

## RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL

Prezentul raport sintetizează activitatea de cercetare desfășurată în cadrul proiectului intitulat „O nouă abordare în testarea eficienței predictive superioare a modelelor de prognoză” (NEWSPE), cod depunere PN-III-P1-1.1-PD-2019-0016, ce a fost finanțat în cadrul call-ului PN-III-P1-1.1-PD-2019 - Proiecte de cercetare postdoctorală (PD). Proiectul a fost implementat în perioada 01 septembrie 2020 – 31 august 2022. Raportul este împărțit în trei secțiuni. În prima secțiune voi prezenta obiectivele prevăzute în contractul de finanțare și gradul lor de realizare. În a doua secțiune voi detalia rezultatele obținute, după care voi analiza indicatorii de rezultat realizați în comparație cu cei asumați prin contractul de finanțare. În a treia secțiune voi argumenta impactul estimat al rezultatelor obținute, cu scoaterea în evidență a celui mai semnificativ dintre acestea. Menționez că link-ul către pagina web a proiectului este <https://dan-anghel.com/pn-iii-p1-1-1-pd-2019-0016/>, acolo fiind publicat un text prin care sunt prezentate succint și pe înțelesul publicului rezultatele obținute.

### 1. Obiective prevăzute și realizate

În aplicația depusă la competiția "Proiecte de cercetare postdoctorală" - PD 2019, proiectul și-a propus să dezvolte, să evalueze și să aplice o nouă metodologie econometrică de testare (un nou test) a performanței modelelor de prognoză, care ar trebui să rezolve problemele cu care se confruntă cercetătorii și factorii de decizie atunci când folosesc abordările (metodologiile, testele) existente. De principiu, noua metodologie urmărea să identifice și să rezolve limitările identificate în testele statistice ce au fost dezvoltate până în acel moment. Obiectivele specifice menționate sunt enumerate mai jos, iar descrierea fiecărui obiectiv este urmată de comentarii cu privire la realizarea acestuia în perioada de implementare a proiectului.

**01.** *Analiza aprofundată a cadrelor de testare existente care evaluează acuratețea predictivă a modelelor de prognoză, cu scopul de a documenta în detaliu punctele forte și punctele slabe ale acestora.*

**Realizare 01.** Acest obiectiv a fost realizat în totalitate. Rezultatele cercetării, care vor fi prezentate în detaliu în a doua secțiune, au arătat că abordările existente au patru limitări punctuale atunci când sunt aplicate pentru a studia întrebări de cercetare curente în domeniul economic și, în particular, în domeniul prognozei prețurilor activelor financiare. Acestea sunt: (i) incapacitatea de a controla pentru eforturi ascunse de "scormonire a datelor" (termenul de "scormonire a datelor" este definit în secțiunea 2.1); (ii) eficiența computațională scăzută atunci când numărul de modele de predicție folosite în testare este foarte mare, (iii) incapacitatea de a controla pentru practicile de testare greșite ale cercetătorilor empirici, cum ar fi, de exemplu, neglijarea fricțiunilor de piață și (iv) obținerea de rezultate eronate atunci când testele se efectuează pe eşantioane de date aferente unor procese stocastice cu drift (cum ar fi, de exemplu, teste efectuate în perioade cu trenduri pronunțate ale prețurilor activelor financiare).

**02.** *Dezvoltarea a cel puțin două metodologii alternative de testare, care să rezolve limitările identificate ale abordărilor existente. Ideea de dezvoltare a mai multor metodologii alternative urmărea un scop dublu. Pe de-o parte, se urmărea să se țină seama de particularitățile diferitelor*

*domenii din economie, care pot ajunge să influențeze alegerea celui mai bun cadru de testare. Pe de altă parte, se urmărea să se minimizeze riscurile asociate cu succesul științific al proiectului. De menționat că un al treilea scop, ce nu a fost menționat în aplicație dar care a ieșit la iveală pe parcursul perioadei de implementare, a fost de a propune soluții la probleme independente identificate în abordările existente, întrucât o singură soluție nu a putut rezolva în același timp toate limitările scoase la iveală.*

**Realizare O2.** Și acest obiectiv a fost realizat în totalitate. Mai precis, în cadrul proiectului am dezvoltat patru metodologii alternative de testare statistică a modelelor de prognoză. Pentru a economisi spațiu și timp, voi descrie în detaliu cele mai relevante două dintre acestea în secțiunea de rezultate, în timp ce evaluatorul interesat poate consulta publicațiile raportate în cadrul proiectului pentru detalii cu privire la celelalte.

*O3. Evaluarea noilor cadre de testare propuse din punct de vedere al proprietăților statistice și practice, printre care se pot menționa eficiența computațională, abilitatea de a rezolva limitările identificate anterior și aplicabilitatea empirică în diferite condiții de testare. În plus, compararea performanțelor era menită să ducă la selectarea unui cadru de testare unic, acela care oferea cele mai bune caracteristici din prisma obiectivelor urmărite.*

**Realizare O3.** Și acest obiectiv a fost realizat în totalitate, în sensul că toate cadrele de testare dezvoltate au fost evaluate din punct de vedere statistic (frecvența erorilor de testare) și practic (eficiența computațională). Totuși, de menționat că în final nu s-a putut alege un singur cadru de testare optim, care să rezolve toate limitările identificate anterior. În schimb, întrucât o singură soluție nu a putut rezolva toate limitările în același timp, s-a ajuns la rafinarea a două astfel de cadre. Așa cum am menționat anterior, obiectivul secundar de evidențiere a unei singuri abordări de testare, una cu caracteristici universale, a fost infirmat de natura teoretică a problemelor descoperite în urma cercetării desfășurate.

