate este ridicat și există instrumente financiare care deservește funcții ale sistemelor de transport (de exemplu, piețe de hedging pentru combustibil). Pentru scopul lucrării, vor fi studiate instrumente cu potențial de optimizare a transporturilor în zonele urbane în contextul emergenței „orașelor inteligente”.

→ În cazul sectorului alimentară și al infrastructurilor aferente se introduc probleme legate de utilizarea eficientă a resurselor, securitatea alimentară și gestiunea unei palete diversificate de riscuri. Posibilele aplicații financiare se referă la titluri de asigurare, strategii de transfer a riscurilor financiare, precum și instrumente digitale pentru protecția și transparentizarea unor procese critice precum marcarea, trasabilitatea și originea produselor alimentare.

→ Serviciile critice prin care ne referim la servicii bancare, de management investiții, asigurări precum și servicii guvernamentale constituie ceea ce putem defini ca infrastructură „soft”, construită pe un fundament de alte active fizice, tehnologice sau informaționale. Deoarece funcționarea corectă a acestor angrenaje economice și sociale influențează societatea

la nivel sistemic, determinarea unor soluții de optimizare a fluxurilor dintr-o economie prin strategii și instrumente financiare reprezintă o temă importantă de cercetare.

Chiar dacă nivelul ridicat de interdependență specific infrastructurilor critice implică suprapuneri sectoriale în formularea și designul unor strategii bazate pe instrumente financiare, prin acest capitol oferim o propunere privind un sistem de clasificare ca referință și trecem în revistă principalele caracteristici ale infrastructurilor esențiale civilizației moderne. Această analiză, deși preponderent descriptivă, ne permite stabilirea domeniului de aplicare pentru instrumentele financiare analizate ulterior și anticipează posibilitățile de a cerceta și formula strategii de protecție.

Rolul capitolului 2 este de a stabili instrumentarul și domeniul de aplicare care va constitui cadrul general de lucru. Mai exact, se trec în revistă cele mai importante aspecte de teorie economică care au fundamentat ipotezele lucrării. De asemenea, pe acest fundament teoretic și pe concluziile cercetărilor în domeniu pe care le-am considerat relevante s-a bazat arhitectura strategiilor propuse. Dacă capitolul anterior definește componenta de infrastructură, aici ne concentrăm pe conceptele de instrument financiar, ceea ce a implicat o parcurgere a unor teorii economice semnificative.

Pornind de la ipoteza că prin implicațiile pe care le presupune asupra funcționării societății, utilizarea instrumentelor financiare reprezintă una din cele mai complexe forme de interacțiune dintre oameni, am considerat principalele teorii care analizează esența interacțiunilor economice între indivizi sau organizații:

- a. Teoria agent – principal oferă indicii privind relația care rezultă din delegarea de acțiune și responsabilitate, respectiv modul în care informația se constituie ca un bun tranzacționabil, precum și modul în care incertitudinea generează risc și afectează relația dintre cele două părți. În gestiunea infrastructurilor, indiferent dacă ne referim la dezvoltare, operare sau protecție, această optică oferă mai multă claritate în procesul de contractare. Considerând concluziile cercetărilor recenzate, designul propus ulterior în lucrare are în vedere optimizarea în sens favorabil a relației de contractare de tipul agent – principal și reducerea factorilor de ineficiență din categoria hazardului moral.
- b. Teoria contractelor este considerată ca o extensie a teoriei agenției, ca un subiect interdisciplinar care analizează interacțiunile umane pornind de la tranzacții imediate, atomice, la tranzacții complexe, secvențiale. Preocuparea principală a cercetării este de eliminare, pe cât posibil, a imperfecțiunilor contractelor cu scopul determinării deciziilor optime. În cazul infrastructurilor critice, este dezirabilă funcționarea continuă și eficientă a sistemelor în condiții de complexitate ridicată. Acest lucru implică un compromis între tranzacționabilitatea unui instrument utilizat și gap-ul informațional generat de imposibilitatea de a surprinde orice scenariu într-un contract. Din acest motiv, în formularea strategiilor ulterioare vom căuta să maximizăm nivelul de complexitate a interacțiunilor, de exemplu prin contracte inteligente și agenți autonomi, fără a introduce riscurile specifice asimetriei informaționale.
- c. Teoria economiei costurilor de tranzacționare este una fundamentală în viziunea economică modernă și de însemnătate științifică deosebită pentru demersul acestei lucrări. Scopul final este rezolvarea unor probleme importante pentru societate prin protecția infrastructurilor critice prin stabilirea următoarelor obiective dezirabile: creșterea eficienței și reducerea

- costurilor de tranzacționare. Liniile directoare pentru strategiile studiate vor avea ca principiu fundamental creșterea eficienței.
- d. Teoria economică orientată către cerere și cea orientată către ofertă constituie câteva din cele mai importante perspective privind modul în care se generează creșterea economică, respectiv. Această analiză este relevantă în special pentru considerarea cadrului de reglementare aferent diverselor instrumente și strategii propuse astfel încât infrastructurile să constituie vectori de dezvoltare.
 - e. Prin analiza teoriilor referitoare la valoarea subiectivă a banilor, regresia lui Mises și utilitatea non-monetară a instrumentelor financiare, validăm o serie de presupuneri legate de tranzacționarea unor tokeni criptografici și considerăm mecanismele prin care instrumentele financiare non-convenționale propuse în partea finală a lucrării vor avea valoare chiar dacă sunt construcții abstracte și vor putea genera lichiditate în tranzacționare.
 - f. Teoria opțiunilor reale se referă la tehnici și instrumente utilizate în procese decizionale bazate pe modele și metode de evaluare a opțiunilor. Pentru scopul lucrării, am identificat o serie de constrângeri, precum lipsa caracterului tranzacționabil și dificultatea de cuantificare numerică a conceptului de protecție a infrastructurilor, constrângeri care limitează utilitatea în atingerea obiectivelor de cercetare.
 - g. Analiza economiei mediului este necesară pentru înțelegerea implicațiilor de interdependență ale infrastructurilor critice și pentru surprinderea amplitudinii complexității interacțiunilor între actorii dintr-o economie și mediul natural. Literatura sugerează o nouă optică a mediului în viziunea economică prin considerarea mai multor indicatori și implicații pentru o integrare sustenabilă economiei în ecosistem. Introducerea unor dimensiuni cheie, precum generarea de deșeuri sau utilizarea resurselor permit formularea de strategii mai apropiate de realitate și cu șanse mai bune de a fi eficiente.
 - h. Pe lângă considerentele legate de mediu, s-a impus o calibrare a sistemului de valori utilizat prin definirea conceptului de dezvoltare astfel încât să reflecte și aspecte calitative. Astfel, se pot pune într-un context potrivit proiecte legate de construirea, operarea sau protecția infrastructurilor.

În completarea considerentelor teoretice, în acest capitol se explică instrumentarul care va fundamenta soluțiile de protecție:

→ Instrumentele financiare convenționale sunt contracte cu execuție într-un cadru instituțional facilitat de guverne și organizații bancare prin care se transferă active, drepturi sau obligații cuantificabile în bani. De interes deosebit sunt instrumentele derivate, construite pe active existente cu scopul de a reduce costurile de tranzacționare și a crește eficiența generală a piețelor. Indiferent de tipul de instrument analizat (contracte la termen, opțiuni etc) și indiferent de complexitatea specificațiilor contractelor care fundamentează regulile de tranzacționare, natura este una care permite o lichiditate ridicată. Din acest motiv, execuția contractelor trebuie să se realizeze fără imperfecțiuni, iar consecința este că spectrul acoperit de obiectul propriu-zis al contractelor este foarte limitat. Rezolvarea de probleme complexe, precum reducerea unor riscuri la care este expusă o infrastructură, implică utilizarea de combinații de instrumente, coroborate cu reglementări și alte măsuri instituționale. Astfel, chiar dacă înțelegerea comportamentului piețelor la nivel macro este dificilă, arealul de aplicare al unui instrument sau chiar set de instrumente convenționale este limitat pentru că extinderea complexității tranzacției ar compromite posibilitatea de a genera suficientă lichiditate și ar

crește costurile instituționale specifice standardizării. Ca excepție, instrumentele de tipul asigurărilor nu sunt concepute ca titluri fungibile și au un caracter mai ridicat de complexitate a obiectului contractului.

Pentru a proiecta o strategie de protecție a infrastructurilor critice cu ajutorul instrumentelor convenționale, estimarea și analizarea corectă a riscului este o etapă esențială, astfel încât transferul acestuia să poate fi realizat în mod eficient, considerând diferite scenarii și ipoteze. Ulterior, redactarea specificațiilor de tranzacționare, formarea unei piețe și stabilirea unui mecanism de formare a prețului permit generarea unor previziuni și modele. Condiția pentru ca o astfel de abordare să fie funcțională este generarea unui flux de numerar atractiv pentru potențiali investitori. Acest criteriu va fi considerat ca o precondiție în studierea unor strategii alternative la rezolvarea unor probleme specifice infrastructurilor energetice.

→ Instrumentele criptografice descentralizate reprezintă o clasă nouă de active în economie, cu posibilitatea de a realiza interacțiuni mai complexe din perspectivă contractuală comparativ cu instrumentele convenționale. Elementele de noutate pornesc inclusiv de la filozofii fundamentale legate de definiția banilor și a modului în care oamenii cuantifică, stochează și transferă valoare. Mai mult, reprezintă primele instrumente financiare folosite pe scară largă generate în afara cadrului guvernamental, fiind o alternativă la un sistem considerat omniprezent până acum. Chiar dacă depind în totalitate de sectorul tehnologiei informației, au format un segment distinct în economie denumit *cripto-economie*.

Din punct de vedere tehnic, avantajele de infrastructură ale unui sistem bazat pe tokeni criptografici se referă la ireversibilitate, rezistență la cenzură și imutabilitate. Problema transparenței este de asemenea un avantaj, dar abordarea depinde de necesitățile impuse de domeniul de aplicare, existând varianta unei baze de date distribuite pseudonime, dar perfect transparente, precum și diverse variante prin care rețeaua validează tranzacțiile, dar detaliile sunt ascunse. De interes deosebit pentru cercetarea propusă este conceptul de contract inteligent, care permite realizarea și execuția în mod autonom a unor servicii digitale cu mult mai complexe decât orice instrument financiar convențional. Pentru scopul acestei lucrări, strategiile vor fi construite considerând capabilități care sunt posibile a se realiza pe platforma Ethereum, deși există și alte soluții competitori fezabile.

Analizând specificațiile acestor tehnologii și comportamentul în economie din perspectiva teoretică, s-a concluzionat un salt semnificativ din perspectiva eficienței și a reducerii costurilor de tranzacționare, precum și un amplu potențial de utilizare în domeniul infrastructurilor.

→ Pentru a explica și defini corect domeniul de aplicare al strategiilor care urmează a fi concepute și propuse, am considerat finalitatea dorită, anume creșterea fiabilității, a eficienței în operare, diminuarea unor riscuri/vulnerabilități sau creșterea rezilienței în cazul unui eveniment cu impact. De asemenea, am stabilit necesitatea unor evaluări ale infrastructurilor din perspectiva riscurilor și a potențialului impact asupra activității umane astfel încât să se determine factorii potriviți de protecție împotriva acestor riscuri. Capitolul 4 din lucrare se preocupă în mod direct disfuncții ale infrastructurilor de energie care rezultă din scheme financiare folosite până în prezent și propune soluții de redresare. Capitolul 5 abordează probleme transversale de securitate cibernetică și scoate în evidență posibilități de remediere prin instrumente criptografice. De asemenea, se identifică zone de activitate din viața urbană

afectate de ineficiență și se propun strategii de valorificare a tehnologiilor disponibile pentru ameliorarea lor.

În ceea ce privește reziliența infrastructurilor, se pot identifica trei dimensiuni într-o abordare strategică cu scopul de a aduce un beneficiu sistemului:

- Scăderea probabilității de apariție a unui eveniment nedorit;
- Scăderea severității consecințelor negative ale unui eveniment, atunci când acesta are loc și menținerea, pe cât este posibil, a operațiunilor;
- Creșterea vitezei de recuperare din urma unui incident.

La nivel de reglementare, măsurile destinate protecției sau rezilienței infrastructurilor implică elemente precum: redundanță pentru scăderea impactului unei reduceri de capacitate, mentenanță potrivită pentru prevenția în exploatare, monitorizare și achiziție de date, implementare de proceduri la nivel organizațional, aspecte educaționale legate de operatori și utilizatori de infrastructură sau mecanisme de alocare a unor bugete specifice.

Pentru a-și atinge scopul, strategiile formulate trebuie aliniată uneia din etapele ciclului de viață a unei infrastructuri în contextul posibilității unui scenariu advers:

- Evaluarea infrastructurii și colectarea de informații;
- Adaptarea infrastructurii pentru prevenire și dezvoltarea capacităților operaționale;
- Monitorizare și avertizare;
- Atenuare impact și răspuns rapid;
- Reconstruire de capacități.

Contribuția din acest capitol la demersul de cercetare și la obiectivele lucrării pornesc de la parcurgerea celor mai importante teorii economice cu relevanță în sectorul infrastructurilor critice. S-au studiat lucrări ale unor autori care au tratat probleme legate de teoria agent – principal și costul de delegare, teoria economică a contractelor, teoria costurilor de tranzacție, teorii privind economii orientate către cerere sau către ofertă, valoarea subiectivă, utilitatea non-monetară a instrumentelor financiare, teoria opțiunilor reale sau teorii referitoare la economia mediului. Literatura consultată a scos în evidență faptul că o abordare centrată pe caracterul tranzacțional și contractual al interacțiunilor din economie constituie cadrul ideal de analiză a modului în care se pot formula strategii de protecție a infrastructurilor critice cu ajutorul instrumentelor financiare. S-au identificat și analizat cele mai importante clase de instrumente financiare, pornind de la titlurile fundamentale tranzacționabile pe piețele financiare, continuând cu instrumentele derivate care se pot construi pornind de la acestea, contracte de asigurare și finalizând cu noua generație de instrumente criptografice descentralizate. Analiza a urmărit în special caracteristicile contractuale ale instrumentului, respectiv cum se manifestă în utilizare, precum și aspecte legate de formarea prețului și a lichidității pe piață. Examinând abordările existente cu privire la protecția infrastructurilor critice, respectiv etapele analizelor de vulnerabilitate, practici în analiza de risc și modul în care se manifestă conceptul de reziliență, am dedus domeniul de aplicare și spațiul în care se pot formula și implementa strategii de protecție a infrastructurilor critice.

Capitolul 3 examinează posibile strategii de protecție care valorifică interacțiunile economice rezultate din tranzacționarea instrumentelor financiare pe piețele instituționale convenționale. În prima parte a capitolului sunt analizate contracte specializate în transferul riscului, precum anumite tipuri de asigurări, obligațiuni CAT sau swap-uri. Această soluție de

management al riscurilor sistemice presupune implicarea unor actori instituționali specializați în investiții și formularea unui sistem de evaluare a riscurilor alături de mecanisme de generare a unor fluxuri de numerar care să permită recompensarea celor dispuși să preia riscul. Printr-un mix de standardizare, reglementare și diversificare, riscurile sunt distribuite într-un mod în care incidența unui eveniment nu declanșează insolvențe în serie. Chiar dacă imprevizibilitatea și erorile de cuantificare a riscului (și, implicit, de evaluare a unei prime corecte) nu exclud în totalitate posibilitatea unui eșec sistemic al piețelor, surplusul de rezerve, redundanța prin contractele de reasigurare și schemele de finanțare oferă variante funcționale de gestiune a scenariilor perturbatoare pentru companii, organizații sau chiar guverne prin instrumente tranzacționabile.

Considerând scopul limitat al obiectului contractului acestor tipuri de instrumente, respectiv plata unui principal în condițiile declanșării unui eveniment provocator de daune sistemice, o strategie de protecție nu adresează considerente tehnice și economice intrinseci infrastructurilor și, prin urmare, considerăm că aplicabilitatea pentru tema de cercetare este limitată.

În schimb, analizarea sectorului energetic relevă posibilitatea conceperii și utilizării de instrumente care să afecteze în mod direct comportamentul actorilor care utilizează sau operează infrastructuri, afectând inclusiv active fizice. Motivația alegerii sectorului energetic este multiplă:

- Este o infrastructură critică prioritară atât din perspectiva abordărilor de reglementare, cât și din analiza capitolelor anterioare;
- Produsele rezultate în urma activităților sectorului energetic sunt tranzacționabile și permit construirea de instrumente derivate cu activ suport livrabil pe piața de energie;
- Strategiile existente bazate pe instrumente tranzacționabile au un scop limitat în managementul riscului financiar și stabilizarea piețelor de energie, fără a aborda reziliența infrastructurilor la nivel tehnic. Opțiunile de spread, contractele de taxare, opțiunile de stocare și swing, contractele de retail sau instrumentele derivate cu vremea ca activ suport sunt instrumente de hedging și adresează un spectru de risc limitat. Chiar dacă nu putem subestima importanța implementării unor măsuri de protecție în acest fel, formatul contractelor și al piețelor nu conduce la inovații în sectorul infrastructurilor ci doar oferă variante decizionale și manageriale cu diferite abordări asupra riscului.
- Existe multiple ineficiențe, atât la nivel tehnic, cât și la nivel de reglementare care pot fi soluționate prin strategii cu instrumente financiare;
- Impactul unor strategii de succes se desfășoară în multiple alte sectoare din economie;
- Din perspectiva teoriei economiei mediului, reformarea industriei energetice reprezintă prioritatea absolută.

Primul set de instrumente analizate include titlurile de carbon și mecanisme de control a poluării. Cercetarea noastră indică necesitatea unui cadru de reglementare robust fără de care schemele nu funcționează sau costurile de tranzacționare sunt excesive. Pentru a oferi o soluție viabilă la reducerea emisiilor de gaze, următoarele puncte trebuie atinse:

- Un mecanism mai eficient de evaluare a impactului asupra mediului;

- Reducerea compromisurilor necesare pentru menținerea de active economice poluante în detrimentul generațiilor viitoare;
- Un sistem mai robust de calcul pentru alocările de titluri.

Principalul scop al titlurilor de carbon nu este finanțarea infrastructurilor, ci limitarea în timp a curbei de poluare și nu sunt exclusive infrastructurilor sectorului de energie. Pentru accelerarea tranziției către tehnologiile de generare a energiei din surse regenerabile au fost concepute scheme specifice cu instrumente precum certificatele verzi. Aceste titluri reprezintă, în esență, o formă de subvenționare a investitorilor în active de energie regenerabilă prin redistribuirea unei părți din costurile investiționale consumatorilor finali. În urma cercetării situației din România, am identificat multiple limitări, ineficiențe și erori de reglementare care limitează eficacitatea acestor politici. Datorită ineficienței și a costurilor ridicate de tranzacționare care derivă din mecanisme nefuncționale, fezabilitatea acestei strategii nu poate fi determinată în prezent în România, comparativ cu alte soluții. Din acest motiv, propunem câteva măsuri de îmbunătățire prin care mecanismele de piață ar fi încurajate.

Considerând calculul duratei de viață a unei infrastructuri energetice generatoare de venituri, constrângerile tehnice și economice precum și criteriile care trebuie respectate în contextul activității economice (modelele de consum, răspuns la incertitudine în rețea, etc.) au reieșit următoarele concluzii:

- O parte din clasele de active de producție energie – în special tehnologiile solare și eoliene – se confruntă cu fenomenul de intermitență cu diferite grade de previzibilitate. În cazul generatoarelor fotovoltaice curba de eficiență a producției este mai ușor de anticipat, însă este necesar ca restul rețelei să compenseze fluctuațiile de producție. Considerând faptul că sistemul energetic trebuie să răspundă unei curbe de consum pe parcursul unei zile, intermitența introduce costuri suplimentare de operare activelor energetice neadaptate pentru răspuns rapid și introduce fluctuații de preț de amplitudine ridicată pe piețele de energie, inclusiv fenomene de prețuri negative.
- Pe lângă subvenționarea directă sau indirectă a activelor productive, considerăm că este necesar ca strategiile să includă și încurajarea dezvoltării tehnologiilor de stocare a energiei și să ofere stimulente pentru stabilizarea piețelor.
- Sistemul existent de tranzacționare a certificatelor verzi nu oferă suficiente stimulente pentru a menține un ritm susținut de tranziție către o un sistem energetic bazat pe resurse regenerabile, cu o plafonare a ratei investițiilor.
- Deoarece veniturile din subvenții generate de schemele de certificatele verzi are impact direct în contul de profit și pierderi al investitorilor, echilibrul concurențial este afectat.

O analiză a mecanismului de certificate verzi implementat în România reflectă o serie aspecte de design neoptimizate, precum și ineficiențe ale piețelor. Prima observație este legată de asimetria mare de informații și accesul rezervat unor categorii limitate de investitori. Din acest motiv, costul capitalului este mai ridicat, ceea ce afectează performanța agregată a sistemului energetic. A doua observație este legată de o definiție imperfectă a unui certificat, definiție care favorizează în mod discreționar anumite tehnologii limitând concurența la nivel tehnic și lipsa unor specificații importante legate de originea certificatului. O altă deficiență reprezentată de configurația pieței centralizate care manifestă o funcționalitate sever limitată

datorită designului care nu permite o securitate a tranzacției nici din punct de vedere al prețului, și nici cantitativ. În condițiile în care există alte două mecanisme prin care se pot executa tranzacții, o consolidare a resurselor instituționale ar permite obținerea unei lichidități superioare. Coroborând aceste observații cu alte detalii precum tratamentul fiscal incert, lipsa de reglementare contabilă sau modificările legislative imprevizibile, concluzia este creșterea costurilor de tranzacție și introducerea unor elemente nejustificate de risc cu efect direct asupra infrastructurilor energetice.

Remedierea acestui mecanism reprezintă o soluție de protecție a infrastructurilor, motiv pentru care în acest capitol se formulează o serie de propuneri privind îmbunătățiri la modelul de formare a prețului. Strategia propusă implică modificări asupra specificațiilor contractelor prin inserția unor elemente care să asigure fungibilitatea și tranzacționarea eficientă. Propunem reguli de funcționare a pieței pentru reducerea costurilor de tranzacționare, definim rolul actorilor și modul în care se completează registrul de ordin, tipurile de ordine astfel încât piața să fie capabilă să genereze lichiditate. De asemenea, descriem aspecte legate de calitatea de contract a unui certificat verde pentru o conexiune directă cu piețele de energie sau piața de carbon.

Simpla remediere a mecanismului de emisie și tranzacționare a certificatelor verzi nu este suficientă pentru că nu adresează fenomenul de plafonare a investițiilor și limitare a ratei de conversie către un sistem în care ponderea utilizării resurselor regenerabile este semnificativ mai mare. Din acest motiv, în partea finală a capitolului se dezvoltă o strategie investițională care utilizează instrumente disponibile în încercarea de a valorifica fluxurile de numerar generate de o schemă de subvenționare. Pornind de la o propunere specifică pieței fondurilor pentru pensii private, vehiculul investițional constă într-un fond de investiții trifazat cu o viziune conservatoare în ceea ce privește managementul riscului, pretabil pentru un fond care gestionează active de infrastructură energetică cu durată ridicată de amortizare. Scopul este asigurarea unui mecanism de reinvestire a veniturilor generate de certificatele verzi, considerând ciclul de viață a infrastructurilor energetice și posibilitățile care ar putea fi oferite de un cadru de reglementare gândit să ofere stimulente fără a dezechilibra piața pe termen scurt. Rezultatul acestui demers este conceperea unui fond tranzacționabil cu plafon garantat divizat în trei etape, înființarea investiției inițiale, o fază de acumulare – care corespunde duratei optime de viață a activelor energetice și una de dezinvestire atunci când activele depășesc durata de viață și trebuie înlocuite sau recondiționate.

Pachetul de instrumente utilizate include obligațiuni indexate la rata inflației și opțiuni pe indici sau pe alte active ultra-lichide. Prima etapă în stabilirea configurației ideale a strategiei a fost determinarea faptului că titlurile indexate sunt preferabile celor clasice. Deoarece randamentul real al unui titlu clasic este incert, investitorul va dori o primă suplimentară pentru a încorpora costul indirect generat de inflația previzionată, iar titlurile nominale vor prezenta o volatilitate mai mare. Din punct de vedere matematic, se testează faptul că este dificil de extras informații certe privind riscul de inflație, motiv pentru care nivelul suplimentar de protecție oferit de titlurile indexate este ideal în cazul unei strategii pentru infrastructuri. Pentru secțiunea de management activ al fondului, bazat pe strategii de tranzacționare a opțiunilor, s-a considerat un model de evaluare a primelor din familia Black - Scholes, pentru a simplifica strategia cu o aproximare suficientă. Modul de constituire a portofoliului investițional presupune deschiderea de poziții concomitent pe titluri indexate și opțiuni CALL cu aceeași maturitate, astfel fiind

garantat un plafon minim de către obligațiuni și potențial de profit în cazul în care opțiunile ajung în bani. Randamentul potențial poate fi ajustat măbind ponderea pozițiilor pe opțiuni, cu efectul de creștere a riscului total asumat prin strategie.

Faza finală a fondului implică dezinvestirea acumulării de pe durata de viață a activului de infrastructură printr-o anuitate variabilă plătită sub forma ratei fără risc plus beneficiul din urma investiției inițiale. Pentru posibilitatea de a stabili praguri minime sau maxime a plafonului anuității, strategia implică deschiderea unor poziții pe opțiuni long PUT și short Call la un preț mai mare de exercitare. Astfel, profilul de risc corespunde criteriilor de protecție a unei infrastructuri critice pentru că limitează posibilitatea de a înregistra pierderi.

Din perspectiva costurilor de tranzacție, instrumentele utilizate la formularea strategiilor sunt standardizate și tranzacționate pe piețele de capital, iar schemele nu implică costuri suplimentare de natură instituțională sau de reglementare, infrastructura financiară necesară fiind deja disponibilă. În schimb, aceste tipuri de operațiuni sunt specifice unor companii specializate în investiții, ceea ce implică costuri pentru reducerea asimetriei informaționale rezultate din administrarea fondului. Chiar și așa, implementarea propunerilor de eficientizare a instrumentelor de pe piața energetică ar diminua aceste costuri pentru operatorii din sectorul energetic.

Cercetarea a scos în evidență o serie de limite ale protecției prin instrumente financiare convenționale care generează ineficiențe în formularea strategiilor. O limitare semnificativă este una de design și filozofie, generată de faptul că instrumentele financiare convenționale nu au ca scop principal protecția unor clase de active complexe precum infrastructurile, cu atât mai mult cele critice. Chiar dacă structura decizională din spatele utilizării acestor instrumente poate fi deosebit de sofisticată, specificațiile contractelor sunt limitate ca scop, cu interacțiuni atomice și eficiente, capabile să genereze lichiditate. Referitor la lichiditate, piețele care oferă volume susținute de tranzacționare sunt atractive pentru că oferă șanse bune pentru identificarea unei contrapărți oricărei tranzacții, însă sursa lichidității provine din eliminarea complexității interacțiunilor individuale și, implicit, o limitare a obiectului contractului unui instrument financiar tranzacționabil. Este prețul plătit pentru reducerea costurilor de tranzacționare.

Cu privire la cadrul de reglementare în sectorul energetic, inclusiv cel referitor la schemele de tranzacționare cu certificate verzi, se manifestă în mod vizibil problema distanțării rezultatelor reale de intenția inițială de reglementare. Pentru optimizarea acestui cadru, am reținut o serie de măsuri posibile:

- Țintele de energie regenerabilă în structura de producție a sectorului pot fi mai ușor atinse dacă legislația permite adaptarea infrastructurii de la un model centralizat către unul în care punctele de producție sunt distribuite. Modernizarea sistemului de contorizare permite diversificarea categoriilor de jucători care pot opera cu mai multă flexibilitate pe piața de energie.

- Legătura dintre piețele de carbon și piețele de energie poate fi formalizată prin mecanisme de preț. Mai mult, implementarea de mecanisme transparente de formarea a prețurilor este esențială pentru asigurarea lichidității pe piață.

- Aplicarea principiului poluatorul plătește permite includerea de noi participanți potențiali la sistemul de tranzacționare al certificatelor verzi: categorii de poluatori care trebuie să demonstreze că impactul activității lor este redus prin achiziția de energie din surse regenerabile, cât și achizitori voluntari care vor să beneficieze de avantaje fiscale.

- Transformarea certificatului verde într-un instrument de capital prin modificarea fundamentală a caracteristicilor contractuale și tranzacționale.

- Extinderea portofoliului de tehnologii pentru energie regenerabilă eligibile pentru subvenționare prin aceste programe sau scheme financiare.

În cazul sectorului energetic, problemele identificate sunt multiple. Inflexibilitatea sistemului de reglementare este, pe de o parte, justificată de faptul că efectele unei legislații nu sunt imediat aparente într-o economie și că modificări dese ar putea genera instabilitate și imprevizibilitate. Pe de altă parte, corectarea unui sistem viciat devine mult mai dificilă, mai ales când repercusiunile sistemice și relațiile de cauzalitate sunt dificil de identificat. Motivul pentru care impactul negativ al unei legislații greșite este dificil de diagnosticat provine din alte două probleme identificate, una legată de distorsionarea piețelor de energie și cealaltă legată de asimetria informațională. Atunci când întreaga populație absoarbe costurile de tranzacționare rezultate dintr-un sistem imperfect, nu există stimulente pentru schimbare, iar concluziile cercetărilor științifice, dacă ele există, nu influențează mecanismele de decizie sau agenda politică.

Capitolul 4 analizează designul unor strategii de protecție a infrastructurilor critice cu ajutorul instrumentelor financiare criptografice, bazate pe tehnologii distribuite, descentralizate și rezistente la cenzură. Comparativ cu cele convenționale, unde obiectul contractului este simplificat pentru a permite tranzacționare imediată și lichiditate ridicată pe piață, instrumentele criptografice prezintă o forță inovativă prin extinderea spectrului de interacțiune între părți. De asemenea, pentru ca execuția unui instrument convențional să fie garantată, o condiție esențială este existența unei infrastructuri financiare de tip instituțional și un cadru de reglementare robust. Noile tehnologii bazate pe blockchain și instrumente criptografice descentralizate schimbă acești parametri și prezintă potențial de inovare din mai multe aspecte:

- Filozofia genezei acestor instrumente se bazează pe identificarea unor soluții care oferă independență de infrastructura financiară instituțională și de necesitatea unui cadru de reglementare. Din acest motiv, au fost valorificate capacități informaționale și de comunicații pentru a dezvolta tehnologii complet noi care permit realizarea de tranzacții într-un mod cu totul diferit.
- În absența unei terțe părți care să valideze tranzacțiile, una din problemele pe care aceste noi tehnologii trebuie să le rezolve este securitatea cibernetică. Astfel, arhitectura intrinsecă a instrumentelor a fost concepută pentru a elimina riscuri legate de falsificare sau atacuri cibernetice. În schimb, apar vulnerabilități ce decurg din modul de folosire a rețelei de către utilizatori sau din modul în care sunt stocate sau gestionate cheile private.
- Tehnologia facilitează o capacitate de programare a unor interacțiuni economice sau financiare mult mai complexe direct în cadrul contractelor intrinseci instrumentelor.

Considerând potențialul acestor tehnologii, propunerea noastră este divizată în două segmente majore, primul include strategii de protecție a componentelor cibernetice a infrastructurilor, iar al doilea include strategii pentru orașe inteligente, cu instrumente combinate pentru a adresa probleme de energie, transport și comunicații.

Strategiile pentru securitate cibernetică au două valențe diferite: managementul și protecția identităților în cadrul rețelelor de comunicații și protecția integrității datelor și

securizarea informațiilor. Din perspectiva domeniului de aplicare studiat anterior, aceste strategii abordează următoarele aspecte de protecție:

- Securizarea identităților cu ajutorul instrumentelor criptografice reprezintă o îmbunătățire semnificativă a designului componentei cibernetice a unei infrastructuri pentru că elimină sau reduce vulnerabilități legate de falsificarea unor identități cu scopul unor acțiuni malițioase. În acest fel scade probabilitatea de atac cibernetic, fiind eliminate anumite căi prin care atacatorii pot să acționeze.
- Nivelul de aplicativitate este atât pre-eveniment, prin eliminarea de vulnerabilități și introducerea de stimulente de conformare a unei conduite corecte (de exemplu printr-un registru public, transparent și imuabil), dar și post eveniment prin accesul la o pistă de audit. În acest mod, se creează capacități pentru consolidarea rezilienței infrastructurilor vizate.

Arhitectura sistemului propus pentru protecția identității implică utilizarea unui token construit pe platforma Ethereum în care detaliile tranzacțiilor sunt ascunse prin verificare de tipul zk-SNARKS și un client capabil să interacționeze cu contractul și cu alte sisteme informatice pentru care este necesară autentificarea. Metodologia de funcționare este similară cu modelul propus de protocolul Certcoin, însă rezolvă problema afișării detaliilor personale privind identitatea. Chiar dacă este o soluție intensivă din punct de vedere computațional, utilizarea algoritmilor prin care dovada validității unei chei se realizează fără interacțiune între partea care verifică și partea care solicită verificarea reprezintă soluția ideală din perspectiva securității tranzacțiilor. Principalul avantaj este eliminarea dependenței de autorități de certificare care ar putea fi compromise și stoparea propagării în rețea a cheilor false sau compromise, dar și o potențială reducere a costurilor de tranzacție considerând alternativele disponibile în mod uzual. O precondiție, în acest sens, este reducerea gap-ului informațional în ceea ce privește interacțiunea printr-un registru tip blockchain. De asemenea, considerând capabilitățile teoretice ale platformelor de contracte inteligente, se pot gestiona aspecte mai complexe legate de identitate, fără o creștere semnificativă de costuri. Cu toate acestea, fluctuațiile mari ale prețului tokenului Ether și a consumului de gaz în rețeaua Ethereum introduce risc financiar într-o astfel de schemă. O analiză comparativă cu soluții convenționale de certificare nu relevă un avantaj competitiv imediat, cel puțin până la implementarea unor măsuri de îmbunătățire a protocolului și reducere a costurilor de tranzacționare.

Posibilitatea utilizării funcțiilor de hash pentru reducerea unui set de date, indiferent de complexitate, la o valoare de hash unică și ușor de stocat, alături de caracterul transparent și imutabil a unui blockchain permite dezvoltarea unor instrumente care să urmărească și să înregistreze ceea ce putem denumi *dovada existenței*. Scopul strategiei este de a obține o metodă fiabilă de audit, control al calității și trasabilitate a informațiilor într-un lanț valoric. Pentru a funcționa, sistemul are nevoie de un instrument financiar sub forma unui token care oferă acces la acest serviciu, recompensând agenții care mențin rețeaua funcțională și securizată.

Arhitectura prezentată se bazează pe un registru blockchain secundar care cumulează date și le ancorează într-un blockchain primar cu putere ridicată de securizare precum Bitcoin. Ancorarea se face printr-o funcție hash standard. Drepturile de înregistrare a unui set de date se alocă prin consumarea unui token nativ blockchain-ului secundar, compus din blocuri agregatoare care includ toate detaliile specifice aplicației utilizatorului. Acestea pot include piste de audit, istorice de tranzacționare, titluri de proprietate, contracte sau orice altă informație

stocabilă digital, alături de date privind momentul de înregistrare și cheia publică a utilizatorului ca identificator. Sistemul este agnostic din punct de vedere al conținutului de date, verificarea fiind responsabilitatea clientului.

Utilizarea acestor strategii nu este limitată la o singură clasă de infrastructuri, în schimb potențialul de utilitate este transversal. Din punct de vedere sectorial am identificat cel puțin câteva domenii de aplicare:

- În sectorul energetic pentru trasabilitatea, exercitarea și scoaterea din uz a certificatelor verzi precum și utilizarea unui registru de tranzacționare mai eficient;
- O platformă de audit tehnologic pentru sectorul comunicațiilor;
- Un sistem de colectare, transmitere și stocare a datelor cu privire la parametri operaționali și calitativi în sistemele de management al apei;
- Platforme pentru trasabilitate în sectoare precum transporturi sau agricultură.

Al doilea segment al propunerii se referă la strategii pentru dezvoltarea și funcționarea conceptului de oraș inteligent, pentru integrarea tehnologiei informaționale, a comunicațiilor cu scopul valorificării interconectării între dispozitive. Scopul este gestiunea inteligentă a activelor fizice sau informaționale și utilizarea mai eficientă a resurselor. Precondițiile dezvoltării acestui concept pot fi rezumate astfel:

- O abordare instituțională generată de leadership-ul politic/administrativ cu o strategie etapizată pentru adresarea unor nevoi ale comunității;
- O componentă umană pentru reducerea gap-ului informațional și susținerea a ceea ce am denumit motoare de dezvoltare cu aspecte tehnice, creative și educaționale;
- Proiectarea și implementarea de aplicații informatice potrivite.

De asemenea, orice strategie are nevoie de un sistem informațional competent în care colectarea de date este o funcție prioritară. În scenariile în care transparența, rezistența la cenzură și imutabilitatea sunt criterii importante, o platformă blockchain este soluția optimă. Următoarele aplicații sunt considerate pe parcursul acestui segment din capitol:

- Soluții pentru digitalizarea unor servicii publice esențiale;
- Implementarea unui sistem de vot electronic prin soluții cu contracte inteligente – pentru reducerea fraudelor și eliminarea vulnerabilităților unui sistem convențional de vot electronic;
- Aplicații pentru infrastructura de energie și comportament inteligent al consumatorilor;
- Economia dispozitivelor interconectate, cu exemple în transport și managementul de trafic.

Din punct de vedere ideologic, propunerile urmează o linie de gândire prin care tehnologia facilitează accesul la o nouă generație de modele de guvernare, diminuând costurile administrative și eliminând o parte din ineficiențele inerente ale sistemului contemporan, în special redistribuire incorectă a resurselor, răspuns încetinit la schimbare, propensiune către corupție.

Arhitectura soluției de vot propuse ține cont de cele mai importante aspecte instituționale necesare astfel încât să se evite posibilitatea de fraudă și sistemul să fie funcțional:

- Anonimitatea votantului este asigurată prin instrumente criptografice specifice.
- Securitatea cibernetică este asigurată de utilizarea unui software cu sursă deschisă și un sistem cu certificate de autentificare. De asemenea, registrele distribuite sunt

actualizate în timp real cu validare a voturilor de către rețea, astfel încât sistemul să fie funcțional chiar dacă terminalele client sunt compromise.

- Distribuirea publică a registrelor cu rezultate permite oricărui observator să verifice corectitudinea calculului final.

În ceea ce privește eficientizarea utilizării infrastructurilor energetice, următoarele soluții sunt propuse:

- Tokenizarea mecanismelor de subvenționare;
- Administrarea și controlul rețelelor de distribuție cu ajutorul agenților autonomi și a canalelor de plăți dedicate. Scopul acestora este de adaptarea inteligentă și autonomă a comportamentului consumatorilor în funcție de situația agregată a rețelei de energie.
- Integrarea producătorilor locali de energie în economia energetică.

În cele din urmă, infrastructura unei economii interconectate implică o analiză mai detaliată din punct de vedere al caracteristicilor economice ale instrumentelor. Aceste caracteristici își au originea în specificațiile tehnice ale instrumentelor propriu-zise, limbajul informatic constituind clauzele contractului. Observarea interacțiunilor din această nouă criptoconomie a scos în evidență o problemă de scalabilitate ca factor de limitare. Creșterea rețelei este limitată de o combinație între constrângeri tehnice și o problema a economiei intrinseci a costurilor de tranzacționare. Implementarea unei strategii pentru orașe inteligente depinde de capacitatea de a gestiona un număr mare de microtranzacții și un număr mare de participanți, motiv pentru care a fost nevoie de o analiză pentru a determina soluția optimă de scalabilitate. Dintre propunerile tehnologice disponibile pentru a corecta această limitare am analizat două: înlocuirea unui blockchain convențional cu o structură de tipul unui grafic aciclic direcționat (DAG) și constituirea unor canale de plăți.

În urma unei analize a constrângerilor generate de constituirea unor canale de plăți, am demonstrat matematic faptul că această soluție nu poate fi implementată pentru micro-tranzacții atomice de către actori dispersați fără introducerea unor compromisuri de centralizare și o erodare a eficienței totale a sistemului. În situația agenților autonomi dintr-o rețea energetică direcționarea previzibilă a tranzacțiilor de tipul furnizor – client permite obținerea de eficiență maximă în cazul unui canal de plăți. Cu toate acestea, modificarea parametrilor interacțiunilor din rețea scot în evidență o serie de constrângeri. Cele mai relevante sunt de natură economică, respectiv masa monetară limitată, necesarul financiar de alimentare a canalului de plăți sau probabilitatea de a face conexiunea între participanți la întâmplare dintr-o rețea cu număr fix de hub-uri și canale. În schimb, arhitectura unui DAG permite, prin design, realizarea de microtranzacții, precum și alte beneficii, precum inter-operabilitate cu alte ecosisteme sau posibilitatea de formare a unei ramuri independente care se poate re-anexa ulterior registrului principal.

În finalul capitolului am realizat o analiză comparativă între utilizarea instrumentelor convenționale și a celor criptografice descentralizate și am identificat o serie de diferențe majore cu impact în proiectarea și utilizarea oricărei strategii adresate infrastructurilor:

- Responsabilitatea gestiunii și securizării activelor este a utilizatorului în cazul instrumentelor criptografice, în timp ce în situația celor convenționale, utilizatorul delegă aceste atribuțiuni unui actor instituțional. Pe lângă aspectul de încredere într-un terț, acest lucru generează și costuri de tranzacționare specifice acestei custodii și, implicit, o reflectare a unor aspecte de ineficiență instituțională.

- Mecanismele de descoperire a prețului și evaluare sunt insuficient dezvoltate în sectorul cripto-economiei, generând volatilitate excesivă și risc.
- Instrumentele criptografice funcționează fără a fi necesară vreo garanție prin lege. Mai mult, legislația convențională nu poate afecta mecanismele de funcționare ale unei platforme criptografice, poate doar să afecteze modul de utilizare.
- Instrumentele criptografice nu pot fi falsificate sau sechestrate, însă cheile private pot fi pierdute sau furate.
- Apariția tehnologiilor pentru instrumente criptografice generează concurență sistemelor convenționale, ceea ce induce presiune de reglementare pentru introducerea de costuri de tranzacționare artificiale. Rezistența la cenzură reprezintă o calitate care modifică inclusiv modelele de guvernare financiară.
- Interacțiunile economice în cadrul instrumentelor convenționale sunt lipsite de complexitate din punct de vedere al obiectului contractului.
- Contractele criptografice inteligente permit execuția în mod autonom și cu verificare automatizată a unui set mai complex de instrucțiuni. Dacă această tehnologie ar fi dedublă de un cadru de reglementare, atunci există potențialul de extensie în afara sferei digitale.