*O4. Analiza și compararea noului cadru în raport cu cele existente, cu scopul de a aprecia dacă acesta este într-adevăr capabil să depășească limitările identificate și este o alternativă viabilă la metodele existente.*

**Realizare O4.** Acest obiectiv a fost realizat în totalitate, însă pe cele două metodologii noi de testare dezvoltate, nu doar pe una. Mai precis, pe parcursul activității de cercetare am comparat performanțele celor două nou metodologii de testare cu metodele existente și am validat capacitatea lor de a depăși limitările semnalate anterior.

*O5. Aplicarea noului cadru de testare în aplicații empirice, folosind modele de prognoză din arii teoretice importante în domeniul economic, cu scopul de a demonstra aplicabilitatea noii abordări, dar și de a avansa cunoștințele științifice pe teme de cercetare specifice.*

**Realizare O5.** Chiar dacă nu am putut implementa un nou cadru de testare pentru analiza empirică a tuturor întrebărilor de cercetare pe care le-am urmărit la momentul depunerii aplicației, totuși apreciez că am realizat acest obiectiv. Mai precis, inițial propuneam atât analiza modelelor de prognoză ale variabilelor macroeconomice (cum ar fi PIB-ul, inflația, șomajul și ratele de dobândă; acestea fiind utilizate de autoritățile guvernamentale din întreaga lume pentru a lua decizii importante de politică monetară și fiscală), cât și analiza modelelor de prognoză ale prețurilor

activelor financiare (care sunt utilizate de investitori, brokeri, bănci, autorități de reglementare financiară, etc. pentru a lua decizii de investire și/sau operaționale). Totuși, în final am decis să mă concentrez doar pe a doua categorie de variabile, respectiv pe modele de prognoză utilizate de către investitori în piețele financiare. Argumentul esențial ce a dus la această abordare a fost că noile teste dezvoltate au avantajul principal că pot rezolva limitările existente atunci când numărul de modele de prognoză este foarte mare, iar această situație o întâlnim foarte des și este mai problematică în cazul temelor de cercetare axate pe piețele financiare și mai puțin în literatura ce analizează variabile macroeconomice. Astfel, avantajul comparativ al noilor cadre de testare dezvoltate ca urmare a implementării acestui proiect este limitată în analiza macroeconomică. Chiar și așa, apreciez că obiectivul specificat în aplicație a fost îndeplinit în totalitate, întrucât urmărirea validării noilor abordări de testare pe aplicații empirice concrete și relevante, acest lucru fiind realizat.

## **2. Rezultate obținute**

În cele ce urmează voi prezenta cele mai relevante rezultate obținute pe parcursul perioadei de implementare a proiectului și voi discuta îndeplinirea indicatorilor de rezultat asumați prin contractul de finanțare. Pentru a sistematiza discuția, am împărțit prezentarea în trei subsecțiuni distincte. În subsecțiunea 2.1 voi prezenta principalele rezultate aferente obiectivului O1, respectiv rezultatele cu ajutorul cărora am identificat principalele limitări ale metodelor de testare existente. Rezultatele obținute au dus la scrierea și publicarea a două articole științifice în reviste ISI de top (cotate Q2 sau mai sus) în domeniile "Business, Finance" și "Economics". În subsecțiunea 2.2 voi prezenta principalele rezultate aferente celorlalte obiective. Mai precis, am sintetizat cadrul general pentru noile metode de testare dezvoltate și am discutat pe principalele rezultate obținute la evaluarea statistică (teoretică) a acestora. Rezultatele obținute au dus la scrierea a altor două articole științifice, dintre care unul a fost trimis (dar apoi retras, din motive ce vor fi discutate în secțiunea 2.3) spre publicare la un jurnal ISI cotate Q1, iar unul este încă în lucru. În subsecțiunea 2.3, voi sumariza activitatea de diseminare a rezultatelor prin participarea la conferințe și scrierea de articole științifice. De asemenea, voi discuta gradul de realizare a indicatorilor de rezultat prin compararea cu obiectivele asumate în cadrul contractului de finanțare.

### **2.1. Limitări ale metodologiilor de testare existente**

O problemă foarte importantă dezbătută în cadrul comunității științifice în ultimii ani a fost efectul practicii de *scormonire a datelor* asupra rezilienței rezultatelor științifice. *Scormonirea datelor* poate fi definită ca practica cercetătorilor empirici de a căuta modele de predicție mai bune pe același eșantion de date, cu riscul de a găsi modele norocoase, supraoptimizate, ce au o abilitate de predicție superioară în eșantionul de date folosit, însă ce nu au o abilitate de predicție semnificativă statistic și economic în populație. Cum numărul de modele de predicție analizate de către cercetători este foarte mare și în continuă creștere, se pune problema analizării impactului pe care această practică o are asupra rezultatelor raportate și asupra concluziilor exprimate în literatura economică și financiară. În plus, cum numărul de modele ce au fost testate și raportate public este foarte probabil mult mai mic decât numărul real de strategii analizate, însă neraportate, se pune problema analizării impactului suplimentar al practicii ascunse de scormonire a datelor. În definitiv, atunci când evaluăm relevanța economică a modelelor de predicție ne interesează ca testele statistice pe care le efectuăm să furnizeze rezultate nedepășite, ce reprezintă corect abilitatea modelelor de a anticipa mișcările viitoare ale variabilei economice analizate. Din motivele expuse anterior, activitatea mea de