Demersul de cercetare a indicat faptul că aceste tehnologii financiare criptografice, deși într-o fază incipientă de dezvoltare, pot fi utilizate pentru a dezvolta strategii de protecție a infrastructurilor, inclusiv a celor critice. Dincolo de obstacolele inerente unor soluții care nu au ajuns la maturitate deplină, caracteristicile economice ale acestor platforme stabilesc premisele reducerii costurilor de tranzacționare în procesele și interacțiunile dintr-o economie.

Capitolul 5 completează studiul prin introducerea unei noi dimensiuni, cea decizională. Disponibilitatea unei multitudini de tehnologii și instrumente moderne, inclusiv soluții financiare construite pe tehnologii criptografice distribuite, lărgeste posibilitatea de a rezolva probleme specifice infrastructurilor, mai ales în contextul emergenței aplicațiilor de optimizare a orașelor inteligente. Unele sunt specifice infrastructurilor critice, însă în această situație rămâne nerezolvată o problemă decizională, înainte de implementarea practică a unei astfel de strategii. Considerând complexitatea fundamentală a infrastructurilor critice, multitudinea de interacțiuni de care o astfel de strategie ar trebui să țină cont, soluția acestei probleme decizionale poate fi identificată într-un mod fiabil doar printr-o abordare multicriterială.

Pentru realizarea unui cadru de lucru decizional, am apelat la metodologia analizei procesului ierarhiei analitice (AHP), o metodă testată extensiv atât într-un format academic, cât și în practică. Principala motivație pentru selecția acestei soluții este caracterul robust al instrumentului de formulare a deciziilor strategice și faptul că metoda constituie una din cele mai fiabile opțiuni de cuantificare a ponderilor și priorităților unor criterii într-un cadru de evaluare multi-criteriu. De asemenea, reprezintă o metodă matematică al cărei rezultat este unul obiectiv din punct de vedere al încorporării inputurilor introduse.

Pentru scopul acestui studiu, am considerat opinia a cinci experți cu privire la un număr de șase criterii ca input într-o aplicație specializată. Procesul de selecție a experților a luat în considerare diversificarea domeniilor de expertiză astfel încât rezultatul final să reflecte o viziune completă și să se minimizeze posibile preferințe discreționare rezultate din experiența individuală a fiecăruia.

Cele șase criterii au fost formulate astfel încât să definească spațiul decizional și să permită o evaluare comparativă completă a unor alternative strategice de protecție a infrastructurilor în contextul urgenței conceptului de oraș inteligent. Datorită modului în care au fost formulate, criteriile sunt universale și aplicabile altor sectoare de infrastructură critică. Importanța criteriilor constă în acoperirea unui spectru larg de interacțiuni, procese și implicații în infrastructurile suport, incluzând deopotrivă elemente măsurabile, cât și elemente intangibile de natură calitativă. Criteriul 1 se referă la aspectele financiare ale soluției strategice de protecție sau ale proiectului analizat și constă în determinarea costurilor, constrângerilor bugetare, a fluxurilor de numerar și a indicatorilor de rentabilitate relevanți. Criteriul 2 se concentrează pe componenta umană, respectiv nivelul de expertiză necesar și disponibil precum și caracteristici ale structurilor de management implicate. Criteriul 3 evaluează atractivitatea și utilitatea pentru public, cumulând factorii care determină propensiunea populației implicate spre utilizarea sau nu a soluției. Criteriul 4 se preocupă de oportunitatea operațională, respectiv modul în care sistemul este folosit după implementare, în mod deosebit eficiența utilizării și modurile în care costurile de tranzacționare afectează indicatorii de performanță. Criteriul 5 se referă la analiza consecinței eșecului mecanismului de protecție și efectele devierii de la obiectivele inițiale. Criteriul 6 evaluează strategia din perspectiva securității cibernetice și a rezilienței soluțiilor din acest punct de vedere.

Determinarea importanței relative a criteriilor enunțate s-a realizat prin comparații în perechi încrucișate utilizând scara fundamentală de valori Saaty. Experții au avut la dispoziție un chestionar în care au exprimat importanța relativă a fiecărui criteriu în raport cu celelalte, acordând un scor de la 1 (criteriile sunt de importanță egală și contribuie în mod egal la obiectiv) până la 9 (un criteriu este de o importanță extremă față de altul).

Analiza numerică a datelor colectate a inclus următoarele etape:

- Calcularea priorităților alocate celor 6 criterii, inițial pentru fiecare expert și ulterior pentru setul de date consolidat;
- Realizarea de teste de consistență pentru a determina validitatea datelor colectate din punct de vedere al tranzitivității relațiilor între criterii;
- Determinarea măsurii în care rezultatul final este reprezentativ pentru opiniile individuale ale experților prin calcularea unui indicator de consens.

Rezultatele obținute confirmă un aspect semnalat de literatura consultată, respectiv faptul că este foarte dificil de respectat pragurile valorice ale indicatorilor de consistență propuși de Saaty (raport de consistență de 10%), mai ales pentru aplicațiile în care numărul de criterii este mai mare de 4. Cu toate acestea, analiza este caracterizată printr-un nivel favorabil de consistență comparativ cu alte studii și aplicații practice, datele încadrându-se în pragurile stabilite pentru principalii indicatori de consistență (15% raport de consistență și 0.55 indice de consistență geometrică). Referitor la nivelul de reprezentativitate a ponderilor, a fost observabilă o divergență de opinie mai pronunțată pentru unul din experți, motiv pentru care s-a realizat o analiză separată a setului de date pentru ceilalți patru experți. Calculele și datele folosite sunt prezentate în anexa nr. 1. Deoarece ordinea priorităților se menține în ambele instanțe și indicatorii de consens se apropie de pragurile superioare, rezultatul final sugerează o reprezentativitate ridicată. Astfel, rezultatele studiului ne permit stabilirea unui cadru de lucru analitic pentru evaluarea comparativă a unor opțiuni strategice de protecție a infrastructurilor critice prin stabilirea criteriilor de evaluare și a ponderii fiecărui criteriu în decizia finală.

În contextul analizei și selecției unei strategii de protecție a infrastructurilor critice bazate pe instrumente financiare, acest cadru de lucru are potențialul de a crește eficiența decizională prin creșterea șanselor de a identifica soluția optimă. Evaluarea suitei de tehnologii și propuneri de instrumente pentru mecanismele de gestiune ale unui oraș inteligent, respectiv modul în care interacționează cetățenii, companiile și instituțiile cu infrastructuri cheie (sistemul de producție și distribuție a energiei electrice cu componentă activă – smart grid și mecanisme specifice sectorului public – sisteme de vot, sisteme de audit și trasabilitate) se poate realiza într-un mod structurat.

Așteptările preliminare bazate pe formularea criteriilor și selecția panelului de experți au inclus două fenomene, respectiv o preferință subiectivă pentru zona de interes care derivă din experiența individuală a fiecărui expert și o distribuție uniformă a preferințelor. Cu toate acestea, rezultatele au infirmat aceste așteptări întrucât nu au existat indicații privind abateri de la o evaluare obiectivă a criteriilor, iar ponderile preferințelor au fost grupate după o ierarhie clară. Cu privire la rangurile de importanță acordate fiecărui criteriu, se remarcă importanța relativ redusă a securității cibernetice. O explicație rezonabilă pentru acest fenomen este faptul că pe măsură ce aceste tehnologii devin mature, securitatea devine o caracteristică intrinsecă a instrumentelor. Astfel, există mai puțină presiune pe decidenți să identifice măsuri potrivite de securitate cibernetică în strategiile analizate deoarece instrumentele au deja specificații în acest sens. Un alt aspect este ponderea relativă a componentei umane, întrucât ne-am așteptat la o importanță relativă mai mare, ținând cont de specificul de nișă a domeniului. Studiul sugerează, însă, un nivel de dependență între acest criteriu și cel referitor la aspectele financiare ale proiectului, care include și aspecte referitoare la problema gestiunii resurselor umane. Așadar, putem presupune faptul că importanța criteriului privind componenta umană este una critică în procesul decizional, dar că acest lucru este reflectat parțial și de criteriul financiar.

Deoarece metoda AHP este una cu spectru general de utilizare și datorită modului de formulare a criteriilor de evaluare, se pot evidenția o serie de noi direcții de cercetare pentru a determina aplicabilitatea și pe alte sectoare de infrastructură. În acest fel s-ar perfecția structura cadrului de lucru și s-ar permite dezvoltarea unei metodologii mai avansate de obținere a unor rezultate favorabile în sectorul infrastructurilor critice.

În ceea ce privește continuarea efortului de cercetare în domeniul de infrastructură vizat, formularea criteriilor poate fi validată prin realizarea unor analize care să determine faptul că nivelul de detaliere este suficient și că acoperirea interacțiunilor relevante sistemului de infrastructură suport este satisfăcătoare.

În al doilea rând, ponderile obținute pot fi verificate în contextul unor ierarhii complete și o analiză de sensibilitate poate determina măsura în care cadrul de lucru reprezintă o platformă decizională robustă. Acest aspect a fost evidențiat și într-una din sesiunile cu unul din experți care a ridicat posibilitatea re-evaluării importanței relative a unuia din criterii în anumite situații.

În al treilea rând, este necesară cercetarea suplimentară a unei metodologii de evaluare a criteriului privind evaluarea aspectelor financiare ale proiectului. Considerând importanța relativă ridicată a acestui criteriu și a faptului că evaluarea cea mai corectă ar fi una de natură numerică, o soluție fezabilă este extinderea ierarhiei cu un etaj dedicat dezvoltării unui indice de performanță financiară.

În al patrulea rând, o direcție utilă de cercetare constă în studierea modului în care diferite strategii sunt afectate de incertitudine, precum și o detaliere a eșecului instrumentului de protecție, inclusiv prin dezvoltarea unei formule de cuantificare numerică. Pe lângă evaluări de natură calitativă și măsurarea potențialelor pierderi financiare, pot fi cercetate domeniile în care eșecul poate fi estimat numeric.

Concluzii finale, contribuții și direcții de cercetare

Originea demersului de cercetare propus în această lucrare se regăsește într-o întrebare formulată cu privire la conexiunea dintre instrumentele financiare utilizate în interacțiunile din economie și mecanisme de protecție a infrastructurilor critice. Fundamentul este un set simplu de premise:

1. Faptul că civilizația modernă este una a infrastructurilor, sisteme care constituie capacități de facilitare a interacțiunilor și manifestărilor umane, determinând realitatea vieții contemporane. Cele critice sunt de o importanță deosebită în contextul acestei realități și perturbarea lor are un efect profund asupra societății.
2. Faptul că instrumentele financiare, de la cele mai simple la cele mai complexe, reprezintă o componentă esențială a vocabularului de interacțiuni sociale și economice.
3. Faptul că potențialul de a determina dezvoltarea, operarea sau protecția infrastructurilor prin utilizarea de instrumente financiare este un demers insuficient cercetat din punct de vedere științific.

Pe parcursul studiului, a devenit evident faptul că formularea unei strategii de protecție a infrastructurilor critice cu ajutorul instrumentelor financiare și obținerea unui rezultat favorabil este o problemă de eficiență. Obstacolul principal este complexitatea și gestiunea complexității într-o economie bazată pe specializare, iar procesele decizionale trebuie proiectate pornind de la această provocare. Pentru a putea formula cu șanse de succes orice strategie de utilizare a instrumentelor financiare pentru protecția infrastructurilor critice, a fost necesară atât o viziune de ansamblu a sistemului, cât și una de detaliu, specifică unor sectoare restrânse de activitate pentru înțelegerea interacțiunilor existente și a celor potențiale. O primă observație este că abordarea nu a putut fi strict economică, ci una cu valențe interdisciplinare, capabilă să contabilizeze aspecte de interdependență sau constrângeri de natură tehnică. De asemenea, caracterul interdisciplinar al cercetării a impus aprofundarea definițiilor tuturor conceptelor cu care s-a lucrat, chiar și acelor aparent omniprezente.

Primul capitol își propune să abordeze obiectivul 1 al lucrării, respectiv clasificarea principalelor sectoare de infrastructură critică și identificarea implicațiilor economice și financiare cu potențial de valorificare în strategii de protecție. Prin realizarea acestei clasificări s-a stabilit contextul problematicii abordate fără de care nu ar fi fost vizibil beneficiul potențial al unor strategii specializate de protecție a infrastructurilor. Testarea ipotezei nr. 1 privind o clasificare eficientă a infrastructurilor critice în funcție de caracteristici tehnice, economice și financiare a determinat obținerea unor rezultate favorabile, întrucât există o bază largă de cunoaștere privind funcționarea infrastructurilor, astfel încât se pot anticipa posibile domenii de aplicare a unor strategii de protecție. Cu toate acestea, nivelul profund de interdependență între sistemele de infrastructuri și complexitatea interacțiunilor constituie un obstacol în determinarea unei ierarhii exacte. De asemenea, în funcție de nivelul de detaliere a analizei unui sector specific de infrastructură, există potențialul identificării și altor posibile domenii de aplicare.

Punctul de plecare al primului capitol este analiza a două abordări internaționale privind infrastructurile critice și protecția lor, mai exact, cea din Statele Unite și cea din Uniunea Europeană. Motivația selecției acestor perspective este argumentată de nivelul ridicat de

dezvoltare economică, dar și formula avansată de cooperare internațională. Cercetarea a indicat faptul că, deși există anumite diferențe în modul în care sunt clasificate infrastructurile considerate critice și în modul de organizare instituțională, există suprapunere semnificativă a conceptualizării problemei protecției și rezilienței infrastructurilor critice. Cel puțin următoarele concluzii pot fi enunțate:

- Sectoarele de infrastructură energetică și de transporturi constituie priorități în efortul de reglementare;
- Tehnologia informațiilor și infrastructurile de comunicații au implicații profunde în procesul de transformare civilizațională și determină evoluția economiei într-o pondere tot mai mare;
- Problema securității cibernetice este o consecință directă a creșterii importanței sectorului IT și de comunicații, reprezentând, după energie și transport, un subiect cel de mare interes pentru agenda publică.

Pentru referință, am analizat și abordarea din România descoperind faptul că efortul de reglementare a infrastructurilor la nivel instituțional se confruntă cu mai multe probleme, fiind în unele cazuri mai mult declarativ, cu o translație limitată a principiilor strategice enunțate în politici și acțiuni efective.

Considerând abordarea internațională existentă și anticipând domeniul de aplicare, am considerat un sistem de clasificare a infrastructurilor după funcțiile esențiale în economie și societate, rezultând următoarea structură pe 6 direcții:

- Sistemul de infrastructuri energetice;
- Comunicații și tehnologia informațiilor;
- Sistemul de management al apei;
- Infrastructura transporturilor;
- Sectorul agricol și securitatea alimentară;
- Servicii critice.

Atingerea obiectivului de clasificare a infrastructurilor și de identificare a implicațiilor economice cu potențial de valorificare în strategii de protecție, respectiv testarea primei ipoteze de lucru a permis selecția sectoarelor cu cel mai mare potențial. În funcție de criteriile tehnice, funcționale, economice, sociale și financiare utilizate la structurarea categoriilor de infrastructură, s-a determinat faptul că sectorul energetic și cel al comunicațiilor au multiple implicații economice pentru care se pretează conceperea și dezvoltarea de strategii de protecție.

Cel de-al doilea capitol a fost dedicat obiectivului 2 privind surprinderea esenței teoriei și cunoașterii științifice de până în prezent cu relevanță în interacțiunile economice, financiare și sociale presupuse de infrastructurile critice și obiectivului 3 privind identificarea principalelor instrumente financiare convenționale și criptografice cu potențial de utilizare în domeniul de aplicare – reziliență, managementul riscului și protecția infrastructurilor. Pregătirea fundamentului teoretic a constat deopotrivă în surprinderea esenței unor teorii economice cu impact semnificativ în tema de cercetare, cât și inventarierea instrumentarului utilizat în contextul domeniului de aplicare. Prin domeniul de aplicare ne referim la aspectele legate de funcționarea infrastructurilor, interacțiuni și mecanisme, precum și încadrarea într-o metodologie de evaluare și eliminare sau diminuare a riscurilor sau a vulnerabilităților.

În cadrul acestui capitol, prin consultarea literaturii științifice, s-a testat favorabil ipoteza numărul 2, respectiv faptul că interacțiunile dintre oameni și infrastructuri pot fi analizate prin

optica teoriei contractelor și, prin extensie, manifestă procese și fenomene care sunt în concordanță cu constatările teoriei costurilor de tranzacționare. Din teoriile analizate, am considerat că cele referitoare la contracte, la relația agent-principal și la costurile de tranzacționare constituie cadrul cel mai potrivit de cercetare. Astfel, am determinat cadrul filozofic și regulile de concepere și implementare a strategiilor în contextul funcționării sistemelor de infrastructură. Această afirmație poate fi argumentată astfel:

- Funcționalitatea infrastructurilor depinde de un proces de delegare al cărui scop este crearea de capacități, operarea, mentenanța sau măsuri de protecție, delegare care generează ineficiențe specifice relației agent-principal.
- Întrucât orice tranzacție economică care presupune reciprocitate poate fi privită și analizată sub forma unui contract, interacțiunile specifice infrastructurilor critice se confruntă cu aceleași probleme legate de complexitate și asimetrie informațională care duc la imperfecțiuni în contract.
- Considerând natura relațiilor principal – agent și a caracteristicilor contractuale legate de interacțiunile din infrastructuri, teoria costurilor de tranzacționare ne oferă o explicație privind modul în care imperfecțiunile din acest sistem generează costuri. Aceeași teorie sugerează și o posibilă cale de rezolvare. Implementând strategii ale căror efect este de reducere a costurilor de tranzacționare. Considerând implicațiile de cauzalitate bidirecționale, o soluție funcțională va avea efectul eliminării de vulnerabilități și gestiune superioară a riscurilor.

Instrumentarul considerat include două categorii importante de instrumente financiare:

- a) Cele convenționale, contracte cu execuție într-un cadru instituțional facilitat de guverne și organizații cu atribuții financiare.
- b) Cele bazate pe o tehnologie criptografică, distribuită și rezistentă la cenzură, o clasă nouă de active digitale care oferă posibilitatea unor interacțiuni mai complexe din punct de vedere al obiectului, fără a fi necesare reglementări specifice din partea unei puteri guvernamentale centralizate.

Pentru a putea determina fezabilitatea și capacitatea unei strategii, s-au studiat tipurile de interacțiuni posibile prin cele două clase de instrumente, precum și limitări, constrângeri sau aspecte de luat în vedere ulterior. Analizând caracteristicile și specificațiile diferitelor tipuri de instrumente s-a determinat faptul că ecosistemul și infrastructura financiară existentă determină posibilități limitate de utilizare în domeniul dedicat al infrastructurilor. În același timp, tehnologiile criptografice sunt capabile să extindă sfera de utilitate. În oricare din cazuri, s-a determinat faptul că pentru scopul cercetării nu este posibilă o abordare holistică privind protecția și reziliența infrastructurilor, ci este necesară specializarea prin funcționalități specifice.

În ceea ce privește domeniul de aplicare, au fost considerate atât etapele analitice precum evaluarea riscurilor, analiza amenințărilor și a vulnerabilităților, cât și dimensiunile măsurilor de acțiune. Acestea din urmă pot fi plasate pe o scară temporală în funcție de modul de aplicare pre-eveniment, post eveniment sau cu aplicativitate generală, dar și prin efectul generat: scăderea probabilității de apariție a unui eveniment, scăderea nivelului de severitate a consecințelor negative sau creșterea vitezei de recuperare. Prin raportare la ciclul de viață a unei infrastructuri, o strategie va adresa cel puțin una din principalele etape:

- Evaluarea și colectarea de informații;

- Adaptarea infrastructurii pentru dezvoltarea capacității operaționale și prevenirea incidentelor nedorite;
- Monitorizare și avertizare;
- Atenuare impact și răspuns rapid;
- Reconstruire de capacități.

Pornind de la obiectivele enunțate inițial, acest capitol acoperă esența teoretică rezultată din cercetarea științifică de până în prezent cu relevanță în interacțiunile de natură financiară, economică sau socială presupuse de infrastructurile considerate critice. De asemenea, o etapă premergătoare identificării principalelor instrumente financiare cu potențial de utilizare este stabilirea domeniului de aplicare. Sfera strategiilor considerate implică reziliența, managementul riscului și protecția infrastructurilor. Prin testarea ipotezei nr. 2 rezultă și optica de analiză a infrastructurilor, mai exact considerarea aspectului contractual al interacțiunilor și implicațiile privind costurile generate de fiecare tranzacție. Analizând modul în care se manifestă activitățile umane referitoare la crearea, utilizarea și protecția infrastructurilor, pornind de la caracteristicile tehnice și până la funcționalitatea în societate, s-a determinat faptul că este relevant și justificat un astfel de studiu.

Obiectivul 4 al lucrării privind conceptualizarea și validarea designului unor strategii de protecție pentru infrastructurile cu potențialul cel mai ridicat este abordat în două capitole distincte, segmentare necesară datorită caracterului concurențial și diferențelor dintre instrumentele financiare convenționale și cele criptografice descentralizate. Capitolul 3 este dedicat strategiilor construite cu un instrumentar financiar convențional, în timp ce capitolul 4 abordează problematica considerând un instrumentar extins de instrumente criptografice descentralizate. Potențialul sectoarelor de infrastructură a fost anticipat încă din primul capitol, în funcție de nivelul și adâncimea interacțiunii cu probleme financiare.

În capitolul 3 privind strategii bazate pe instrumente convenționale, prima etapă de cercetare s-a axat pe identificarea posibilităților de lucru a contractelor specifice de transfer a riscului, respectiv asigurări, obligațiuni CAT și swap-uri. Deși se poate identifica utilitatea acestor clase de titluri și contracte într-o strategie de management al riscurilor, s-a concluzionat că utilizarea lor nu determină o transformare la nivelul infrastructurilor efective, o adaptare la nevoile societății, eliminare de vulnerabilități sau implementarea de inovații tehnologice și, din acest motiv, s-a considerat că atractivitatea unui demers de cercetare în această direcție este limitată.

În schimb, specificul interacțiunilor economice care caracterizează sectorul energetic și suita de instrumente financiare tranzacționabile particulare sectorului a permis testarea ipotezei numărul 3 privind posibilitatea dezvoltării unor strategii dedicate adaptării și protecției infrastructurilor sectorului energetic, cu scopul tranziției către o economie sustenabilă, mai puțin dependentă de resurse epuizabile. Cel mai puternic argument considerat este procesul accelerat de schimbare a mediului și nevoia de a grăbi tranziția către o economie care utilizează resurse regenerabile. Pornind de la instrumente pre-existente concepute să limiteze poluarea și să faciliteze creșterea investițiilor în active de producere a energiei din surse regenerabile, s-a dorit testarea ipotezei că pot fi dezvoltate strategii al căror scop să fie legat de dezvoltarea și protecția infrastructurilor. Validarea empirică a acestei ipoteze a fost mult mai dificilă, deoarece s-au identificat multiple ineficiențe la nivel instituțional și de reglementare. Se poate afirma că astfel de strategii sunt posibile, însă nu fără un proces de reformă instituțională și optimizare a

cadrelui de reglementare. Din acest motiv, s-a prezentat un set de propuneri destinate mecanismului de subvenționare a dezvoltării sectorului energetic prin certificate verzi, propuneri pentru un design optimizat și o structură multi-etapizată care adresează deficiențele majore identificate. Dintre rezultatele cele mai importante ale cercetării se numără următoarele puncte:

- Propunerea unui sistem de redefinire a certificatelor verzi astfel încât titlurile să fie mai ușor de tranzacționat la nivel instituțional.
- Propunerea unui mecanism de formare a prețului și reguli de funcționare a pieței care să permită formarea de lichiditate.
- Complementarea investițiilor în active de producție a energiei cu alte infrastructuri și tehnologii adiacente precum facilități de stocare sau sisteme de echilibrare a rețelei.

Pe lângă îmbunătățiri la arhitectura mecanismelor de emisie și tranzacționare a certificatelor verzi, propunerea lucrării include și un set suplimentar de măsuri cu scopul de a asigura continuitatea procesului de tranziție. Pornind de la o propunere privind un fond dedicat sectorului pensiilor private de către Bodie și Crane (1999), lucrarea stabilește arhitectura unui fond de investiții cu orizont de timp trifazat pentru domeniul energiei regenerabile, ca o extensie a strategiei bazate pe schema cu certificate verzi. Fundamentul de funcționare a schemei este utilizarea fluxurilor de numerar generate de sistemul de subvenționare. Prima fază se referă la finanțarea investiției inițiale. A doua fază este una de acumulare prin utilizarea fluxurilor rezultate din certificate verzi în plasamente care utilizează obligațiuni indexate la inflație și opțiuni CALL cu aceeași maturitate. A treia fază este una de dez-investire prin anuități folosind o strategie de tranzacționare cu opțiuni long PUT și short CALL. Profilul de risc va corespunde criteriilor de securitate financiară a unei infrastructuri critice pentru că pierderea teoretică este limitată la plata primelor utilizate. Fezabilitatea unei astfel de propuneri depinde de o implementare eficace a mecanismului de finanțare cu certificate verzi, suficientă lichiditate pe piață și un cadru de reglementare robust.

Capitolul 4 al lucrării abordează obiectivul privind conceptualizarea și validarea designului unor strategii de protecție a infrastructurilor critice prin valorificarea capacităților tehnologiilor criptografice distribuite și instrumentele financiare aferente acestor platforme. Lucrarea identifică dovezi ample privind posibilitățile acestor noi tehnologii și se validează ipoteza 4 a lucrării. Mai exact, utilizând instrumente criptografice descentralizate pot fi dezvoltate soluții privind eliminarea unor vulnerabilități inerente infrastructurilor critice și poate fi crescută eficiența anumitor procese de guvernare, în special prin reducerea costurilor de tranzacționare. De asemenea, în contextul structurării în două categorii a instrumentelor financiare, se adresează obiectivul 5 al lucrării cu privire la realizarea unei analize comparative privind utilizarea și potențialul instrumentelor criptografice descentralizate față de cele convenționale. Din studiul capacităților tehnice și operaționale ale noilor tehnologii cu instrumente criptografice și din realizarea comparației cu soluțiile convenționale ale piețelor rezultă validarea ipotezei 5 a lucrării. Continuând rezultatele altor studii și cercetări, lucrarea scoate în evidență caracterul disruptiv al acestor tehnologii și oportunități substanțiale, atât pentru sectorul financiar, cât și pentru domeniul infrastructurilor critice. Cu toate acestea, inovația este însoțită de o schimbare a paradigmei privind managementul riscului și extinderea spectrului de interacțiune prin intermediul unui instrument financiar generează alte obstacole și provocări, chiar dacă rezolvă o serie de probleme inerente relației agent – principal în economie.

Cercetarea a indicat faptul că nivelul de flexibilitate și inovație tehnologică din acest domeniu oferă în mod direct soluții superioare pentru probleme de infrastructură. Sectorul principal de infrastructură vizat este cel al comunicațiilor și tehnologiei informațiilor, cu aplicativitate transversală în alte domenii, precum și strategii specifice pentru energie, servicii administrative și economie digitală, în contextul conceptului de oraș inteligent. Considerând capacitățile existente ale tehnologiei, se propun soluții constând în modele pentru arhitecturi de strategie:

- mecanismul de protecție a identității prin care se elimină vulnerabilitățile unei autorități centrale de certificare;
- mecanismul de protecție și securizare a integrității datelor pentru o soluție fiabilă de audit și trasabilitate;
- sistemul descentralizat de vot electronic caracterizat prin rezistență la cenzură, scăderea riscului de fraudă și posibilitatea de audit independent;
- sistemul bazat pe agenți autonomi cu scop de creștere a eficienței utilizării resurselor și infrastructurilor energetice;

Pe lângă aceste strategii, în capitolul 4 se abordează și o problemă de design referitoare la soluția infrastructurii informatice optime, capabilă să gestioneze micro-tranzacții, adică tranzacții rapide, de valoare mică și în număr ridicat. Considerând două din cele mai importante soluții propuse, respectiv instituirea canalelor de plăți pentru reducerea costurilor aferente tranzacțiilor și înlocuirea unui blockchain convențional cu o structură de tipul unui grafic aciclic direcționat, se aduc dovezi matematice care susțin faptul că soluția canalelor de plăți nu poate fi implementată fără a face un set de compromisuri.

Capitolul 5 studiază problema deciziei strategice privind protecția infrastructurilor critice și este dedicat obiectivului 6 al lucrării, respectiv formularea și testarea unui cadru decizional multicriterial de lucru pentru selecția unei strategii optime de protecție a infrastructurilor critice. Contextul propunerilor strategice din capitolele anterioare nu abordează problematica decizională și nu oferă un cadru de evaluare capabil să anticipeze performanțele previzionate ale acestor strategii, mai ales în condițiile concurenței dintre diferitele tehnologii. Existența alternativelor pentru constituirea unui proiect de protecție a infrastructurilor critice ridică o problemă a costului de oportunitate, problemă complicată de complexitatea inerentă a infrastructurilor. Rezultatul studiului constituie verificarea ipotezei 6 a lucrării, respectiv faptul că problema selecției unei strategii de protecție implică în mod obligatoriu o abordare multicriterială. Mai mult, ipoteza este validată prin realizarea unui cadru de lucru folosind metoda analizei procesului ierarhiei analitice (AHP) dezvoltată de Thomas L. Saaty. Această tehnică este o soluție robustă de organizare a deciziilor multicriteriale complexe folosită extensiv în practică și în mediu academic pentru a determina strategia optimă într-un domeniu. De asemenea, metoda este una prin care se prelucrează matematic opiniile unor experți, asigurându-se, pe de o parte, un rezultat obiectiv din punct de vedere al încorporării datelor de intrare, și, pe de altă parte, determinarea fiabilă a ponderilor și priorităților dintr-un cadru de evaluare multicriterial.

Pentru atingerea obiectivului de formulare și testare a unui cadru decizional, problema s-a structurat sub forma unei ierarhii cu următoarea configurație: obiectivul de protecție constituie vârful ierarhiei, criteriile constituie etajul intermediar și alternativele analizate constituie etajul inferior. Stabilirea spațiului decizional s-a realizat prin enunțarea unui număr

de 6 criterii fundamentale. Pornind de la aceste criterii, s-a realizat un formular personalizat destinat unui panel de cinci experți independenți a cărui rol a fost evaluarea criteriilor în perechi conform unei grile valorice specifice aplicațiilor AHP. Procesul de selecție a experților a avut în vedere diversificarea experienței și pregătirii, astfel încât să se asigure o viziune cât mai completă asupra problematicii studiate.

Prelucrarea datelor colectate a generat o ierarhie a celor 6 criterii împreună cu ponderi într-o model decizional capabil să selecteze o strategie optimă de protecție a infrastructurilor critice cu ajutorul instrumentelor financiare. Rezultatul final obținut este sintetizat mai jos, în ordinea importanței:

1. Aspectele financiare ale soluției strategice de protecție sau al proiectului analizat și constă în determinarea costurilor, constrângerilor bugetare, a fluxurilor de numerar și a indicatorilor de rentabilitate relevanți (31,9% din decizia finală).
2. Oportunitatea operațională, respectiv modul în care sistemul este folosit după implementare, în mod deosebit eficiența utilizării și modurile în care costurile de tranzacționare afectează indicatorii de performanță (21,8%)
3. Componenta umană, respectiv nivelul de expertiză necesar și disponibil precum și caracteristici ale structurilor de management implicate (15,7%)
4. Consecința eșecului mecanismului de protecție și efectele devierii de la obiectivele inițiale (11,6%)
5. Atractivitatea și utilitatea pentru public, cumulând factorii care determină propensiunea populației implicate spre utilizarea sau nu a soluției (10,4%).
6. Securitatea cibernetică și reziliența soluțiilor din acest punct de vedere (8,6%).

Testarea validității acestui model s-a realizat în două etape, care au fost parcurse cu rezultate favorabile. În prima etapă s-au realizat teste de consistență prin care s-a verificat validitatea datelor extrase din chestionarele experților, respectiv menținerea proprietății de tranzitivitate a evaluărilor pereche realizate. În a doua etapă s-a realizat o calculație pentru determinarea unui indice de consens a datelor rezultate în urma consolidării opiniilor celor 5 experți. Rezultatele au indicat un nivel ridicat de consens, suficient pentru a accepta modelul generat ca fiind reprezentativ pentru încorporarea priorităților participanților la studiu.

Contribuțiile personale din cadrul lucrării converg către o cunoaștere mai bună a economiei infrastructurilor critice, mai ales din perspectiva realizării unei cercetări cu caracter interdisciplinar. Într-un format sintetic, cele mai importante din contribuțiile care pot fi reținute sunt descrise mai jos:

◇ *Pornind de la documente guvernamentale privind cadrul de reglementare al infrastructurilor critice, s-a realizat o clasificare a principalelor sectoare de infrastructură critică în contextul anticipării unor soluții de protecție dezvoltate pentru a gestiona efectele complexității.*

Punctul de plecare al analizei este dat de abordările internaționale cele mai semnificative de clasificare a infrastructurilor critice și optica protecției lor. Odată constituit acest reper, s-a realizat o taxonomie proprie în care criteriul economic să fie cel principal, în detrimentul aspectelor tehnice și funcționale. Esența realizării acestei clasificări urmărește atât abordări internaționale de referință, cât și o analiză a interacțiunilor, specificațiilor sau elementelor care determină caracterul critic al unei infrastructuri. Rezultatul secundar al acestei clasificări este

identificarea sectoarelor de infrastructură cu cele mai bune șanse de a beneficia de strategii eficiente de protecție cu ajutorul instrumentelor financiare. Prin analiza critică a domeniilor de infrastructură, respectiv a specificului de interacțiuni economice care caracterizează cele mai importante infrastructuri critice, s-au stabilit limitele sistemice ale spațiului de cercetare. Din taxonomia infrastructurilor critice, am propus o structurare pe șase domenii sectoriale: infrastructurile energetice, comunicații și tehnologia informațiilor, sistemul de management al apei, transporturi, sectorul agricol și serviciile critice.

◇ *Pornind de la literatură științifică care abordează teorii economice semnificative s-a sintetizat fundamentului teoretic pentru un cadru adecvat de înțelegere și o descriere erudită a fenomenelor economice și financiare asociate infrastructurilor esențiale civilizației contemporane.*

Prin cercetarea succesivă a unor teorii și curente de gândire economică sau, în anumite cazuri, concepte filozofice, logice și principiale, se pot stabili pilonii metodei prin care se pot găsi răspunsuri la problema gestiunii complexității într-un sistem de infrastructură. După o analiză critică a celor mai importante teorii economice cu un impact determinant în optica contemporană privind caracterul tranzacțional și contractual al interacțiunilor din economie, s-a determinat faptul că există un potențial ridicat de a utiliza instrumente financiare pentru a crește reziliența și protecția infrastructurilor critice din perspectiva eficienței. Mai exact, dezvoltarea și funcționarea infrastructurilor critice sunt afectate de probleme de asimetrie informațională, hazard moral și vulnerabilitate indusă de ineficiență economică, pornind de la manifestarea relațiilor agent-principal și principiile teoriei costurilor de tranzacționare. Demersurile ulterioare de cercetare au avut ca fundament capacitatea instrumentelor financiare de a optimiza aceste aspecte.

◇ *Considerând teorii privind economia mediului, s-au stabilit obiective secundare de natură economică ale strategiilor de protecție a infrastructurilor critice cu scopul implementării de principii de sustenabilitate care generează un efect real în creșterea bunăstării.*

Pentru a evita capcana unor indicatori sintetici care nu surprind nivelul real de bunăstare generat de o economie, am considerat aspecte calitative ale interacțiunilor economice și implicațiile asupra mediului și activității umane. Probleme de schimbare climatică, degradarea mediului sau reducerea biodiversității afectează viața contemporană și cu un rol determinant inclusiv în funcționarea infrastructurilor critice. Din acest motiv, s-a căutat acoperirea unui spectru cât mai larg de parametri care afectează domeniul studiat și urmărirea unor rezultate relevante.

◇ *Pornind de la literatură economică sau tehnică, s-au propus instrumente financiare și modele de utilizare cu scopul formulării unor mecanisme strategice de protecție.*

Considerând analiza evoluției sectorului financiar din optica introducerii de instrumente și sisteme de tranzacționare inovative și continuând cu noua generație de tehnologii financiare criptografice distribuite, am identificat posibilitățile de utilizare în contextul definit de sistemul infrastructurilor critice dintr-o perspectivă contractuală și al costurilor de tranzacționare. În cazul instrumentelor criptografice distribuite, s-au identificat caracteristici, specificații și calități cu relevanță economică în posibilele strategii de protecție. Printre elementele identificate numărăm creșterea nivelului de certitudine asociat unei tranzacții, caracterul de ireversibilitate autentică, posibilitatea extinsă de verificare, eliminarea oportunistului și posibilitatea de a avea o execuție autonomă, garantată a unei promisiuni viitoare. De asemenea, din analiza

comportamentului de tranzacționare și a volumelor de pe cele mai importante piețe pentru tokeni criptografici s-au identificat cele mai importante obstacole în utilizarea acestor clase de instrumente în aplicații de protecție a infrastructurilor: lichiditate redusă, natura centralizată a piețelor, volatilitate ridicată, probleme legate de securitatea cibernetică etc.

◇ *S-au identificat principalele vulnerabilități ale sectoarelor de infrastructură critică și, de aici, obiectivele strategiilor de protecție cu instrumente financiare: securitate cibernetică, transparentă, creșterea rezilienței naturale, reducerea asimetriei informaționale, transformarea modelelor de utilizare a infrastructurilor.*

Țintele strategiilor de protecție s-au determinat pornind de la metodologiile existente de evaluare a vulnerabilităților și de la metodele de management al riscurilor în sectoarele de infrastructură critică. De asemenea, prin analiza infrastructurilor din perspectiva ciclului de viață a unui sistem de protecție, s-au identificat oportunități pentru strategii de protecție cu instrumente financiare.

◇ *S-a realizat o analiză critică a mecanismelor financiare specifice piețelor de energie.*

În contextul efortului de reglementare pentru tranziția către o economie sustenabilă, s-au examinat caracteristicile financiare ale infrastructurilor energetice în funcție de tehnologie și de constrângerile sistemice cu privire la atingerea unor ținte de reducere a emisiilor de carbon. Propunem o formulă matematică pentru evaluarea rentabilității investițiilor în sectorul energetic.

◇ *S-a definit un vehicul financiar cu scopul constituirii unui fond de investiții specializat în infrastructură aferentă sectorului de energie.*

Demersul a pornit de la analiza critică a organizațiilor de asigurare și fonduri de investiții specializate în pensii, proiecte pe termen lung structurate după un ciclu specific de viață. Având ca argument utilizarea de fluxuri de numerar cu expunere redusă la riscuri sistemice și separarea cadrului instituțional de gestiune a contractelor de tranzacții financiare propriu-zise, s-a constituit, la nivel conceptual, un fond de investiții multifazat care adaptează practici existente în domeniul pensiilor private la necesitățile specifice proiectelor de infrastructură. Conceptul are ca fundament caracteristicile tehnico-economice ale infrastructurilor de producție a energiei din surse regenerabile după care s-a conceput o formulă pentru determinarea coeficientului de rentabilitate a unei investiții într-o astfel de facilitate. Designul propriu-zis pornește de la caracteristicile instrumentelor financiare de capital cu protecție la inflație, mecanisme de tranzacționare și selecție a portofoliului bazate pe ciclul de viață. Testarea validității propunerii se face prin considerarea unui portofoliu investițional format din obligațiuni indexate la inflație în combinații cu strategii de tranzacționare care utilizează opțiuni pe indici cu lichiditate ridicată. Mai departe, se verifică, din punct de vedere matematic, care este configurația ideală a structurii portofoliului vehiculului investițional și se argumentează selecția unei structuri bazate pe titluri indexate.

◇ *Pornind de la sistemul de tranzacționare a certificatelor verzi din România, s-au descris strategii de protecție a infrastructurilor critice din sectorul energetic și s-au realizat propuneri concrete de reformă.*

Inputul acest demers constă în legislația privind funcționarea mecanismului de subvenționare a investițiilor în energie regenerabilă prin certificate verzi și date publicate de OPCOP cu privire la tranzacționare, articole din presă cu privire la efectele legislației în domeniul investițiilor din domeniu. Sectorul energetic constituie deopotrivă un domeniu de

importanță strategică ridicată și unul din sistemele de infrastructură care pot beneficia de implementarea de proiecte și soluții bazate pe instrumente financiare. Dintre cele mai importante propuneri, menționăm următoarele:

- Modificarea unității de măsură a unui certificat la 0.1 kW/h pentru accesul la piață a unor noi participanți;
- Procedură simplificată de emitere și separarea procesului de emitere de cel de tranzacționare;
- Reformarea mecanismelor de alocare pentru introducerea de noi tehnologii;
- Reformarea mecanismelor de tranzacționare pentru scăderea costurilor;
- Eliminarea mecanismului de tranzacționare și alocare pro-rata și înlocuirea integrală cu piața spot transparentă;
- Măsuri punctuale de îmbunătățire a lichidității pe piața de certificate verzi;
- Îmbunătățirea modului de înregistrare a certificatelor și a tranzacțiilor de pe această piață;
- Modificarea formatului numeric al unui certificat.