cercetare s-a concentrat pe analiza modelelor de predicție a prețurilor activelor financiare și pe strategiile de tranzacționare ce pot fi definite pe seama acestora. Astfel, întrebarea de cercetare pe care mi-am pus-o a fost: Ce impact are practica scormonirii datelor asupra rezultatelor testele existente ce privesc analiza performanței economice a strategiilor de tranzacționare? Menționez totuși că rezultatele prezentate mai jos nu depind de tipul de model ales, ele fiind general aplicabile pentru orice altă întrebare de cercetare din domeniul economic (și nu numai) unde practica de scormonire a datelor are o amploare semnificativă.

În cele ce urmează voi prezenta principalele trei probleme identificate, care arată cum practica scormonirii datelor introduce erori în testele statistice existente, respectiv: (1) subreprezentarea universului de strategii, (2) omiterea fricțiunilor de piață și (3) efectuarea de teste statistice pe eșantioane cu trenduri de preț semnificative. Aceste probleme au fost analizate în două articole publicate în jurnale științifice și într-un articol în lucru ce încă nu a fost publicat dar a fost prezentat la mai multe conferințe științifice. La aceste probleme se poate adăua și (4) ineficiența computațională atunci când numărul de modele de predicție folosit în teste este foarte mare. Mai precis, cum metodologiile existente de testare se bazează pe simularea bootstrap pentru a constui intervale de încredere pentru statistica testului, acestea devin foarte ineficiente computațional atunci când numărul de modele este mare. Cum această problemă este evidentă, precum și pentru că este strâns legată de prima problemă enumerată mai sus, nu o voi prezenta în detaliu în cadrul acestui raport.

#### *2.1.1. Problema subreprezentării universului de strategii*

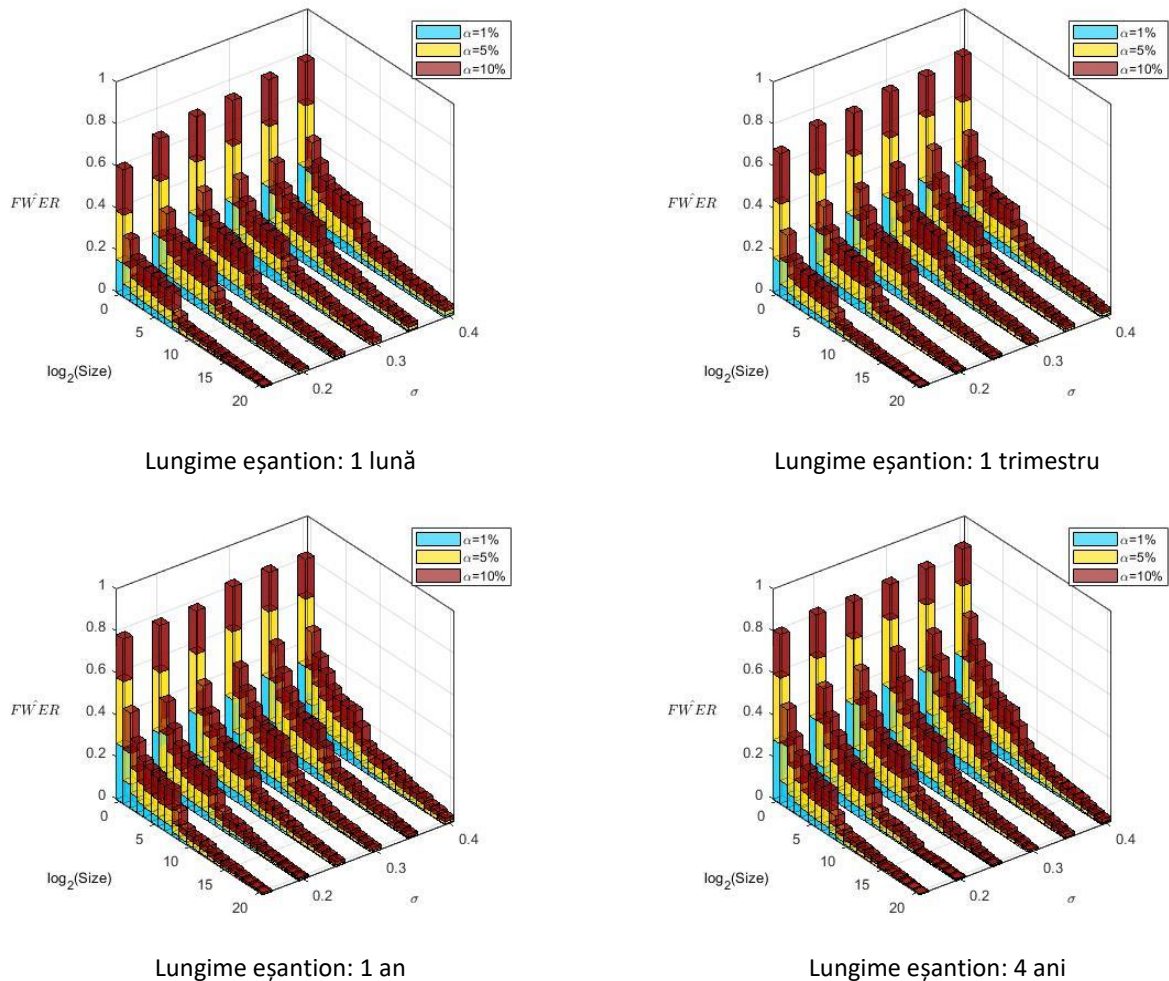
În articolul *Anghel, D. G. (2021). Data snooping bias in tests of the relative performance of multiple forecasting models. Journal of Banking & Finance, 126, 106113*, mi-am propus să analizez modul în care alegerea unui set nereprezentativ de modele de predicție, adică a unui set care nu ține cont de toate eforturile de scormonire a datelor a practicienilor și a altor cercetători, introduce erori în rezultatele testelor statistice care evaluează performanța de predicție. Studiul s-a bazat în principal pe modele de predicție derivate din analiza tehnică, respectiv pe strategii de tranzacționare ce sunt foarte populare printre investitori și printre cercetătorii empirici ce au studiat comportamentul piețelor financiare. Mai concret, analiza și-a propus să estimeze rata erorilor de tip I a testelor statistice atunci când sunt confruntate cu o implementare empirică defectuoasă, dată de subreprezentarea universului de strategii. Analiza s-a concentrat pe testul Reality Check, RC (White, 2000), care este cel vechi și cel mai des folosit în literatura empirică. Pentru comparație, au mai fost evaluate și testele Bonferroni, Superior Predictive Ability-SPA (Hansen, 2005), Bootstrap-Bonferroni-BB (Romano și Wolf, 2018) și Positive False Discovery Rate-pFDR (Storey, 2003).

Testele multiple enunțate mai sus au fost concepute pentru a evalua performanța relativă a strategiilor de tranzacționare (mai general, a modelelor de predicție), controlând pentru efectele negative ale scormonirii datelor. Cu toate acestea, pentru ca acest lucru să se întâmple, au nevoie ca universul de strategii folosit să fie unul reprezentativ pentru eforturile de scormonire a datelor depuse în analiza problemei studiate. Cu alte cuvinte, aceste teste pun implicit ipoteza că universul folosit în testare este reprezentativ pentru toate eforturile de scormonire a datelor. Ca urmare, orice încălcare a acestei ipoteze va duce la rezultate deplasate, respectiv la Erori de tip I în exces față de nivelurile de încredere teoretice, care în literatură sunt denumite "descoperiri false" (en. "false discoveries").

Pentru a studia efectele subreprezentării universului de strategii, am construit și am efectuat un experiment Monte Carlo extins prin intermediul căruia am investigat în mod explicit dacă

restricționarea dimensiunii sau diversității unui univers de strategii duce la un număr de descoperiri false în exces față de limitele teoretice. Simularea a estimat rata de eroare apărută în testele care sunt efectuate pe universuri de strategii de dimensiuni variabile, dar care conțin cel puțin o strategie „norocoasă”, respectiv o strategie ce nu are o putere de predicție în populație și a fost derivată dintr-un univers mult mai mare. Astfel, eroarea generată de subreprezentarea universului de strategii a putut fi măsurată prin diferența ratelor de eroare dintre testele care folosesc universuri mici, restrânse, și testele care folosesc universul real, corect.

Grafic 1. Frecvența erorilor de tip I estimate pentru testul Reality Check (White, 2000)



Sursă: Anghel, D. G. (2021). *Data snooping bias in tests of the relative performance of multiple forecasting models*. *Journal of Banking & Finance*, 126, 106113.

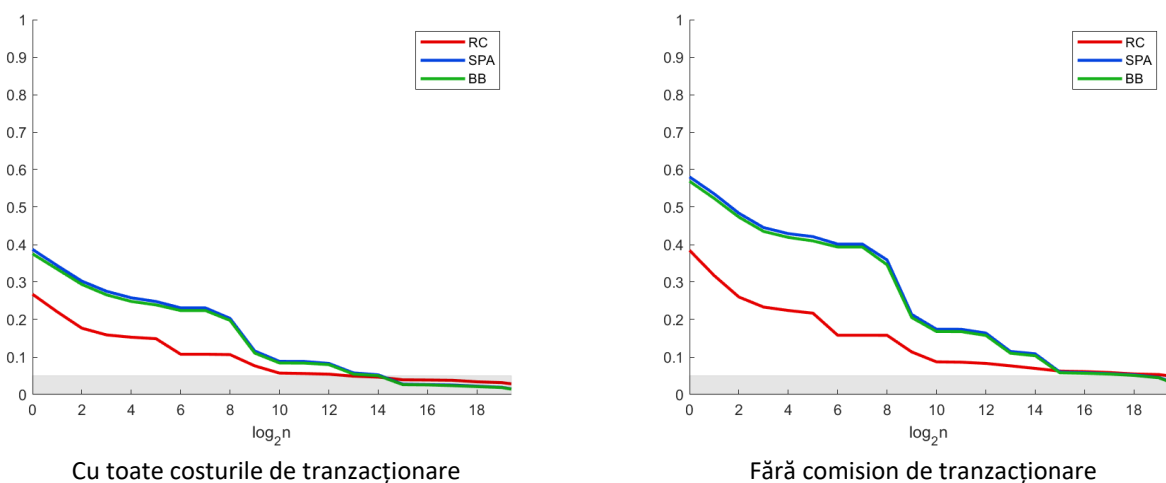
Rezultatele exercițiului de simulare sunt raportate în Graficul 1 pentru testul RC, celelalte rezultate putând fi consultate în articolul original. În general, rezultatele arată în primul rând că utilizarea universurilor nereprezentative duce la rezultate care supraevaluează mult capacitatea strategiilor de tranzacționare (și mai general, a modelelor de predicție) de a obține randamente anormale (performanțe de predicție superioare), respectiv duc la descoperiri false mult peste valorile teoretice considerate (de 10%, 5% sau 1%). Erorile în exces sunt semnificative chiar și atunci când folosim testul (strict) Bonferroni, în timp ce sunt mult mai pronunțate în cazul metodelor de testare moderne, respectiv a testelor RC, SPA, BB și pFDR. Foarte important, se mai poate observa că mărirea