◇ *Realizarea unei propuneri de strategie pentru protecția infrastructurii cibernetice și de comunicații cu ajutorul unor soluții inovative, bazate pe instrumente criptografice distribuite.*

Pornind de la un model teoretic pentru un sistem de chei publice bazat pe instrumente financiare criptografice de tipul contractelor inteligente, care funcționează fără intervenția unei autorități centrale de certificare, propunem îmbunătățirea protocolului prin introducerea unor mecanisme de protecție a identității. În această secțiune se detaliază tipologia instrumentarului folosit, arhitectura sistemului și specificațiile tehnice esențiale implementării. Rezultatele potențiale includ aplicații de audit, trasabilitate sau monitorizare funcționare infrastructuri critice. Sunt propuse soluții de strategii pentru digitalizarea unor servicii publice critice. De asemenea, în urma unei analize critice a caracteristicilor tehnice și economice a soluțiilor criptografice, se realizează o analiză decizională pentru planificare strategică.

◇ *Realizarea unei analize economice comparative între sistemele convenționale de chei publice și o variantă construită pe platforma Ethereum.*

Folosind date privind tranzacționarea tokenului Ethereum pe piață și concurența manifestată în derularea de contracte inteligente, realizăm o analiză comparativă a costurilor unei soluții de realizare a unui sistem de chei publice cu ajutorul unui contract inteligent comparativ cu soluții convenționale disponibile pe piață. Concluzionăm faptul că volatilitatea prețului tokenului și fluctuațiilor costurilor asociate utilizării rețelei limitează competitivitatea soluției fiind necesară implementarea unor propuneri de îmbunătățire a protocolului și reducerea costurilor de tranzacționare.

◇ *Realizarea unei analize privind strategiile destinate unui oraș inteligent și testarea unor aspecte referitoare la propuneri specifice domeniului.*

- O arhitectură de stocare distribuită a informațiilor cu caracter public pentru cetățeni sau companii și interacțiune cu autoritățile folosind chei private;
- Strategii pentru eliminarea vulnerabilităților inerente sistemelor de vot electronic și specificațiile unui contract inteligent aferent unui astfel de sistem;

- Designul unui protocol bazat pe tokeni criptografici destinat sistemului energetic dintr-un oraș inteligent. Prin stimulente economice și cu ajutorul instrumentelor financiare se poate optimiza în timp real comportamentul participanților la sistemul energetic.

Dintre propunerile cele mai semnificative sunt analizate două soluții alternative la problema scalabilității acestor soluții informatice, fiind testate o serie de obstacole și constrângeri specifice. După o analiză privind limitările infrastructurilor informaționale din tehnologiile blockchain, s-au determinat implicațiile economice și financiare ale celor două soluții principale de creștere a capacității de tranzacționare și reducere a costurilor implicate. Pentru o strategie eficientă care evită constrângerile tehnologice existente în prezent, a fost propusă o soluție de construire a strategiei pe o platformă care permite nativ realizarea micro-tranzacțiilor la costuri de tranzacționare mici, respectiv înlocuirea soluției blockchain cu un grafic aciclic direcționat (DAG). Concluzia este rezultatul unei demonstrații matematice a unor constrângeri implicite și compromisuri inevitabile soluției de canale de plăți și avantaje comparative ale alternativei de utilizare a grafurilor aciclice direcționate.

- ◇ *Realizarea unei analize comparative extinse între instrumentele financiare convenționale și cele bazate pe tehnologii criptografice distribuite (de tip blockchain).*

Comparația se referă atât la caracteristicile intrinseci ale contractelor fundamentale, fiind analizată rezoluția prezentă și potențială a interacțiunilor economice prin blockchain, cât și factori instituționali, tehnici, practici și funcționali care determină modul efectiv de utilizare a acestor instrumente. Pornind de la o analiză critică și conceptuală a caracteristicilor economice și financiare a trei instrumente de schimb: moneda fiduciară convențională, aur și monedă criptografică distribuită se realizează o comparație extinsă după trei principii definitorii ale monede: etalon de valoare, mijloc de schimb și mijloc de stocare a valorii. De asemenea, se realizează o analiza comparativă a costurilor de implementare într-o strategie pentru infrastructuri a instrumentelor convenționale și a celor criptografice distribuite. Sunt propuse elemente esențiale pentru atingerea unui grad de maturitate al acestor tehnologii care să permită alocare instituțională de resurse pentru cercetarea unor soluții de protecție a infrastructurilor critice.

- ◇ *Realizarea unui model decizional multicriterial destinat selecției unei strategii optime de protecție a infrastructurilor critice.*

Inputul acestui model a avut două secțiuni majore. Prima secțiune se referă la studiile realizate pe parcursul lucrării referitoare la metodologiile de evaluare a infrastructurilor și posibilitățile de protecție prin strategii cu instrumente financiare, respectiv procesele relevante în protecția infrastructurilor critice, interacțiunile economice și implicațiile tehnice. Astfel, s-au definit și detaliat șase criterii pentru evaluarea alternativelor strategice de protecție a infrastructurilor critice împreună cu un set de principii în baza cărora s-a realizat selecția acestor criterii. A doua secțiune se referă la opiniile a cinci experți cu background relevant cu privire la importanța relativă a criteriilor definite anterior conform teoriei AHP. Modelul este rezultatul unei analize numerice prin care s-a stabilit o estimare a importanței într-un format cuantificabil și aplicabil în practică. Analiza are atât aspecte calitative, prin definirea criteriilor, cât și cantitativă prin prelucrarea numerică a opiniilor experților și este însoțită de argumentul unor teste favorabile de consistență și un indice de consens care validează structura cadrului de lucru format.

Pe parcursul redactării lucrării, au devenit evidente o serie de **limitări cu care se confruntă cercetarea** în acest domeniu, atât de ordin informațional, cât și tehnologic, economic sau chiar politic. Sintetizând, cele mai semnificative limitări ale cercetării se referă la următoarele aspecte:

A. Caracterul interdisciplinar al cercetării. Zonele de suprapunere dintre discipline a oferit mereu potențial de inovare, însă a ridicat o problemă de expertiză sau chiar de management al complexității. În situația tematicii propuse, intervin atât cunoștințe din domeniul economic, financiar, cât și din domenii tehnice precum ingineria sau programarea, fiecare cu propriile constrângeri, multe nefiind aparente imediat în afara domeniului specific de expertiză. Această cercetare poate fi clasificată drept un studiu al complexității în context de progres și incertitudine, prin urmare implică atât o viziune de ansamblu asupra subiectului, cât și o analiză a detaliilor, acolo unde este necesar sau relevant.

B. Deficiențele de reglementare reprezintă o limitare semnificativă, cu multiple efecte în economie și, indirect, asupra demersului de cercetare. În primul rând, este dificil de cuantificat impactul ineficienței unei reglementări eronate sau imperfecte și măsura exactă în care este afectată piața. În al doilea rând, apare confuzie între intenția de reglementare și efectul acesteia, în special la nivelul instrumentelor de reglementare utilizate. Astfel, filozofia de reglementare acordă de multe ori prioritate componentelor fiscale și de abia în plan secundar altor obiective legate de protecția investitorilor sau a consumatorilor. În cazul instrumentelor criptografice descentralizate, dilema de reglementare este exponențial agravată de caracterul rezistent la cenzură și imutabil al tehnologiei. S-au putut observa în repetate rânduri ineficiența unor decizii radicale de a interzice utilizarea și tranzacționarea de monede criptografice prin ceea ce putem denumi *arbitraj de reglementare*. Acest fenomen se datorează și faptului că eforturile de reglementare s-au concentrat pe tehnologie și nu pe cazurile de utilizare efectivă. Întrucât guvernanta în rețea este intrinsecă și nu o consecință a unei ierarhii, confuzia de reglementare este amplificată. Deși discursul politic din prezent menționează insistent necesitatea reglementării, există puține inițiative concrete și nu este clar ce anume să fie reglementat și în ce fel. De altfel, dezbaterile privind reglementarea au fost direcționate către două posibile orientări: reglementarea codului și a tehnologiei sau reglementarea utilizării. Deoarece codul în sine este într-o constantă evoluție și nicio reglementare nu poate fi capabilă să producă cod lipsit de vulnerabilități, a doua variantă devine opțiunea preferată. Reglementarea utilizării produce, însă, alte dileme legate de simpla definiție a utilizării, a posibilelor aplicații și a instrumentelor reale de acțiune considerând ambiguitatea de jurisdicție.

C. Modul în care se manifestă piețele constituie un alt aspect limitativ al cercetării întrucât dezvoltarea de noi instrumente și formularea de strategii de utilizare a lor nu pot fi testate empiric în absența formării de lichiditate. Astfel, una din condițiile unui instrument a cărui existență să fie justificată de o rațiune suplimentară față de cea de a genera profit este calitatea de *tranzacționabilitate*, adică posibilitatea ca o poziție să își găsească o contra-parte. Și nu doar instrumentul în sine este important, ci și o arhitectură a pieței care să permită întâlnirea cererii cu oferta.

D. Modul în care sintaxa tehnică de programare nu permite surprinderea cu acuratețe a intenției dorite generează vulnerabilitate similară cu execuția unui contract complex cu costuri indirecte de tranzacție dificil de estimat. Pentru platforme de contracte inteligente, limbajele de programare sunt *Turing complete*, ceea ce înseamnă că pot fi manipulate pentru a realiza orice

fel de calcul, ceea ce generează vulnerabilități și o problemă de securitate pe care o au creatorii de aplicații. Practic, un contract inteligent ar putea fi utilizat în moduri în care creatorii nu s-au gândit, deschizând posibilitatea de interacțiuni frauduloase sau care să compromită securitatea aplicației. Propuneri corecție a acestor vulnerabilități prin actualizarea și îmbunătățirea mașinilor virtuale care rulează contractele din rețea sunt deja discutate și în curs de implementare, însă aceste măsuri trebuie suplimentate cu o metodologie robustă de auditare aplicațiilor.

În privința **direcțiilor viitoare de cercetare**, faptul că lucrarea constituie un studiu al complexității a permis identificarea multiplelor subiecte pentru care este justificată aprofundarea introspecției științifice. Menționăm, mai jos, pe cele mai importante dintre acestea și pe cele cu caracter de complementaritate față de rezultatele obținute:

- Identificarea unor formule de reglementare pentru introducerea echitabilă în economie a costurilor aferente impactului activității umane asupra mediului sau soluții de reducere a acestui impact.
- Dezvoltarea unor mecanisme de redistribuire echitabilă a veniturilor generate din schemele de subvenționare în energie.
- Integrarea în sistemele de infrastructuri energetice a unor măsuri de reducere a asimetriei informaționale în piețe și contracte, precum și facilitarea unui grad mai mare de participare a anumitor categorii de actori.
- Identificarea unei metodologii fiabile de evaluare a unui token criptografic.
- Introducerea unor mecanisme de auditare a contractelor inteligente astfel încât execuția lor să fie conformă cu intenția programatorului.
- Perfecționarea modelului decizional multicriterial de selecție a opțiunilor strategice de protecție a infrastructurilor prin realizarea unor analize de sensibilitate în funcție de specificul de infrastructură și soluțiile propuse, dezvoltarea unei metodologii de evaluare a criteriului privind performanța financiară a unei soluții, detalierea domeniilor în care eșecul poate fi estimat numeric și a modului în care o strategie încorporează gestiunea incertitudinii.

Bibliografie

- Abrams, Rachel, și Nathaniel Popper. 2014. „Trading Site Failure Stirs Ire and Hope for Bitcoin.” *The New York Times*, 25 02.
- ACE Electoral Knowledge Network. 2012. *The ACE Encyclopaedia: Voter Registration - Cost of Registration and Elections*. Aceproject.
- Adamczyk, Janusz, și Magdalena Graczyk. 2019. „Green certificates as an instrument to support renewable energy in Poland—strengths and weaknesses.” *Environmental Science and Pollution Research*, Vol 27 6577-6588.
- Adrian V. Gheorghe, Marcelo Masera , Laurens De Vries , Margot Weijnen , Wolfgang Kroger. 2007. „Critical infrastructures: the need for international risk governance.” *International Journal of Critical Infrastructures* 3 (1).
- AEA. 2009. „Study on Risk Governance of European Critical Infrastructures in the ICT and Energy Sector.” Oxfordshire.
- Aguaron, Juan, și José María Moreno-Jiménez. 2003. „The geometric consistency index: Approximated thresholds.” *European Journal of Operational Research* 147 (1): 137-145.
- Aïd, René. 2015. *Electricity Derivatives*. Clamart: Springer.
- Alchian, Armen A., și Harold Demsetz. 1972. „Production, Information Costs, and Economic Organization.” *The American Economic Review*, Vol. 62, No. 5, December.
- Alexandrescu, Grigore, și Gheorghe Vaduva. 2006. *INFRASTRUCTURI CRITICE. PERICOLE, AMENINȚĂRI LA ADRESA ACESTORA. SISTEME DE PROTECȚIE*. București: Editura Universității Naționale de Apărare „Carol I”.
- Alonso, Jose-Antonio, și Maria T Lamata. 2006. „Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach.” *International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 14(4) 445-459.
- American Petroleum Institute. 2003. „Security Vulnerability Assessment Methodology for the Petroleum and Petrochemical Industries.” Methodology, Washington, DC.
- . 2004. *Security Vulnerability Assessment Methodology for the Petroleum and Petrochemical Industries, Second Edition*. Washington: API Publishing Services.
- American Water Works Association. 2010. *Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water*. McGraw Hill Publishing House.
- Ammous, Saifedean. 2016. *Blockchain Technology: What is it good for?* Working paper, Columbia University.
- Ammous, Saifedean. 2016. *Can cryptocurrencies fulfil the functions of money?* Working paper, Center on Capitalism and Society - Columbia University.
- Anderson, Ross. 2010. *Smart meter security: a survey*. Cambridge University.
- Andoni, Merlinda, Valentin Robu, David Flynn, Simone Abram, Dale Geach, David Jenkins, Peter McCallum, și Andrew Peacock. 2019. „Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 100: 143-174.
- Andrilli, Stephen, și David Hecker. 2016. *Elementary Linear Algebra (Fifth Edition)*. Academic Press.
- Angelis, Jannis, și Elias Ribeiro da Silva. 2019. „Blockchain adoption: A value driver perspective.” *Business Horizons* 62 (3): 307-314.
- ANRE - Autoritatea Națională de Reglementare În Domeniul Energiei. 2020. „Piața de certificate verzi 2020.” Accesat 06 18, 2020. <https://www.anre.ro/ro/legislatie/surse-regenerabile/piata-de-certIFICATE-verzi-2020>.

- Anscombe, Nadya. 2012. „Energy storage: Could hydrogen be the answer?” *Solar Novus Today*, 4 June.
- Anthopoulos, Leonidas. 2017. „Smart utopia VS smart reality: Learning by experience from 10 smart city cases.” *Cities Volume 63* 128-148.
- Arditti, Fred D. 1996. *Derivatives: A Comprehensive Resource for Options, Futures, Interest Rate Swaps, and Mortgage Securities*. Boston: Harvard Business School Press.
- Ashton, Kevin. 2009. „That 'Internet of Things' Thing.” *RFID Journal*, 22 June.
- Associated Press. 2012. *Hundreds evacuated amid Dutch dike break fears*. 6 January.
- Aswathanarayana, U., T. Harikrishnan, și K.M. Thayyib Sahini. 2010. *Green Energy: Technology, Economics and Policy*. London: CRC Press.
- Atzori, Marcella. 2015. *Blockchain Technology and Decentralized Governance: Is the State Still Necessary?* London: University College of London.
- Axon, Louise, și Michael Goldsmith. 2017. *PB-PKI: a Privacy-Aware Blockchain-Based PKI*. Research paper, Department of Computer Science, University of Oxford.
- Ayyub, Bliat M. 2001. *Elicitation of Expert Opinion for Uncertainty and Risks*. CRC Press.
- Azati Team. 2020. *How Much Does It Cost To Develop Blockchain In 2020*. Accesat December 14, 2020. <https://azati.ai/how-much-does-it-cost-to-blockchain/>.
- Ballesteros, Luis Flores. 2008. „Using international financial markets for funding disaster recovery- The case of an Earthquake Catastrophic Bond in Mexico.” *Latinoamerica Puede*, 6 October.
- Balos, Cioaca, și Mircea Boșcoianu. 2017. „Solutions to improve decision making process for dynamic allocation of resources in military pre- conflict environments.” *8th International Conference on Manufacturing Science and Education*.
- Banerjee, Abhijit, Esther Duflo, și Nancy Qian. 2012. *ON THE ROAD: ACCESS TO TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE AND ECONOMIC GROWTH IN CHINA*. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Bank for International Settlements, Monetary and Economic Department . 2013. „Triennial Central Bank Survey.” Survey.
- Bard, Alexander, și Jan SÖDERQVIST. 2002. *Netocracy: the new power elite and life after capitalism*. Pearson Press.
- Barefoot, Kevin, Dave Curtis, William Jolliff, Jessica R. Nicholson, și Robert Omohundro. 2018. *Defining and Measuring the Digital Economy*. Washington: Bureau of Economic Analysis.
- Barlette, Yves, și Vladislav V. Fomin. 2009. „The Adoption of Information Security Management Standards: A Literature Review.” În *Cyber Security and Global Information Assurance*, editor Kenneth J. Knapp, 119-140. New York: Information Science Reference.
- Bastian, J., Jinxiang Zhu, V. Banunarayanan, și R. Mukerji. 1999. „Forecasting energy prices in a competitive market.” *IEEE Computer Applications in Power* 12 (3): 40-45.
- Batty, M., K. W. Axhausen, F. Giannotti, A. Pozdnoukhov, A. Bazzani, M. Wachowicz, G. Ouzounis, și Y. Portugali. 2012. „Smart cities of the future.” *The European Physical Journal Special Topics November 2012, Volume 214, Issue 1* 481–518.
- Baumol, William. 1972. „On Taxation and the Control of Externalities.” *The American Economic Review, Vol. 62, No. 3* 307-322.
- Bebchuk, Lucian, și Jesse Fried. 2004. *Pay without Performance*. Harvard University Press.
- Beder, Tanya S., și Cara M. Marshall. 2011. *Financial Engineering, The evolution of a profession*. New Jersey: JohnWiley & Sons, Inc.
- Bergek, Anna, și Staffan Jacobsson. 2010. „Are Tradable Green Certificates a cost-efficient policy driving technical change or a rent-generating machine? Lessons from Sweden 2003-2008.” *Energy Policy* (Elsevier).
- Bernstein, Peter. 2008[1965]. *A Primer on Money, Banking and Gold*. Hoboken: Wiley.

- Bhushan, Navneet, și Rai Kanwal. 2004. *Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process*. Springer.
- Bishop, Brian. 2015. *Review of Bitcoin Scaling Proposals*. LedgerX.
- Bitcoin Core. 2016. „Segregated Witness Benefits.” Accesat 04 27, 2018. <https://bitcoincore.org/en/2016/01/26/segwit-benefits/>.
- Black, Fischer, și Myron Scholes. 1973. „The Pricing of Options and Corporate Liabilities.” *Journal of Political Economy*. 81 (3) 637–654.
- Blum, Manuel, Paul Feldman, și Silvio Micali. 1988. „Non-Interactive Zero-Knowledge and Its Applications.” *Proceedings of the twentieth annual ACM symposium on Theory of computing*. STOC. 103-112.
- Bodie, Zvi, Robert C. Merton, și William F. Samuelson. 1992. *Labor supply flexibility and portfolio choice in a life-cycle model*. Working paper, Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Bodie, Zvi, și Dwight B. Crane. 1999. „The design and production of a new retirement savings product.” *Journal of Portfolio Management* 25 77-82.
- Bologna, Sandro. 2013. „A Transatlantic Overview of Critical Infrastructure Protection.” *The European Journal of Critical Services and Infrastructure Protection* 20 - 21.
- Boomsmaa, Trine Krogh, și Kristin Linnerudb. 2015. „Market and policy risk under different renewable electricity support schemes.” *Energy*.
- Bores, Radu. 2020. „Developing a multicriterial framework for selecting a critical infrastructure protection strategy based on financial instruments.” *Education Excellence and Innovation Management: A 2025 Vision to Sustain Economic Development during Global Challenges*. Seville: International Business Information Management Association. 15410-15440.
- Bores, Radu. 2016. „E-Governance in the Digital Economy Era.” *Ecoforum, Vol 5* 365-372.
- Bores, Radu, și Ana-Maria Hlaciuc. 2016. „Digital Currency in the Current Cyber Security Environment.” *Revista Economica Contemporană. Vol I* 70-79.
- Bores, Radu, și Ana-Maria Hlaciuc. 2016. „Factoring Trends on World Economy.” *European Journal of Accounting, Finance & Business, VOL X* 78-81.
- Bores, Radu, și Ana-Maria Hlaciuc. 2016. „New Technologies and Infrastructures of Financial Services.” *Ecoforum, Vol 5* 102-107.
- Bores, Radu, și Ana-Maria Hlaciuc. 2016. „Technical and Practical Implications of Short Selling.” *The USV Annals of Economics and Public Administration* 78-86.
- Bores, Radu, și Ana-Maria Hlaciuc. 2016. „The Economic Implications of an Initial Public Offering.” *Ecoforum, Vol 5* 212-217.
- Boșcoianu, M., și C. Ceoceca. 2020. „Dynamic Capabilities and Option Thinking for a Spectral Portfolio Management: The Case of Alternative Investment Funds in Romania.” *The Best Romanian Management Studies 2017-2018*.
- Boșcoianu, Mircea, Gabriela Prelipcean, E. Calefariu, și Mariana Lupan. 2015. „Innovative Instruments for SME Financing in Romania - a New Proposal with Interesting Implications on Markets and Institutions.” *Procedia Economics and Finance, Vol 32* 240-255.
- Boșcoianu, Mircea, Gabriela Prelipcean, și Mariana Lupan. 2013. „Aspects regarding the effectiveness of innovative solutions for early stage SMEs financing in emerging markets.” *Management marketing* 9(2).
- Boșcoianu, Mircea, Gabriela Prelipcean, și Mariana Lupan. 2018. „Innovation enterprise as a vehicle for sustainable development – A general framework for the design of typical strategies based on enterprise systems engineering, dynamic capabilities, and option thinking.” *Journal of Cleaner Production, Vol 172* 3498-3507.

- Boşcoianu, Mircea, Gabriela Prelipcean, și Mariana Lupan. 2014. „Innovative Financing Solutions Based on Venture Capital and Private Equity to Support the Development of Entrepreneurship in Romania.” *Transformation in Business and Economics*, 13, 3C 331-347.
- Boşcoianu, Mircea, și Gabriela Prelipcean. 2019. „Aspects regarding the design of active strategies for Venture Capital financing- the flexible adaptation in the case of Romania as a frontier capital market.” *Entrenova, Croatia*.
- Bovaird, Charles. 2019. „95% Of Reported Bitcoin Trading Volume Is Fake, Says Bitwise.” *Forbes*, 22 03.
- Boyd, Gale A., și Stephen H. Karlson. 1993. „The Impact of Energy Prices on Technology Choice in the United States Steel Industry.” *The Energy Journal* 14 (2): 47-56.
- Boyer, Stuart. A. 2010. „SCADA Supervisory Control and Data Acquisition.” *International Society of Automation* 179.
- Boyle, Godfrey. 2004. *Renewable Energy*. 1. Oxford University Press.
- Braithwait, Steven, Dan Hansen, și Michael O'Sheasy. 2007. *Retail Electricity Pricing And Rate Design In Evolving Markets*. Washington D.C.: Edison Electric Institute.
- Breniuc, Irina. 2016. „46 de companii, exceptate de la plata unor certificate verzi.” *Green Report*, 1 Noiembrie.
- Brian D., Rance. 2008. *Credit Derivatives, Asset-Backed Securities, Monolines - Past And Future*. Metropolitan Corporate Counsel.
- Brian P, Lancaster, Schultz Glenn M., și Fabozzi Frank J. 2008. *Structured Products and Related Credit Derivatives*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Brito, Jerry, și Andrea Castillo. 2013. *BITCOIN A Primer for Policymakers*. Arlington: Mercatus Center, George Mason University.
- Brockett, Patrick L., Linda L. Golden, Charles C. Yang, și Hong Zou. 2007. „Handling Weather Related Risks Through the Financial Markets: Considerations of Credit Risk, Basis Risk, and Hedging.” *Journal of Risk and Insurance*, Vol 74 319-346.
- Bruce, Tuckman. 2002. *Fixed Income Securities - Tools for Today's Markets (second edition)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Brunner, Helfried, Michele de Nigris, Angel Díaz Gallo, Irmgard Herold, Wolfgang Hribernik, Ludwig Karg, Kari Koivuranta, Igor Papič, Joao Peças Lopes, și Peter Verboven. 2012. „Mapping & Gap Analysis of current European Smart Grids Projects.” Austrian Institute of Technology.
- Brynjolfsson, Erik, și Avinash Collis. 2019. *How Should We Measure the Digital Economy?* Harvard Business Review.
- Bueger, Christian, și Timothy Edmunds. 2017. „Beyond seablindness: a new agenda for maritime security studies.” *International Affairs* 93 (6): 1293-1311.
- Burchert, Conrad, Christian Decker, și Roger Wattenhofer. 2018. „Scalable funding of Bitcoin micropayment channel networks.” *Royal Society Open Science* 5 (8).
- Buterin, Vitalik. 2014. *An Introduction to Futarchy*. 21 August. Accesat Iulie 16, 2017. <https://blog.ethereum.org/2014/08/21/introduction-futarchy/>.
- Butler, Lucy, și Karsten Neuhoff. 2004. *Comparison of Feed in Tariff, Quota and Auction Mechanisms to Support Wind Power Development*. Working paper, University of Cambridge - Department of Applied Economics.
- Butler, Lucy, și Karsten Neuhoff. 2008. „Comparison of Feed-in Tariff, Quota and Auction Mechanisms to Support Wind Power Development.” *Renewable Energy* 33 1854-1867.
- Campbell, R. Harvey. 2002. *Identifying real options*. Duke University.
- Cao, Melanie, și Jason Wei. 2004. „Weather derivatives valuation and market price of weather risk. 11(24).” *Journal of Futures Markets* Volume 24, Issue 11 1065–1089.

- Carol, Dan. 2013. „zf.ro Ziarul Financiar.” *Două firme cu acționariat spaniol, care au proiecte de energie verde, au cerut insolvența.* 21 08. Accesat 04 04, 2018. <https://www.zf.ro/companii/doua-firme-cu-actionariat-spaniol-care-au-proiecte-de-energie-verde-au-cerut-insolventa-11262959>.
- Castellanos, J. Alejandro F., Debora Coll-Mayor, și José Antonio Notholt. 2017. „Cryptocurrency as guarantees of origin: Simulating a green certificate market with the Ethereum Blockchain.” Shawa: IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE).
- Central Intelligence Agency. 2017. *The World Factbook*. Accesat 05 18, 2018. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2260rank.html>.
- Centre for European Policy Studies Task Force. 2010. *PROTECTING CRITICAL INFRASTRUCTURE IN THE EU*. Brussels: Centre for European Policy Studies.
- Ceocea, C., și M Boșcoianu. 2018. „Concept integration of active management of alternative investment funds portfolios in times of turbulences and crises.” *Review of Management and Engineering Economics*.
- Chandler, David L. 2009. *Liquid battery big enough for the electric grid?* MIT News Office.
- Chapeelow, Jim. 2016. „Investopedia.” Accesat November 04, 2016. <https://www.investopedia.com/terms/e/economics.asp>.
- Chapparro, Frank. 2018. *Binance charged Blockstack \$250,000 prior to listing Stacks, but both say it's not a listing fee.* The Block.
- Chedrawi, Charbel, și Pierrette Howayeck. 2018. „Audit in the Blockchain era within a principal-agent approach.” Paris: Information and Communication Technologies in Organizations and Society.
- Chen, James, și Amy Drury. 2020. „Absolute Value.” 11 June. Accesat 07 22, 2020. <https://www.investopedia.com/terms/a/absolute-value.asp>.
- Chen, Ting, Xiaoqi Li, Ying Wang, Jiachi Chen, Zihao Li, Xiapu Luo, Man Ho Au, și Xiaosong Zhang. 2017. „An Adaptive Gas Cost Mechanism for Ethereum to Defend Against Under-Priced DoS Attacks.” *Information Security Practice and Experience* 3-24.
- China Energy Engineering Corporation Limited. 2019. „The first hundred-megawatt molten salt tower photothermal power station in China.” Anuț voluntar, Hong Kong. Accesat August 14, 2019. <https://www1.hkexnews.hk/listedco/listconews/sehk/2019/0109/ltn20190109959.pdf>.
- Chisholm, Andrew M. 2009. *An Introduction to International Capital Markets*. 2. John Wiley & Sons.
- Chohan, Usman W. 2017. *Cryptocurrencies: A Brief Thematic Review*. Canberra: University of New South Wales.
- Cholda, Piotr, Anders Mykkeltveit, Bjarne E. Helvik, și Andrzej Jajszczyk. 2009. „Continuity-based resilient communication.” *7th International Workshop on Design of Reliable Communication Networks*. Washington: IEEE.
- Ciarreta, Aitor, Maria Paz Espinosa, și Cristina Pizarro-Irizar. 2017. „Optimal regulation of renewable energy: A comparison of Feed-in Tariffs and Tradable Green Certificates in the Spanish electricity system.” *Energy Economics*, Vol 67 387-399.
- Clearfield, Chris, și András Tilcsik. 2018. *Meltdown: Why Our Systems Fail and What We Can Do About It*. New York: Penguin Press.
- CME Group. 2015. *Trading Calendar Spread Options on Energy Futures*. Chicago: CME.
- Cocco, F. João, Francisco J. Gomes, și Pascal J. Maenhout. 2005. „Consumption and Portfolio Choice over the Life Cycle.” *The Review of Financial Studies*, Volume 18, Issue 2 491-533.
- Comisia Europeană. 2018. *Report on the functioning of the European carbon market*. Bruxelles: EC.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. 2008. „Proposal for a COUNCIL DECISION on creating a Critical Infrastructure Warning Information Network (CIWIN).” Working document, Brussels.
- Commons, John R. 1931. „Institutional Economics.” *American Economic Review*, Vol.21 648 - 657.

- Conti, Mauro, Nicola Fragoni, și Viktor Lesyk. 2016. „A Survey of Man In The Middle Attacks.” *IEEE Communications Surveys & Tutorials (Volume: 18 2027-2051)*.
- Cook, John, Oreskes. Naomi, Peter T Doran, William R L Anderegg, Bart Verheggen, Ed W Maibach, J Stuart Carlton, Stephan Lewandowsky, Andrew G Skuce, și Sarah A Green. 2016. *Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming*. Environmental Research Letters, Volume 11, Number 4, IOP Publishing Ltd.
- Council of European Energy Regulators. 2018. *Status Review of Renewable Support Schemes in Europe for 2016 and 2017*. Brussels: CEER.
- Council on Competitiveness. 2007. *The Resilient Economy: Integrating Competitiveness and Security*. Washington: Council on Competitiveness.
- Couture, Toby D., Karlynn Cory, Claire Kreycik, și Emily Williams. 2010. *A Policymaker's Guide to Feed-in Tariff Policy Design*. Ohio, US: NREL.
- Coveware. 2020. „Q3 2020 ransomware marketplace report.” 3 11. Accesat 12 27, 2020. <https://www.coveware.com/blog/q3-2020-ransomware-marketplace-report>.
- Crawford, Gordon, și Cindy Williams. 1985. „A note on the analysis of subjective judgment matrices.” *Journal of Mathematical Psychology, Vol 29* 387-405.
- Cubbit, P. Robin, și Robert Sugden. 2001. „On Money Pumps.” *Games and Economic Behavior* 121 - 160.
- Curtis, Rick. 1998. *The Backpackers Field Manual - OA Guide to Water Purification*. Random House March.
- Dahlman, Carl J. 1979. „The Problem of Externality.” *Journal of Law and Economics. 22 (1)* 141-162.
- Dam, Eberhart. 2020. „Competition Not Subsidies Is What Power Consumers Deserve.” *Forbes*, 31 January.
- D'Andrea, Raffaello. 2003. „Distributed Control Design for Spatially Interconnected Systems.” *IEEE Transactions on Automatic Control* 48 (9): 1478-1495.
- Davidson, Laura, și Walter E. Block. 2015. „Bitcoin, the Regression Theorem, and the Emergence of a New Medium of Exchange.” *The Quarterly Journal of Austrian Economics, 18, Nr.3* 312-338.
- Davidson, Sinclair, Primavera De Filippi, și Jason Potts. 2016. *Economics of Blockchain*. 8 March. SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2744751>.
- Davis, Mark. 2001. „Pricing weather derivatives by marginal value.” *Quantitative Finance, 1:3* 305-308.
- De Felice, F., A. Petrillo, și C. Autorino. 2013. „Proposal of a multi criteria approach for a sustainable management model of electrical and electronic equipment.” *IFAC Proceedings Volumes, Vol 46, Issue 9* 537-542.
- de Finetti, Bruno. 1937. „La prévision : ses lois logiques, ses sources subjectives.” *Annales de l'institut Henri Poincaré, Volume 7*, 1-68.
- Deakin, Mark. 2014. *Smart Cities - Governing, modelling and analysing the transition*. New York: Routledge.
- Delbert, Caroline. 2020. *Elon Musk's Battery Farm Is an Undeniable Success*. Popular Mechanics. Accesat 04 17, 2020. <https://www.popularmechanics.com/science/a31350880/elon-musk-battery-farm/>.
- Della Croce, Raffaele. 2011. *Pension Funds Investment in Infrastructure*. Paris: OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions.
- Deng, Shi-Jie, și Zhendong Xia. 2005. *Pricing and hedging electricity supply contracts: a case with tolling agreements*. Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- Denholm, Paul, Matthew O'Connell, Gregory Brinkman, și Jennie Jorgenson. 2015. *Overgeneration from Solar Energy in California. A Field Guide to the Duck Chart*. Golden, USA: National Renewable Energy Lab. .

- Deschênes, Olivier, și Enrico Moretti. 2009. „Extreme Weather Events, Mortality, and Migration.” *Review of Economics and Statistics* 91 (4): 659-681.
- Dewey, Josiai. 2019. *Global Legal Insights - Blockchain & Cryptocurrency Regulation*. 1. Croydon, UK: Global Legal Group Ltd.
- DigiCert. 2019. *Total Cost of Ownership DigiCert PKI vs on premise software*. Lehi, USA: DigiCert.
- Djavanshir, Reza G., Ali Alavizadeh, și M.J. Tarokh. 2012. „From System-of-Systems to Meta-Systems: Ambiguities and Challenges.” În *System of Systems*, editor Adrian V. Gheorghe, 1-12. Rijeka, Croatia: InTech.
- Eberle, Ulrich, și Rittmar von Helmolta. 2010. „Sustainable transportation based on electric vehicle concepts: a brief overview.” *Energy & Environmental Science*.
- Economist, The. 2012. *Energy storage - Pachinkg some power*. The Economist Group Limited, 3 May. Accesat January 14, 2013. <http://www.economist.com/node/21548495?frsc=dg%7Ca>.
- Edelen, Roger, Richard Evans, și Gregory Kadlec. 2013. „Shedding Light on "Invisible" Costs: Trading Costs and Mutual Fund Performance.” *Financial Analysts Journal* 33-44.
- Eisenhardt, Kathleen M. 1989. „Agency Theory: An Assessment and Review.” *The Academy of Management Review* (Academy of Management) 57 - 74.
- Ellis, James, David Fisher, Thomas Longstaff, Linda Pesante, și Richard Pethia. 1997. *Report to the President's Commission on Critical Infrastructure Protection*. Pittsburgh: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- Energypedia. 2018. *Wind Energy Integration into the Grid - Capacity Credit*. Accesat 09 23, 2018. https://energypedia.info/wiki/Wind_Energy_Integration_into_the_Grid_-_Capacity_Credit#Variability_of_Electricity_Production.
- Eromon, David I. 2005. „The Dynamics of Transformer Purchasing in a Transformed Electric Market.” *The International Journal of Modern Engineering* 6 (1).
- Estupiñán, Nicolás, Andrés Gómez-Lobo, Ramón Muñoz-Raskin, și Tomás Serebrisky. 2007. *Affordability and Subsidies in Public Urban Transport : What Do We Mean, What Can Be Done?* Policy Research Working Paper, Washington D.C.: World Bank.
- European Central Bank., 2012. „VIRTUAL CURRENCY SCHEMES.” Frankfurt.
- European Security Research & Innovation Forum. 2009. „ESRIF Final Report.” Brussels.
- European SmartGrids Platform. 2012. *SmartGrids Strategic Research Agenda (SRA) for RD&D needs towards 2035 “SmartGrids SRA 2035”*. March.
- European Wind Energy Association. 2009. „Wind Energy – The Facts, Part V.”
- Evans, Steve. 2020. *New cat bond an important piece of Mexico's social protection strategy: Government*. Artemis.
- Eydeland, Alexander, și Krzysztof Wolyniec. 2003. *Energy and Power Risk Management - New Developments in Modeling, Pricing and Hedging*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Ezell, Barry Charles. 2007. *Infrastructure Vulnerability Assessment Model*.
- Fabozzi, Frank J. 2003. *Fixed Income Portfolio Management - Vol 4*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- . 2002. *The Handbook of financial instruments*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Fama, Eugene F., și Kenneth R. French. 1987. „Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage.” *The Journal of Business* 60 (1): 55-73.
- Federal Reserve Bank of Chicago. 2013. *Understanding Derivatives: Markets and Infrastructure*. Accesat 08 06, 2016. <https://www.chicagofed.org/publications/understanding-derivatives/index>.
- Ferrero, R.W., S.M. Shahidehpour, și V.C. Ramesh. 1997. „Transaction analysis in deregulated power systems using game theory.” *Transactions on Power Systems* 12 (3): 1340-1347.

- Fink, Ronald. 2001. *Reality Check for Real Options: Applying Black-Scholes analysis to capital spending projects has one big flaw*. CFO Magazine.
- Ford, David N., și Michael J. Garvin. 2012. „Real options in infrastructure projects: theory, practice and prospects.” *Engineering Project Organization Journal* 2: 97-108.
- Franco, Pedro. 2015. *Understanding Bitcoin, Cryptography, Engineering and Economics*. 1. John Wiley & Sons.
- Frank J., Fabozzi, și Kothari Vinod. 2008. *Introduction to Securitization*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Frank J., Fabozzi, și Mann Steven V. 2005. *Securities Lending and Repurchase Agreements*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Fromknecht, Conner, Dragos Velicanu, și Sophia Yakoubov. 2014. *CertCoin: A NameCoin Based Decentralized Authentication System*. Massachusetts Institute of Technology.
- Fyookball, Jonald. 2017. *Mathematical Proof That the Lightning Network Cannot Be a Decentralized Bitcoin Scaling Solution*. medium.com.
- Gai, Prasanna. 2013. *Systemic Risk - The Dynamic of Modern Financial Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Gallego-Lopez, C, și J Essex. 2016. *Introducing Infrastructure Resilience*. London: Evidence on Demand - UK.
- Gandala, Neil, JT Hamrick, Tyler Moore, și Tali Obermana. 2018. „Price manipulation in the Bitcoin ecosystem.” *Journal of Monetary Economics*.
- Garcia-Teodoro, P, J. Diaz-Verdejo, G. Macia-Fernandez, și E. Vazquez. 2009. „Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges.” *Computers & Security, Vol* 28 18-28.
- Gardiner, Bryan. 2008. „Google’s Submarine Cable Plans Get Official.” *Gizmodo*. 25 02.
- Gardiner, Stephen M. 2004. „Ethics and Global Climate Change.” *Ethics* 114 555-600.
- Garrick, Dustin E, Michael Hanemann, și Cameron Hepburn. 2020. „Rethinking the economics of water: an assessment.” *Oxford Review of Economic Policy* 36 (1): 1-23.
- German, A.M., F.A. Sarbu, și M Boșcoianu. 2017. „A real options and joint ventures perspective for strategic decision making process in the case of dynamic industrial environments.” *4th International Conference on Computing and Solutions in Manufacturing Engineering*. CoSME
- Gheorghe, Adrian V, și Liviu Mureșan, . 2011. *Energy Security - International and Local Issues, Theoretical Perspectives, and Critical Energy Infrastructures*. Springer.
- Gheorghe, V. Adrian. fără an. *Analiza de risc și de vulnerabilitate pentru infrastructurile critice ale societății informatice - societate a cunoașterii*. București: Academia Romana.
- Gheorghe, V. Adrian, Marcelo Masera, M. Weijnen, și L. De Vries. 2006. *Critical Infrastructure at Risk, Securing the European Electric Power System*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Gheorghe, V. Adrian, și Berna Eren Tokgoz. 2013. „Resilience An Emergent Characterization of Complex Interdependent Critical Infrastructures.” *The European Journal of Critical Services and Infrastructure Protection* 6 - 11.
- Gibbons, Stephen, Teemu Lyytikäinen, Henry G. Overman, și Rosa Sanchis-Guarner. 2019. „New road infrastructure: The effects on firms.” *Journal of Urban Economics* 110: 35-50.
- Giebel, Gregor. 2005. „Wind power has a capacity credit. A catalogue of 50+ supporting studies.” *e-WINDENG J*.
- Gini, Corrado. 1936. „On the Measure of Concentration with Special Reference to Income and Statistics.” *Colorado College Publication, General Series No. 208*, 73–79.