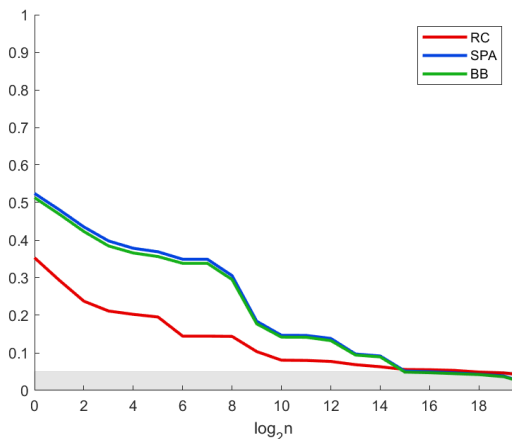
lungimii eşantioanelor de date nu ajută semnificativ la controlul erorilor generate de subreprezentarea universului de strategii. În plus, o volatilitate mai mare duce la creşterea semnificativă a erorilor cauzate de această practică în testele Bonferroni, RC şi pFDR, dar mai puţin în testele SPA şi BB. Acest ultim rezultat implică faptul că standardizarea măsurii de performanţă a strategiilor de tranzacţionare poate diminua numărul descoperirilor false apărute ca efect combinat al scormonirii datelor şi subreprezentării universului de strategii de tranzacţionare. Cu toate acestea, standardizarea nu elimină erorile de testare, ceea ce înseamnă că această ajustare nu este suficientă. În definitiv, rezultatele obţinute în toate testele efectuate implică faptul că o nouă metodologie de testare este necesară pentru a comntrola impactului negativ al subreprezentării universului de modele de predicţie ca urmare a practicii de scormonire a datelor.

### 2.1.2. Omiterea fricţiunilor de piaţă

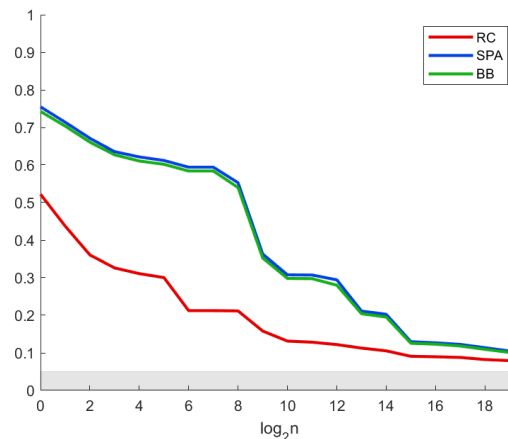
În articolul *Anghel, D. G. (2022). No pain, no gain: You should always incorporate trading costs for a bias-free evaluation of trading rule overperformance. Economics Letters, 216, 110584*, mi-am propus să analizez modul în care omiterea fricţiunilor de piaţă, adică a oricăror situaţii de fapt ce pot limita acţiunile potenţiale ale participanţilor la piaţă, în contextul practicii de scormonire a datelor, introduce erori suplimentare în rezultatele testelor statistice care evaluează performanţa modelelor de predicţie. Mai precis, activitatea de cercetare a continuat demersul prezentat în subsecţiunea 2.1.1, bazându-se pe acelaşi set de strategii de tranzacţionare derivate din analiza tehnică şi pe o simulare Monte Carlo similară în care s-au folosit seturi de date generate aleator. Diferenţa în acest caz a fost că au fost efectuate mai multe runde de testare, în fiecare rundă fiind considerate sau nu posibile fricţiuni de piaţă ce ar putea limita capacitatea strategiilor de tranzacţionare de a obţine profituri anormale. Fricţiunile considerate au fost: (i) comisioanele de tranzacţionare percepute de către intermediarii financiari (brokerei), (ii) spread-ul bid-ask, ce reprezintă un cost de lichiditate indirect, încasat de către furnizorii de lichiditate şi plătit de către participanţii ce tranzacţionează activ în piaţă şi (iii) restricţii explicite sau implicite ale tranzacţiilor de vânzare în lipsă (short).