- Giordano, Vincenzo, Ijeoma Onyeji, Gianluca Fulli, Manuel Sanchez Jimenez, și Constantina Filiou. 2012. *Guidelines for conducting a cost-benefit analysis of Smart Grid Projects*. European Commission Joint Research Center.
- Goepel, Klaus D. 2013. „Implementing the Analytic Hierarchy Process as a Standard Method for Multi-Criteria Decision Making in Corporate Enterprises – a New AHP Excel Template with Multiple Inputs.” *International symposium on the analytic hierarchy process*. Kuala Lumpur.
- Gomez, Matt. 2018. „Bitcoin had a fair initial distribution unlike most of other coins in the market.” 6 October. Accesat 04 26, 2018. <https://decentralpost.com/bitcoin-had-a-fair-initial-distribution-unlike-most-of-other-coins-in-the-market/>.
- Goodwin, Neva, Jonathan M. Harris, Julie A. Nelson, Brian Roach, și Mariano Torras. 2015. *Principles of Economics in Context*. Routledge.
- Goovaerts, Marc J., Florent de Vylder, și Jean Haezendonck. 1984. *Insurance premiums: theory and applications*. 1. Springer .
- Gordon, Kathryn, și Maeve Dion. 2008. *Protection of ‘Critical infrastructure’ and the role of investment policies relating to national security*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Grabianowski, Ed. 2003. „HowStuffWorks.com.” 2 September. Accesat 08 22, 2018. <https://money.howstuffworks.com/currency.htm>.
- Graf, Konrad S. 2013. „Bitcoins, the regression theorem, and that curious but unthreatening empirical world.” *konradgraf.com*. 27 02.
- Graf, Konrad S. 2013. *On the Origins of Bitcoin, Stages of Monetary Evolution*. Nakamoto Institute.
- Greenburg, Andy. 2019. „A 'Blockchain Bandit' Is Guessing Private Keys and Scoring Millions.” 23 04. Accesat 04 25, 2020. <https://www.wired.com/story/blockchain-bandit-ethereum-weak-private-keys/>.
2008. *Green Facts*. Accesat 06 18, 2014. <http://www.greenfacts.org/en/water-resources/index.htm>.
- Grid+. 2018. „Grid+ Whitepaper v2.0.”
- Grossman, Sanford J., și Oliver D Hart. 1986. „The costs and benefits of ownership: A theory of vertical and lateral integration.” *Journal of Political Economy* 691–719.
- Hanke, Steve. 2018. „Venezuela's Great Bolivar Scam, Nothing But A Face Lift.” *Forbes*, 18 August. <https://www.forbes.com/sites/stevehanke/2018/08/18/venezuelas-great-bolivar-scam-nothing-but-a-face-lift/>.
- Hanke, Steve H., și Alex K.F. Kwok. 2009. „On the Measurement of Zimbabwe’s Hyperinflation.” *Cato Journal, Vol 29*.
- Hanson, Robin. 2000. „Shall We Vote on Values, But Bet on Beliefs?” George Mason University†, Fairfax.
- Hardouvelisa, Gikas A., și Ioannis Gkionis. 2016. „A Decade Long Economic Crisis: Cyprus versus Greece.” *Cyprus Economic Policy Review, Vol.10, No.2* 3-40.
- Harris, Larry. 2003. *Trading and Exchanges*. Oxford University Press.
- Hart, Oliver, și Bengt Holmström. 1987. „The theory of contracts.” În *Advances in Economics and Econometrics*, editor T. Bewley, 71-155. Cambridge University Press.
- Hart, Oliver, și John Moore. 2006. *Contracts as reference points*. Working paper, Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Hart, Oliver, Wobert W. Vishny, și Andrei Schleifer. 1996. *The proper scoper of Government: theory and application to prisons*. Working Paper, Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Hicks, John R. 1939. *Value and Capital*. Oxford: Clarendon Press.

- Hirsch, Paul, Stuart Michaels, și Paul Friedman. 1987. „„Dirty Hands” versus „Clean Models”: Is Sociology in Danger of Being Seduced by Economics?” *Theory and Society*. Vol. 16, Nr. 3 317-336.
- Hoffman, David. 2019. *EIP 1559: The Final Puzzle-Piece to Ethereum’s Monetary Policy*. Medium.
- Homburg, Stefan. 2017. *A Study in Monetary Macroeconomics*. London: Oxford University Press.
- Homeland Security. 2006. „National Infrastructure Protection Plan.” Washington D.C.
- Honour, Edward. 2019. „How Anchors Help Ensure Authenticity on the Blockchain.” 23 04. Accesat 08 22, 2019. <https://medium.com/@edhonour/how-anchors-help-ensure-authenticity-on-the-blockchain-3359051a181>.
- House of Representatives. 2003. *Status of Federal Public Key Infrastructure Activities at Major Federal Departments and Agencies, Report to the Committee on Government Reform and the Subcommittee on Technology, Information Policy, Intergovernmental Relations and the Census*. Washington: GAO – 04-157.
2018. <http://patres.org>. <http://patres.org/semnal-o-treime-din-productorii-de-e-sre-din-patres-sunt-in-insolventa-sau-faliment-cine-sa-mai-aiba-credere-intr-un-stat-care-isi-matraseste-investitorii/>.
- Huisman, Ronald, Christian Hurman, și Ronald Mahieu. 2007. „Hourly electricity prices in day-ahead markets.” *Energy Economics* 29 (2): 240-248.
- Hull, John C. 2006. *Options, Futures and Other Derivatives (6th edition)*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hull, John C. 2000. *Options, Futures and Other Derivatives (6th edition)*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hvelplund, Frede. 2005. „Renewable energy: Political prices or political quantities. Switching to Renewable Power: A Framework for the 21st Century.”
- Index Mundi. 2019. „France Energy Profile 2019.” Accesat 05 26, 2020. https://www.indexmundi.com/france/energy_profile.html.
- International Monetary Fund. 2018. *Measuring the Digital Economy*. Washington: International Monetary Fund.
- Islam, Shama Naz, Zubair Baig, și Sherali Zeadally. 2019. „Physical Layer Security for the Smart Grid: Vulnerabilities, Threats, and Countermeasures.” *Transactions on Industrial Informatics* 15 (12): 6522-6530.
- Iyer, Swapna. 2011. „Cyber Security for Smart Grid, Cryptography, and Privacy.” *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting*.
- Jacob, Thierry. 2012. *Pumped storage in Switzerland - an outlook beyond 2000*. Working paper, Stucky.
- Jacobsson, Staffan, și Volkmar Lauber. 2006. „The politics and policy of energy system transformation—explaining the German diffusion of renewable energy technology.” *Energy Policy*. 34 (3) 256-276.
- Jaffee, Dwight M. 2009. „THE APPLICATION OF MONOLINE INSURANCE PRINCIPLES TO THE REREGULATION OF INVESTMENT BANKS AND THE GSES.” *Risk Management and Insurance Review*, 11 - 23.
- Jensen, Michael, și William Meckling. 1976. „Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure.” *Journal of Financial Economics* 3 (4): 305 - 360.
- Jia, Haiyan, Mu Wu, Eunhwa Jung, Alice Shapiro, și S.Shyam Sundar. 2012. *Balancing human agency and object agency: an end-user interview study of the internet of thing*. Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing - UBICOMP.
- Jiang, Tigang, Hua Fang, și Honggang Wang. 2019. „Blockchain-Based Internet of Vehicles: Distributed Network Architecture and Performance Analysis.” *IEEE Internet of Things Journal (Volume: 6 , Issue: 3 4640-4649)*.

- Jindal, Renuka P. 2009. „From millibits to terabits per second and beyond - Over 60 years of innovation.” *2009 2nd International Workshop on Electron Devices and Semiconductor Technology*.
- Johnson, John, și Adrian V. Gheorghe. 2013. „Antifragility Analysis and Measurement Framework for Systems of Systems.” *International Journal of Disaster Risk Science* 4 (4): 159-168.
- Johnston, Matthew. 2020. „Top Alternative Energy Stocks for Q3 2020.” 09 06. Accesat 07 02, 2020. <https://www.investopedia.com/investing/alternative-energy-stocks/>.
- Jones, Charles M. 2002. *A Century of Stock Market Liquidity and Trading Costs*. SSRN.
- Jose, M.Yusta, J.Correa Gabriel, și Lacal-Arántegui Roberto. 2011. „Methodologies and applications for critical infrastructure protection: State-of-the-art.” *Energy Policy, Volume 39, Issue 10* 6100-6119.
- Jost, Kathryn Dixon. 2002. *Overview: Fixed-Income Management for the 21st Century*. Association for Investment Management and Research.
- Jost, Lou. 2006. „Entropy and diversity.” *OIKOS, Vol 113* 363-375.
- Jülch, Verena. 2016. „Comparison of electricity storage options using levelized cost of storage (LCOS) method.” *Applied Energy, Volume 183* 1594-1606.
- Kanter, James. 2007. „Carbon Trading: Where greed is green.” *New York Times*, 20 June.
- Kaplan, Stanley, și B. John Garrick. 1981. „On The Quantitative Definition of Risk .” *Risk Analysis, Vol. 1, No. 1* 11 - 27.
- Karangelos, Efthymios, și François Bouffard. 2012. „Towards Full Integration of Demand-Side Resources in Joint Forward Energy/Reserve Electricity Markets.” *IEEE Transactions on Power Systems* 27 (1): 280-289.
- Karlof, Chris, Naveen Sastry, și David Wagner. 2005. „Cryptographic Voting Protocols: A Systems Perspective.” USENIX Security Symposium.
- Kaza, Silpa, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, și Frank Van Woerden. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Wolrd Bank.
- KEMA-Inc. 2007. *Cost Comparison for a 20 MW Flywheel-based Frequency Regulation Power Plant*. Raleigh: Kema.
- Kempton, Jasna, și Kempton Willett. 2007. „Using fleets of electric-drive vehicles for grid support Tomić.” *Journal of Power Sources, Volume 168, Issue 2* 459-468.
- Keynes, John Maynard. 1930. *A Treatise on Money*. Londra: Macmillan.
- Khaldūn, Ibn. 1958. *The Muqaddimah : An introduction to history - Translated from the Arabic by Franz Rosenthal. 3 vols*. New York: Princeton.
- Kharif, Olga, și Matthew Leising. 2018. „Bitcoin Trades at \$300 Premium on Controversial Crypto Exchange.” *Bloomberg*, 18 October.
- Kim, Teakdong, Bonwoo Koo, și Minsoo Park. 2013. „Role of financial regulation and innovation in the financial crisis.” *Journal of Financial Stability, Volume 9, Issue 4* 662-672.
- Koetse, Mark J., și Piet Rietveld. 2009. „The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings.” *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14 (3): 205-221.
- Koffman, Tatiana. 2020. „Why Bitcoin Is A Silent Protest Against Corrupt Governments Everywhere.” 13 06. Accesat 06 18, 2020. <https://www.forbes.com/sites/tatianakoffman/2020/06/13/why-bitcoin-is-a-silent-protest-against-corrupt-governments-everywhere/#4dc1087d3542>.
- Krugman, Paul, și Robin Wells. 2012. *Economics - Third edition*. Worth Publishers.
- Kshetri, Nir, și Jeffrey Voas. 2018. „Blockchain-Enabled E-Voting.” *IEEE Software* 35 (4): 95-99.
- Kumar, Amrit, Shruti, Fischer, Clement Tople, și Prateek Saxena. 2017. *A Traceability Analysis of Monero's Blockchain*. Singapore: National University of Singapore.

- Küpper, Daniel, Kristian Kuhlmann, Sebastian Wolf, Cornelius Pieper, Gang Xu, și Justin Ahmad. 2018. *The Future of Battery Production for Electric Vehicles*. Boston Consulting Group. Accesat 12 14, 2018. <https://www.bcg.com/publications/2018/future-battery-production-electric-vehicles.aspx>.
- Labaka, Leire, Josune Hernantes, Tina Comes, și Jose Mari Sarriegi. 2014. „Defining Policies to Improve Critical Infrastructure Resilience.” *Proceedings of the 11th International ISCRAM Conference*. Pennsylvania.
- Larson, Ron. 2013. *Elementary Linear Algebra*. Boston: Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Lawyer, David S. 2008. *Fuel-Efficiency of Travel in the 20th Century*. LAFN.
- Leal, Rhand. 2016. „Enabling communications during disruptive incidents according to ISO 22301.”
- Leonhard, Robert D. 2016. *Developing Renewable Energy Credits as Cryptocurrency on Ethereum's Blockchain*. Accesat 02 16, 2020. <https://ssrn.com/abstract=2885335>.
- Levine, Jonah G. 2007. *Pumped Hydroelectric Energy Storage and Spatial Diversity of Wind Resources as Methods of Improving Utilization of Renewable Energy Sources*. University of Colorado.
- Lewis, Michael. 2014. *Flash Boys - A Wall Street Revolt*. 1. New York: Norton & Company.
- Li, Hong, Long Chen, Di Wang, și Huize Zhang. 2017. „Analysis of the Price Correlation between the International Natural Gas and Coal.” Cardiff: Elsevier.
- Lin, Iuon-Chang, și Tzu-Chun Liao. 2017. „A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges.” *International Journal of Network Security* 19 (5): 653-659.
- Lioui, Abraham, și Patrice Poncet. 2005. *Dynamic Asset Allocation with Forwards and Futures*. Springer.
- Litchfield, Julie A. 1999. *Inequality: Methods and Tools*. Washington D.C.: World Bank.
- Liu, Eric, și Nick Hanauer. 2011. *The Gardens of Democracy*. Seattle: Sasquatch Books.
- Loibl, Andreas. 2014. *Namecoin*. Munchen: Network Architectures and Services - IITM.
- Luenberger, David G. 1998. *Investment Science*. New York: Oxford University Press.
- Luo, Fengji, Gianluca Ranzi, Can Wan, Zhao Xu, și Zhao Yang Dong. 2019. „A Multistage Home Energy Management System With Residential Photovoltaic Penetration.” *Transactions on Industrial Informatics* 15 (1): 116-126.
- Luppi, Barbara, Francesco Parisi, și Shruti Rajagopala. 2012. „The rise and fall of the polluter-pays principle in developing countries.” *International Review of Law and Economics* 32 (1): 135-144.
- Madura, Jeff. 2015. *Financial Markets and Institutions*. 11. Stamford: Cengage Learning.
- Mahmood, Khalid, Shehzad Ashraf Chaudhry, Husnain Naqvi, Saru Kumari, Xiong Li, și Arun Kumar Sangaiah. 2018. „An elliptic curve cryptography based lightweight authentication scheme for smart grid communication.” *Future Generation Computer Systems* 81: 557-565.
- Mannaro, Katuscia, Andrea Pinna, și Michele Marchesi. 2017. „Crypto-trading: Blockchain-oriented energy market.” Cagliari, Italy: 2017 AEIT International Annual Conference.
- Manoj, P.R. 2018. *Ethereum Cookbook*. 1. Packt.
- Marchini, Kyle, și Al Pascual. 2019. *2019 Identity Fraud Study: Fraudsters Seek New Targets and Victims Bear the Brunt*. Javelin Strategy & Research.
- Margrabe, William. 1978. „The Value of an Option to Exchange One Asset for Another.” *Journal of Finance, Vol. 33, No. 1* 177-186.
- Martin, Luther. 2014. „Biometrics.” În *Cyber Security and IT Infrastructure Protection*, editor John Vacca, 155-161. Elsevier.
- Martinez, Julian. 2018. „Understanding Proof of Stake: The Nothing at Stake Theory.” *medium.com*. 7 June. <https://medium.com/coinmonks/understanding-proof-of-stake-the-nothing-at-stake-theory-1f0d71bc027>.
- Marx, Karl. 1863. *Theories of Surplus-Value*. Progress Publishers.

- Mashey, John R. 1998. *Big Data ...and the Next Wave of InfraStress*. SGQ.
- Mathias, Jr., John H., John D. Shugrue, Marrinson Thomas A., și Struck Daniel J. 2006. „Types of Insurance Policies.” *Law Journal Press*, 1-16.
- Mauboussin, Michael J. 1999. *Get Real: Using Real Options in Security Analysis*. Credit Suisse First Boston.
- Maure, David C., și Sudipto Sarkar. 2005. „Real Options, Agency Conflicts, and Financial Policy.” *Journal of banking & Finance*.
- Maurice, Allais. 1990. *Contributions à la théorie générale de l'efficacité maximale et des surplus*.
- Max, Alier, și Vittas Dimitri. 2000. *Personal Pension Plans and Stock Market Volatility*. The World Bank - Development Research Group.
- McCorry, Patrick, Siamak F. Shahandashti, și Feng Hao. 2017. *A Smart Contract for Boardroom Voting with Maximum Voter Privacy*, . School of Computing Science, Newcastle University UK.
- McCullough, Brian. 2018. *A revealing look at the dot-com bubble of 2000 — and how it shapes our lives today*. Ted.com.
- McLaren, Duncan, și Julian Agyeman. 2015. *Sharing Cities: A Case for Truly Smart and Sustainable Cities*. MIT Press.
- McNichols, James P. fără an. „Monoline Insurance & Financial Guaranty Reserving.”
- Medoza, Marcos. 2015. „Reinsurance as Governance: Governmental Risk Management Pools as a Case Study in the Governance Role Played by Reinsurance Institutions.” *Connecticut Insurance Law Journal* 21 (1).
- Melendez, Steven. 2017. „Bitcoin Heist Adds \$77 Million To Total Hacked Hauls Of \$15 Billion.” <https://www.fastcompany.com/120707/accesat-11-04-2019>. <https://www.fastcompany.com/40505199/bitcoin-heist-adds-77-million-to-hacked-hauls-of-15-billion>.
- Melillo, Jerry M., Richmond Terese (T.C.), și Gary W. Yohe. 2014. *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. Washington: U.S. Government Printing Office.
- Menezes, Alfred J., Paul C. van Oorschot, și Scott A Vanstone. 1996. *Handbook of Applied Cryptography*. CRC Press.
- Menger, Carl. 1892. „The Origins of Money.” *Economic Journal* 2.
- Merton, Robert C. 1973. „An Intertemporal Capital Asset Pricing Model.” *Econometrica* 41, Vol. 41, No. 5. 867-887.
- Mesenbourg, Thomas L. 2001. *Measuring the Digital Economy*. Washington: U.S. Bureau of Census.
- Milgrom, Paul, și Bengt Holmstrom. 1991. „Multitask Principal-Agent Analyses: Incentive Contracts, Asset Ownership, and Job Design.” *Journal of Law, Economics, and Organization*, 7 24 - 52.
- Milum, Jeff. 2010. „Pairing Energy Storage Systems with Wind Energy in the California Market.” *SUS 6200-S1-2 Ecological Economics and Macroeconomics*.
- Molva, Refik. 1999. „Internet security architecture.” *Computer Networks*, Vol 31 787-804.
- Moore, Galen. 2019. „The Mechanics of Market Manipulation.” 30 11. Accesat 07 23, 2020. <https://www.coindesk.com/the-mechanics-of-market-manipulation>.
- Moore, William T. 2001. *Real Options and Option-embedded Securities*. New York: John Wiley & Sons.
- Moteff, John D. 2012. *Critical Infrastructure Resilience: The Evolution of Policy and Programs and Issues for Congress*. CRS report for Congress, DIANE Publishing Company.
- Moutinho, Victor, Joel Vieira, și Antonio Carrizo Moreira. 2011. „The crucial relationship among energy commodity prices: Evidence from the Spanish electricity market.” *Energy Policy* 39: 5898-5908.

- Mowbray, Albert H., și Ralph H. Blanchard. 1961. *Insurance: Its Theory and Practice in the United States (5th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Muresan, Liviu, și Alexandru Georgescu. 2013. „Space Security, a Critical Component of the Future European Global Strategy.” *The European Journal of Critical Services and Infrastructure Protection* 32 - 35.
- Muvhiiwa, Ralph, Diane Hildebrandt, Ngonidzashe Chimwani, Lwazi Ngubevana, și Lwazi Matambo. 2017. „The impact and challenges of sustainable biogas implementation: moving towards a bio-based economy.” *Energy, Sustainability and Society volume 7 (20)*.
- Nakamoto, Satoshi. 2008. „Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.” *bitcoin.org/*. 31 Octombrie. Accesat January 24, 2017. <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- Narens, Louis. 1985. *Abstract Measurement Theory*. 1. MIT Press.
- Neoen. 2018. „Document de base.” Prospect ofertă publică inițială, Paris.
- Neumann, John von, și Oskar Morgenstern. 1953. *Theory of Games and Economic Behavior*. NJ.: Princeton University Press.
- Newnan, Donald G., Ted G. Eschenbach, și Jarome O. Lavelle. 2004. *Engineering Economic Analysis*. New York: Oxford University Press.
- Ng, C. P., T. H. Law, F. M. Jakarni, și S Kulanthayan. 2018. „Road infrastructure development and economic growth.” Selangor, Malaysia: IOP Publishing Ltd.
- Nicolas, Koch, Sabine Fuss, Godefroy Grosjean, și Ottmar Edenhofer. 2014. *Causes of the EU ETS price drop: recession, CDM, renewable policies or a bit of everything? –New evidence*. Berlin: Elsevier.
- Nicuț, Mihai. 2018. „România a fost dată în judecată, la Curtea de Arbitraj de la Washington, pentru că a redus schema de sprijin pentru regenerabile.” <https://e-nergia.ro/>. 16 6. Accesat 07 16, 2018. <https://e-nergia.ro/romania-a-fosta-data-in-judecata-la-curtea-de-arbitraj-de-la-washington-pentru-ca-a-redus-schema-de-sprjin-pentru-regenerabile/>.
- Noether, Shen, Mackenzie, și Adam & Lab. 2016. „Ring Confidential Transactions.” *Ledger*. 1. 1-18. December.
- North, C. Douglass. 1992. *Transaction costs, institutions, and economic performance*. San Francisco: CA: ICS Press.
- North, C. Douglass. 2018. *Transaction costs, property rights, and economic outcomes*. Working Paper, Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Norvill, Robert, Beltran Fiz, Radu State, și Andrea Cullen. 2019. „Standardising smart contracts: Automatically inferring ERC standards.” *International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*. Seoul: IEEE.
- Nyarku, Kwamena, și Gloria Agyapong. 2011. „Rediscovering SWOT Analysis: The Extended Version.” *Academic Leadership* 9 (2).
- O’Kane, Dominic. 2001. *Credit Derivatives Explained*. Lehman Brothers International.
- OECD ENVIRONMENT POLICY COMMITTEE. 2003. „PERVERSE INCENTIVES IN BIODIVERSITY LOSS.” OECD Publishing, 30 October.
- Oh, Dahyun, Xiangnan Dang, Hyunjung Yi, Mark A. Allen, Kang Xu, Yun Jung Lee, și Angela M. Belcher. 2012. „Graphene Sheets Stabilized on Genetically Engineered M13 Viral Templates as Conducting Frameworks for Hybrid Energy-Storage Materials.”
- OPCOM. 2017. „Mecanismele de tranzactionare pe piețele centralizate anonime de certificate verzi.” 01 09. Accesat 12 05, 2019. https://www.opcom.ro/opcom/uploads/doc/PCA-CV/Descriere_PCACV.pdf.
- . 2020. *Piața certificatelor verzi - rezultate tranzacționare*. Accesat 04 10, 2020. https://www.opcom.ro/tranzactii_rezultate/tranzactii_rezultate.php?lang=ro&id=136#url.