Grafic 2. Frecvenţa erorilor de tip I estimate pentru testele RC, SPA şi BB





Fără spread bid-ask



Fără costuri de tranzacționare

Sursă: Anghel, D. G. (2022). *No pain, no gain: You should always incorporate trading costs for a bias-free evaluation of trading rule overperformance. Economics Letters, 216, 110584.*

Tabel 1. Frecvența erorilor suplimentare de tip I, față de nivelul de referință de 5%

Comision tranzacționare	Spread bid-ask	Vânzare în lipsă	Test statistic		
			RC	SPA	BB
NU	NU	NU	4.53	7.62	7.05
NU	NU	DA	2.23	3.95	3.65
NU	DA	NU	-1.70	0.82	0.53
NU	DA	DA	0.02	-1.30	-1.48
DA	NU	NU	-2.15	0.03	-0.17
DA	NU	DA	-0.63	-1.98	-2.07
DA	DA	NU	-3.98	-2.63	-2.73
DA	DA	DA	-2.15	-3.48	-3.55

Sursă: Anghel, D. G. (2022). *No pain, no gain: You should always incorporate trading costs for a bias-free evaluation of trading rule overperformance. Economics Letters, 216, 110584.*

Cum în toate piețele financiare reale există fricțiuni care limitează potențialul de profit al oricărei strategii active de tranzacționare, se pune problema analizei cazului în care cercetătorii omit intenționat sau din neglijență aceste fricțiuni. Întrebarea de cercetare punctuală este dacă testele statistice multiple folosite de către cercetători pentru a controla impactul negativ al scormonirii datelor sunt robuste la efectul combinat al scormonirii datelor și a unor practici de testare eronate, respectiv la omiterea fricțiunilor de piață.

Rezultatele studiului sunt prezentate mai întâi în Graficul 2. Acestea arată că rezultatele testelor sunt distorsionate, respectiv că erorile de testare sunt mult mai mari decât limita teoretică de 5%, atunci când eforturile de scormonire a datelor nu sunt în totalitate luate în considerare (atunci când universurile de strategii de tranzacționare sunt subestimate), indiferent de condițiile de testare și, în particular, indiferent de considerarea sau nu a impactului fricțiunilor de piață. Astfel, acest al doilea articol susține concluziile exprimate în primul, însă le generalizează (le extinde) pentru toate condițiile de testare posibile. Cu toate acestea, interesul principal constă în robustețea testelor efectuate folosind universuri corect specificate dar care omit fricțiunile de piață. Acestea sunt vizibile dacă ne uităm la cele mai din dreapta puncte ale Graficului 1, acestea fiind detaliate în Tabelul 1.

Mai precis, Tabelul 1 raportează distorsiunile erorilor de tip I estimate atunci când condițiile de testare variază. Distorsiunile sunt calculate scăzând limita teoretică de 5% din frecvența erorilor estimate în fiecare rundă de testare. Am efectuat simulări și am prezentat rezultate pentru toate cele 8 combinații posibile de condiții de testare. Sumarizând, rezultatele arată că toate testele statistice considerate prezintă distorsiuni atunci când costurile de tranzacționare sunt omise în totalitate. În plus, și mai important din punct de vedere practic, distorsiunile pot fi observate și atunci când doar una dintre cele două componente ale costului lipsește. Pe de-o parte, testele bazate pe o statistică standardizată (testele SPA și BB) resping în exces o ipoteză nulă adevărată atunci când tranzacțiile de vânzare în lipsă sunt permise și cercetătorii nu consideră fie comisioanele de tranzacționare, fie costurile de lichiditate. Pe de altă parte, testele bazate pe o statistică simplă, nestandardizată, (testul RC) resping în exces o ipoteză nulă adevărată atunci când tranzacțiile de vânzare în lipsă sunt restricționate și comisioanele de tranzacție sunt ignorate. În general, observăm pentru fiecare metodologie de testare existentă cel puțin un caz de neglijență în care erorile de estimare depășesc limitele acceptate. Concluzia generală este că cercetătorii empirici trebuie să documenteze precis și să considere toate fricțiunile existente în piețele reale atunci când evaluează performanța strategiilor de tranzacționare și, mai general, abilitatea economică a modelelor de predicție.

### *2.1.3. Efectuarea de teste statistice pe eșantioane cu trenduri semnificative*

În articolul *Lucky trading rules (nepublicat)* mi-am propus să extind analiza prezentată anterior, astfel încât să evaluez toate cazurile în care practica de scormonire a datelor introduce erori în rezultatele metodologiilor statistice de testare a performanțelor modelelor de predicție multiple. Mai precis, activitatea de cercetare a continuat demersul prezentat în secțiunile 2.1.1 și 2.1.2, bazându-se pe același set de strategii de tranzacționare și pe o simulare Monte Carlo similară în care s-au folosit seturi de date generate aleator. Diferența în acest caz a fost că am efectuate runde de testare suplimentare în care am analizat eșantioane de date cu proprietăți statistice (medie și varianță) diferite.

În plus, pentru a fundamenta cercetarea, am efectuat mai întâi o analiză teoretică a posibilelor surse de descoperiri false, în cadrul acesteia observând în special că valoarea așteptată a procesului de date studiat (prețul de piață) joacă un rol esențial. Mai precis, analiza a relevat faptul că performanța sistemelor de tranzacționare este o funcție ce depinde de această valoare așteptată, precum și de tendința medie a modelului de predicție de a anticipa direcția generală în care se mișcă. Prin construcție, sistemele de tranzacționare active vor prezice din când în când că prețul va scădea, ceea ce va duce în medie la performanțe mai bune atunci când prețul de piață are o tendință de scădere, respectiv când trendul este unul negativ, dar la performanțe mai slabe atunci când prețul de piață are o tendință de creștere, respectiv atunci când trendul este unul pozitiv. Cu toate acestea, în mod normal testele statistice existente ar trebui să poată diseca dacă o performanță crescută în perioade de scădere ale prețului este rezultatul hazardului sau nu.