- OPCOM. 2015. „Procedura privind ofertarea, validarea și stabilirea tranzacțiilor cu certificate verzi pe piața centralizată de certificate verzi.” București.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. 2007. *Infrastructure to 2030 MAPPING POLICY FOR ELECTRICITY WATER AND TRANSPORT*. OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. 2011. *RISK MANAGEMENT IN AGRICULTURE: WHAT ROLE FOR GOVERNMENTS?* OECD.
- Organization for Economic Co-operation and Development. 2007. *Infrastructure to 2030, Vol 2, Mapping Policy for Electricity, Water and Transport*. Paris: OECD Publishing.
- Pahlavan, Kaveh, și Prashant Krishnamurthy. 2009. *Networking Fundamentals – Wide, Local and Personal Area Communications*. John Wiley & Sons.
- Parkinson, Giles. 2017. *reneweconomy.com.au*. 10 07. Accesat 05 25, 2018. <https://reneweconomy.com.au/explainer-what-the-tesla-big-battery-can-and-cannot-do-42387/>.
- Paul, Denholm, Erik Ela, Brendan Kirby, și Michael Milligan. 2010. *The Role of Energy Storage with Renewable Electricity Generation*. Technical Report, National Renewable Energy Laboratory.
- Pegkas, Panagiotis, Christos Staikouras, și Constantinos Tsamadias. 2019. „Does research and development expenditure impact innovation? Evidence from the European Union countries.” *Journal of Policy Modeling* 41 (5): 1005-1025.
- Peng, Yong, Chong Xiang, Haihui Gao, Dongging Chen, și Wang Ren. 2015. „Industrial Control System Fingerprinting and Anomaly Detection.” În *Critical Infrastructure Protection IX*, editor Mason Rice și Sujet Sheno. Springer.
- Perez, Elena. 2020. „How the US and Europe Are Regulating Crypto in 2020.” *Cointelegraph*, 12 07.
- Pessali, Huascar F. 2006. „The rhetoric of Oliver Williamson's transaction cost economics.” *Journal of Institutional Economics*, 2(1) 45-65.
- Phillips, Ronnie J., și Alessandro Roselli. 2010. „How to Avoid the Next Taxpayer Bailout of the Financial System: The Narrow Banking Proposal.” *Financial Market Regulation* 149-161.
- Philpott, Tom. 2010. *Time for the public to reinvest in food-system infrastructure*. 20 April.
- Pieroni, Alessandra, Noemi Scarpato, Luca Di Nuzio, Francesca Fallucchi, și Mario Raso. 2018. „Smarter City: Smart Energy Grid based on Blockchain Technology.” *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* 8 (1): 298-306.
- Pisani, Bob. 2018. „Bitcoin and ether are not securities, but some initial coin offerings may be, SEC official says.” *CNBC*, 14 June.
- Polygant. 2020. *Cryptocurrency & Token Creation. ICO & IEO*. Accesat December 14, 2020. <https://polygant.net/ico-how-to-run-and-how-much-it-costs/>.
- Poon, Joseph, și Thaddeus Dryja. 2016. „The Bitcoin Lightning Network: Scalable Off-Chain Instant Payments.” White paper. Accesat 05 22, 2018. <https://lightning.network>.
- Popa, Cornel, și Cornelia Tăbârță. 2016. *Natura juridică și izvorul obligației consumatorilor de energie electrică de a suporta costul certificatelor verzi*. Sinteze de jurisprudență, București: Revista Română de Drept al Afacerilor.
- Popov, Serguei. 2018. „The Tangle.” Accesat 05 23, 2018. https://iota.org/IOTA_Whitepaper.pdf.
- Popov, Serguei, și Jinn Labs. 2016. *The tangle*. 3 April. Accesat November 24, 2017. https://iota.org/IOTA_Whitepaper.pdf.
- Porter, JR, L. Xie, AJ. Challinor, K Chochrane, SM. Howdem, MM. Iqbal, DB. Lobell, și MI. Travasso. 2014. „Food Security and Food Production Systems.” În *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Chan*, 485-533. Cambridge University Press.

- Poterba, James M., Joshua Rauh, Steven F. Venti, și David A. Wise. 2009. „Life-cycle Asset Allocation Strategies and the Distribution of 401(k) Retirement Wealth.” *Developments in the Economics of Aging*. Chicago: University of Chicago Press. 15 - 50.
- Prelipcean, Gabriela, și Mircea Boșcoianu. 2014. „A hybrid framework for SME financing based on the mix between governmental support and the use of a specialized investment fund in the actual context of a slow recovery after crises and turbulences.” *Procedia Economics and Finance*, 15 738-745.
- . 2011. „Aspects regarding the design and development of innovative products for risk management.” *International Conference on Mathematics & Computers in Business and Economics*. WSEAS. 209-214.
- . 2011. „Aspects regarding the design of the architecture of investment funds specialized for the development of small and medium enterprises.” *6th International Conference on Business Excellence*. Brașov.
- . 2012. „The creation of flexible special purpose vehicles (PPP-Equity-Fund) architectures for stimulating of innovative SMEs.” *The 7th International Conference on Business Excellence: Business Excellence Challenges during the Economic Crisis*. Brașov.
- Queiroz, Cesar, și Surhid Gautam. 1992. *Road Infrastructure and Economic Development*. Policy research working paper, Washington: The World Bank.
- Radcliffe, Robert C. 1997. *Investment: Concepts, Analysis, Strategy*. Addison-Wesley Educational Publishers.
- Ragwitz, Mario, și Simone Steinhilber. 2014. „Effectiveness and efficiency of support schemes for electricity from renewable energy sources.” *WIREs Energy and Environment*.
- Ramsey, Frank P. 1926. „Truth and Probability.” În *Foundations of Mathematics and other Logical Essays*, 156-198. New York: Harcourt, Brace and Company.
- Record, Neil. 2003. *Currency Overlay*. 1st. Wiley.
- Rijkswaterstaat. 2011. *Water Management in the Netherlands*. Ministry report, Amsterdam: Centre for Water Management.
- Robert, Dubil. 2011. *Financial Engineering and Arbitrage in the Financial Markets*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Roberts, John, și Bengt Holmstrom. 1988. „The Boundaries of the Firm Revisited.” *Journal of Economic Perspectives—Volume 12, Number 4* 73 - 94.
- Robin, Sarah, Rob Wolcott, și Carlos Quintela. 2003. „Perverse Subsidies and the Implications for Biodiversity.” *Vth World Parks Congress: Sustainable Finance Stream*. Durban, South Africa.
- României, Guvernul. 2011. *Monitorul Oficial nr. 555*. București.
- Rosenzweig, Paul. 2013. *Cyber Warfare*. Santa Barbara: Praeger.
- Ross, Anderson. 2010. „Smart grid security.” *US Infrastructure*, October.
- Russo, Rosaria de F. S. M., și Roberto Camanho. 2015. „Criteria in AHP: a Systematic Review of Literature.” *Computer Science* 55 1123-1132.
- Saaty, L. Thomas. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, Thomas L., și Luis G. Vargas. 2007. „Dispersion of group judgments.” *Mathematical and Computer Modelling*, Vol 46 918-925.
- . 2012. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. New York: Springer.
- Saberhagen, Nicolas van. 2013. *CryptoNote v 2.0*. 17 October.
- Sanchez, Luis, Luis Munoz, Jose Antonio Galache, Pablo Sotres, Juan. R Santana, Veronica Gutierrez, Rajiv Ramdhany, și alții. 2014. „SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed.” *Computer Networks*, Vol 61 217-238.
- Sandmo, Agnar. 2008. *Pigouvian taxes*. The New Palgrave Dictionary of Economics, 2nd Edition.

- Scharfenberger, Paul. 2011. *'Normal' Accounting Rules Limit Utility Ownership of Renewable Energy Projects*. NREL.
- Schatter, Frank, Sascha Meng, Marcus Wiens, și Frank Schultmann. 2014. „A multi-stage scenario construction approach for critical infrastructure protection.” *Proceedings of the 11th International ISCRAM Conference*. Pennsylvania.
- Schmitz, Patrick W. 2001. „The Hold-Up Problem and Incomplete Contracts: A Survey of Recent Topics in Contract Theory.” *Bulletin of Economic Research*, Vol. 53, No. 1, January.
- Seth, Shobhit. 2019. *Is Bitcoin Banned in China?* Investopedia.
- Shannon, Claude Elwood. 1948. „A Mathematical Theory of Communication.” *Bell System Technical Journal* 623-656.
- Shatz, Howard J., Karin E. Kitchens, Sandra Rosenbloom, și Martin Wachs. 2011. „The Effects of Highway Infrastructuri on Economic Activity.” În *Highway Infrastructure and the Economy: Implications for Federal Polic*, 15-41. Rand Corporation.
- Shavell, Steven. 1979. „Risk sharing and incentives in the principal and agent relationship.” *Bell Journal of Economics* 10 (1): 55-73.
- Shein, Esther. 2019. *How Blockchain Changes the Nature of Trust*. The Linux Foundation.
- Shephers, Ben, și John Wilson. 2006. *Road Infrastructure in Europe and Central Asia: Does Network Quality Affect Trade?* Working Paper, Washington: World Bank Policy Research.
- Shiller, Robert J. 2005. „The Invention of Inflation-Indexed Bonds in Early America.” În *The Origins of Value: The Financial Innovations that Created Modern Capital Markets*, editor William N. Goetzmann și Geert K Rouwenhorst. Oxford: Oxford University Press.
- Sichelschmidt, H. 1999. „The EU programme “trans-European networks”—a critical assessment.” *Transport Policy Volume 6, Issue 3* 169 - 181.
- Siller-Pagaza, Gabriela, German Otalora, și Elisa Cobas-Flores. 2006. *The Impact of Real Options in Agency Problem*. Article, pdfs.semanticscholar.org.
- Simon, Herbert. 1957. „A Behavioral Model of Rational Choice.” În *Models of Man, Social and Rational: Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting*. New York: Wiley.
- Simon, Herbert. 1991. „Bounded Rationality and Organizational Learning.” *Organization Science*. 2 (1) 125-134.
- Siraj, Sajid. 2011. *Preference elicitation from pairwise comparisons in multi-criteria decision making*. Dissertation, The University of Manchester.
- Skajaa, Anders, Kristian Edlund, și Juan M. Morales. 2015. „Intraday Trading of Wind Energy.” *IEEE Transactions on Power Systems* 30 (6): 3181-3189.
- Smith, Adam. 1776. *Wealth of Nations*. 1st. MetaLibri Digital Library.
- Smith, Vernon L. 1969. „Measuring Nonmonetary Utilities in Uncertain Choices: The Ellsberg Urn.” *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 83, No. 2 324-329.
- Snow, Paul, Brian Deery, Jack Lu, David Johnston, și Peter Kirby. 2014. *Factom - Business Processes Secured by Immutable Audit Trails on the Blockchain*. Accesat October 25, 2017. www.Factom.org.
- Solar Millennium AG. 2012. „German consortium holds inauguration ceremony for the Andasol 3 solar thermal power plant.” Granada.
- Spellman, Frank R. 2015. *Economics for Environmental Professionals*. CRC Press.
- Spence, Michael. 1973. „Job Market Signaling.” *Quarterly Journal of Economics* 87 (3): 355-374.
- Stephen, Richards, și Jones Gavin. 2004. *Financial aspects of longevity risk*. London: Staple Inn Actuarial Society.
- Stock, James H., și Mark W. Watson. 1999. „Forecasting inflation.” *Journal of Monetary Economics* 44 (2): 293-335.

- Su, Jeb. 2019. „Hackers Stole Over \$4 Billion From Crypto Crimes In 2019 So Far, Up From \$1.7 Billion In All Of 2018.” *Forbes.com*. 15 09. Accesat 11 4, 2019. <https://www.forbes.com/sites/jeanbaptiste/2019/08/15/hackers-stole-over-4-billion-from-crypto-crimes-in-2019-so-far-up-from-1-7-billion-in-all-of-2018/?sh=6933abd755f5>.
- Sudhakar, Raju. 2012. „Delta Gamma Hedging and the Black-Scholes Partial Differential Equation (PDE).” *JOURNAL OF ECONOMICS AND FINANCE EDUCATION* 51 - 62.
- Sundaresan, Suresh. 2009. *Fixed Income Markets and Their Derivatives*. San Diego: Academic Press.
- Symantec Corporation. 2011. „Comparing Cost of Ownership: Symantec Managed PKI Service vs. OnPremise Software.” White Paper.
- Szabo, Nick. 1996. „Smart Contracts : Building Blocks for Digital Markets.”
- Taleb, Nassim Nicholas. 2012. *Antifragile: Things That Gain from Disorder*. Penguin Random House LLC. (.
- Tanner, John C. 2001. *2000 meters under the sea*. 1 June.
- The World Bank. 2011. *The Changing wealth of nations - Measuring Sustainable Development in the New Millenium*. Washington DC.
- TheOptionsGuide. 2017. *TheOptionsGuide*. Accesat 08 09, 2018. <https://www.theoptionsguide.com/option-trading-strategies.aspx#>.
- Timilsina, Govinda R., Lado Kurdgelashvili, și Patrick A. Narbel. 2012. „Solar energy: Markets, economics and policies.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (1): 449-465.
- Tomashevskii, Igor L. 2014. *Geometric mean method for judgement matrices: Formulas for errors*. Curs matematica, Cornell University.
- Touvila, Alicia, și Gordon Scott. 2020. „Relative Valuation Model.” 21 May. Accesat 07 22, 2020. <https://www.investopedia.com/terms/r/relative-valuation-model.asp>.
- Triantaphyllou, Evangelos, și H. Stuart Mann. 1989. „An examination of the Effectiveness of Multi-Dimensional Decision-Making Methods: A Decision-Making Paradox.” *International Journal of Decision Support Systems*, No. 5 303-312.
- Trigeorgis, Lenos. 1996. *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. London: MIT Press.
- Tscharntke, Teja, Yann Clough, Thomas C. Wanger, Louise Jackson, Iris Motzke, Ivette Perfecto, John Vandermeer, și Anthony Whitbreadg. 2012. „Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification.” *Biological Conservation* 151 (1): 53-59.
- Turoff, Murray, Linda Plotnick, Victor A. Lanuls, și Starr Roxanne Hiltz. 2014. „Development of a Dynamic Scenario Model for the Interaction of Critical Infrastructures.” *Proceedings of the 11th International ISCRAM Conference*. Pennsylvania.
- Twidell, John, și Tony Weir. 2015. *Renewable Energy Sources*. 3rd. Routledge.
- U.S. Energy Information Administration. 2019. *Annual Energy Review*. U.S. Energy Information Administration. Accesat 05 28, 2020. <https://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/>.
- UK Department for Business Enterprise and Regulatory Reform. 2007. „Dynamic Demand: Government Response to Clause 18 of the Climate Change and Sustainable Energy Act.” London.
- UNDP. 2010. „Human Development Report 2010: The Real Wealth of Nations - Pathways to Human Development.” New York. <http://hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2010>.
- Uniunea Europeană. 2018. „Taxes can tackle pollution.” <https://europa.eu/>. 11 Martie. Accesat 05 18, 2019. https://europa.eu/taxedu/news/taxes-can-tackle-pollution_de.
- Upadhyaya, Rhyme, și Aruna Jain. 2016. „Cyber ethics and cyber crime: A deep dwelved study into legality, ransomware, underground web and bitcoin wallet.” *International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*. Noida, India: IEEE.
- US Department of Homeland Security. 2007. „Banking and Finance.” Policy paper.

- US Department of Homeland Security. 2018. „Cybersecurity Strategy.” Washington.
- US Department of Homeland Security. 2010. „Energy Sector Specifica Plan.” Policy, Washinton.
- US Department of Homeland Security. 2010. „Food and Agriculture Sector - Specific PLaN.” Policy.
- US Department of Homeland Security. 2010. „Transportation Systems Sector-Specific Plan.” Policy.
- US Department of Homeland Security. 2010. „Water Sector-Specific Plan.” Policy.
- US Energy Information Administration. 2014. *About U.S. Natural Gas Pipelines*. Accesat 08 06, 2014. https://www.eia.gov/naturalgas/archive/analysis_publications/ngpipeline/develop.html.
- US Environmental Protection Agency. 1990. *Technologies for upgrading existing or designing new drinking water treatment facilities*. Cincinnati.
- Utnea, I. B., P. Hokstadb, G. Kjølle, J. Vatn, I. A. Tøndel, D. Bertelsen, H. Fridheim, și J. Røstum. fără an. *Risk and Vulnerability Analysis of Critical Infrastructures The DECRIS Approach*.
- Vaez-Ghaemi, Reza. 2010. *Next Generation Packet-Based Transport Networks*. White Paper, JDSU.
- van Beers, Cees, și Andre de Moor. 2001. *Public Subsidies and Policy Failures*. Edward Elgar Publishing.
- van der Brugge, Rutger, Jan Rotmans, și Derk Loorbach. 2005. „The transition in Dutch water management.” *Regional Environmental Change* 5: 164-176.
- Velasquez, Mark, și Patrick T. Hester. 2013. „An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods.” *International Journal of Operations Research Vol. 10, No. 2* 56-66.
- Vigna, Paul, și Michael J. Casey. 2016. *The Age of Cryptocurrency: How Bitcoin and the Blockchain Are Challenging the Global Economic Order*. 1. St. Martin's.
- Vogelsteller, Fabian, și Vitalik Buterin. 2015. „EIP 20: ERC-20 Token Standard.” *Ethereum.org*. 19 11. Accesat 08 20, 2018. <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-20>.
- Voick, David, și Luke Champine. 2014. *Storage, Sia: Simple Decentralized*. sia.tech.
- von Mises, Ludwig. 1953. *The Theory of Money and Credit*. Yale University Press.
- von Solms, Rossouw, și Johanvan Niekerk. 2013. „From information security to cyber security.” *Computers & Security* 38: 97-102.
- Von Spiegel Staff. 2008. „Economic Crisis Mounts in Germany.” *Von Spiegel*, 04 11.
- von Stackelberg, Heinrich Freiherr. 1934. *Structura Pieței și Echilibru” (Marktform und Gleichgewicht)*.
- Walawalkara, Rahul, Jay Apt, și Rick Mancini. 2007. *Economics of electric energy storage for energy arbitrage and regulation in New York*. Working paper, Pittsburgh: Carnegie Mellon Electricity Industry Center.
- Weeda, Marcel. 2012. „Hydrogen: missing link for a sustainable energy system.” *Energy Storage 2012*. ECN Policy Studies.
- Williamson, Oliver E. 1978. „Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations.” *Journal of Law and Economics, Vol. 22, No. 2*.
- Winkler, Norbert. 1998. *Environmentally sound forest infrastructure development and harvesting in Bhutan*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Accesat August 2014.
- Wüst, Karl, și Arthur Gervais. 2018. „Do you Need a Blockchain?” *2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*. Zug, Switzerland: IEEE.
- Xiong, Hang, Tobias Dalhaus, Puqing Wang, și Jiajin Huang. 2020. „Blockchain Technology for Agriculture: Applications and Rationale.” *Blockchain* 3 (7).
- Yang, Chi-Jen. 2012. *Pumped Hydroelectric Storage*. Research Paper, Wayback Machine Duke University.
- YanJun, Li. 2013. *Directed acyclic graph*. CISC .
- Yusta, Jose M., Gabriel J. Correa, și Roberto Lacal -Arántegui. 2011. „Methodologies and applications for critical infrastructure protection: State-of-the-art.” *Energy Policy, Vol 39, Edition 10*.

- Zeilinger, Martin. 2018. „Digital Art as ‘Monetised Graphics’: Enforcing Intellectual Property on the Blockchain.” *Philosophy & Technology* 31: 15-41.
- Zerbe, Richard O. Jr. 2001. *Economic Efficiency in Law and Economics*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Zhang, Tianyang, Himanshu Pota, Chi-Cheng Chu, și Rajit Gadh. 2018. „Real-time renewable energy incentive system for electric vehicles using prioritization and cryptocurrency.” *Applied Energy* 226: 582-594.
- Zhou, Lidong, și Z.j. Haas. 1999. „Securing ad hoc networks.” *IEEE Network* 13 (6): 24-30.
- Zulean, Marian, și Gabriela Prelipcean. 2013. „Emergency preparedness in Romania: Dynamics, shortcomings and policy proposals.” *Technological Forecasting and Social Change* 1714-1724.
- Zurich Insurance Company Ltd. 2014. *Beyond data breaches: global interconnections of cyber risk*. Atlantic Council of the United States.