Totuși, din cauza procesului de scormonire a datelor, acest lucru nu se întâmplă. Tabelul 2 sumarizează rezultatele obținute, ce constituie dovezi în acest sens. Cel mai interesant rezultat este că performanța statistică a testelor depinde de caracteristicile (nu de lungimea) setului de date considerat și, mai general, de caracteristicile (de trend și volatilitate) ale procesului generator de date. Mai precis, metodologiile de testare existente obțin erori de tip I în exces, mult peste pragurile teoretice acceptate (1%, 5% sau 10%), atunci când testele se efectuează pe eșantioane de date ce prezintă trenduri descrescătoare. Mai mult, aproape toate erorile sunt generate pe eșantioane de date ce prezintă trenduri descrescătoare, așa cum se poate observa în Panelul C.



Table 2. Methodological choices, sample properties, and false discoveries

	Comision broker	Da/Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	
	Spread bid-ask	Da/Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu	Nu	Nu	Nu	Da	Da	Da	
	Vânzare în lipsă	Da/Nu	Nu	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Da	
	Statistică standardizată	Da/Nu	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	
Număr de strategii de tranzacționare tstate	1	0.188	0.163	0.531	0.255	0.584	0.056	0.272	0.052	0.306	<b>0.043</b>	0.220	<b>0.033</b>	0.263	<b>0.015</b>	0.091	<b>0.006</b>	0.118
	2	0.149	0.093	0.464	0.163	0.519	<b>0.029</b>	0.225	<b>0.028</b>	0.258	<b>0.025</b>	0.181	<b>0.018</b>	0.215	<b>0.008</b>	0.068	<b>0.004</b>	0.086
	4	0.115	0.051	0.396	0.086	0.444	<b>0.014</b>	0.175	<b>0.010</b>	0.210	<b>0.011</b>	0.142	<b>0.008</b>	0.170	<b>0.003</b>	0.054	<b>0.001</b>	0.065
	8	0.093	<b>0.031</b>	0.350	<b>0.024</b>	0.398	<b>0.007</b>	0.148	<b>0.003</b>	0.173	<b>0.006</b>	0.116	<b>0.002</b>	0.140	<b>0.002</b>	<b>0.041</b>	<b>0.000</b>	0.054
	16	0.085	<b>0.023</b>	0.330	<b>0.012</b>	0.377	<b>0.005</b>	0.137	<b>0.000</b>	0.160	<b>0.005</b>	0.103	<b>0.001</b>	0.128	<b>0.001</b>	<b>0.035</b>	<b>0.000</b>	<b>0.048</b>
	32	0.083	<b>0.020</b>	0.321	<b>0.011</b>	0.369	<b>0.004</b>	0.133	<b>0.000</b>	0.156	<b>0.004</b>	0.099	<b>0.001</b>	0.123	<b>0.001</b>	<b>0.033</b>	<b>0.000</b>	<b>0.045</b>
	64	0.075	<b>0.000</b>	0.300	<b>0.006</b>	0.357	<b>0.000</b>	0.118	<b>0.000</b>	0.148	<b>0.000</b>	0.086	<b>0.000</b>	0.115	<b>0.000</b>	<b>0.028</b>	<b>0.000</b>	<b>0.042</b>
	128	0.075	<b>0.000</b>	0.300	<b>0.006</b>	0.357	<b>0.000</b>	0.118	<b>0.000</b>	0.148	<b>0.000</b>	0.086	<b>0.000</b>	0.115	<b>0.000</b>	<b>0.028</b>	<b>0.000</b>	<b>0.042</b>
	256	0.064	<b>0.000</b>	0.260	<b>0.005</b>	0.309	<b>0.000</b>	0.099	<b>0.000</b>	0.126	<b>0.000</b>	0.068	<b>0.000</b>	0.095	<b>0.000</b>	<b>0.022</b>	<b>0.000</b>	<b>0.035</b>
	512	<b>0.027</b>	<b>0.000</b>	0.115	<b>0.001</b>	0.146	<b>0.000</b>	<b>0.035</b>	<b>0.000</b>	0.051	<b>0.000</b>	<b>0.027</b>	<b>0.000</b>	<b>0.036</b>	<b>0.000</b>	<b>0.006</b>	<b>0.000</b>	<b>0.009</b>
	1024	<b>0.017</b>	<b>0.000</b>	0.071	<b>0.000</b>	0.103	<b>0.000</b>	<b>0.021</b>	<b>0.000</b>	<b>0.035</b>	<b>0.000</b>	<b>0.015</b>	<b>0.000</b>	<b>0.025</b>	<b>0.000</b>	<b>0.003</b>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>
	2048	<b>0.017</b>	<b>0.000</b>	0.070	<b>0.000</b>	0.103	<b>0.000</b>	<b>0.021</b>	<b>0.000</b>	<b>0.035</b>	<b>0.000</b>	<b>0.015</b>	<b>0.000</b>	<b>0.024</b>	<b>0.000</b>	<b>0.003</b>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>
	4096	<b>0.015</b>	<b>0.000</b>	0.064	<b>0.000</b>	0.094	<b>0.000</b>	<b>0.018</b>	<b>0.000</b>	<b>0.030</b>	<b>0.000</b>	<b>0.012</b>	<b>0.000</b>	<b>0.022</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>
	8192	<b>0.008</b>	<b>0.000</b>	<b>0.032</b>	<b>0.000</b>	0.053	<b>0.000</b>	<b>0.008</b>	<b>0.000</b>	<b>0.014</b>	<b>0.000</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.009</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>
	16384	<b>0.007</b>	<b>0.000</b>	<b>0.028</b>	<b>0.000</b>	<b>0.049</b>	<b>0.000</b>	<b>0.006</b>	<b>0.000</b>	<b>0.012</b>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>	<b>0.000</b>	<b>0.008</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>
	32768	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.009</b>	<b>0.000</b>	<b>0.014</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.003</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.003</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
	65536	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.008</b>	<b>0.000</b>	<b>0.014</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.003</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
131072	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.007</b>	<b>0.000</b>	<b>0.012</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.003</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	
262144	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.006</b>	<b>0.000</b>	<b>0.010</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	
524288	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>	<b>0.000</b>	<b>0.009</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	
688739	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.003</b>	<b>0.000</b>	<b>0.007</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	
Pctl. 90%	1.596	2.346	1.889	1.457	1.393	2.083	1.660	1.159	1.095	2.094	1.645	1.168	1.106	1.883	1.490	0.975	0.895	
Pctl. 95%	1.967	2.695	2.256	1.641	1.598	2.424	2.035	1.346	1.276	2.429	2.044	1.366	1.318	2.214	1.859	1.158	1.075	
Pctl. 99%	2.740	3.284	3.072	2.064	1.994	3.029	2.796	1.742	1.658	3.061	2.859	1.776	1.718	2.880	2.541	1.508	1.429	

Panel A. Rata descoperirilor false pe eșantioane de date cu trenduri crescătoare

Sursă: Anghel, D. G. (2022). Lucky trading rules. Articol nepublicat.

	Comision broker	Da/Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	
	Spread bid-ask	Da/Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu	Nu	Nu	Nu	Da	Da	Da	Da
	Vânzare în lipsă	Da/Nu	Nu	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Da	Da
	Statistică standardizată	Da/Nu	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da
Număr de strategii de tranzacționare tstate	1	0.767	0.872	0.973	0.940	0.986	0.705	0.882	0.711	0.917	0.655	0.821	0.631	0.865	0.514	0.676	0.411	0.711
	2	0.702	0.773	0.957	0.893	0.978	0.599	0.838	0.611	0.884	0.555	0.774	0.528	0.821	0.427	0.613	0.332	0.654
	4	0.634	0.663	0.939	0.813	0.961	0.500	0.784	0.509	0.838	0.458	0.721	0.437	0.775	0.346	0.545	0.256	0.597
	8	0.588	0.613	0.914	0.746	0.948	0.454	0.735	0.430	0.803	0.412	0.673	0.365	0.735	0.312	0.504	0.219	0.550
	16	0.566	0.591	0.905	0.714	0.940	0.437	0.714	0.394	0.782	0.395	0.647	0.333	0.711	0.300	0.475	0.198	0.525
	32	0.555	0.573	0.895	0.708	0.936	0.424	0.702	0.385	0.769	0.382	0.632	0.324	0.698	0.293	0.458	0.193	0.510
	64	0.508	0.419	0.881	0.665	0.930	0.312	0.678	0.338	0.752	0.285	0.606	0.287	0.679	0.212	0.429	0.160	0.488
	128	0.508	0.419	0.881	0.665	0.930	0.312	0.678	0.338	0.752	0.285	0.606	0.287	0.679	0.212	0.429	0.160	0.488
	256	0.479	0.418	0.838	0.657	0.889	0.312	0.612	0.331	0.699	0.284	0.537	0.280	0.625	0.210	0.380	0.155	0.442
	512	0.335	0.312	0.605	0.519	0.686	0.224	0.388	0.237	0.480	0.204	0.337	0.195	0.420	0.151	0.224	0.103	0.270
	1024	0.276	0.259	0.538	0.408	0.619	0.172	0.323	0.172	0.415	0.159	0.275	0.139	0.356	0.113	0.171	0.065	0.224
	2048	0.274	0.253	0.538	0.406	0.619	0.170	0.323	0.170	0.414	0.158	0.274	0.137	0.355	0.111	0.171	0.064	0.224
	4096	0.264	0.241	0.519	0.396	0.600	0.164	0.306	0.165	0.397	0.152	0.261	0.134	0.338	0.107	0.162	0.063	0.216
	8192	0.209	0.222	0.386	0.340	0.477	0.151	0.219	0.141	0.296	0.135	0.186	0.116	0.249	0.097	0.113	0.054	0.157
	16384	0.198	0.208	0.372	0.323	0.466	0.138	0.208	0.130	0.286	0.124	0.177	0.107	0.242	0.092	0.104	<b>0.047</b>	0.148
	32768	0.139	0.179	0.247	0.266	0.337	0.123	0.117	0.103	0.174	0.110	0.101	0.084	0.143	0.078	0.054	<b>0.035</b>	0.077
	65536	0.136	0.177	0.243	0.260	0.331	0.121	0.114	0.101	0.169	0.109	0.097	0.083	0.136	0.077	0.052	<b>0.034</b>	0.075
131072	0.131	0.173	0.235	0.251	0.320	0.116	0.109	0.097	0.161	0.105	0.092	0.081	0.133	0.075	<b>0.050</b>	<b>0.031</b>	0.069	
262144	0.121	0.162	0.219	0.229	0.298	0.108	0.103	0.084	0.148	0.096	0.084	0.072	0.125	0.067	<b>0.044</b>	<b>0.026</b>	0.064	
524288	0.112	0.157	0.203	0.221	0.277	0.105	0.090	0.078	0.135	0.092	0.076	0.068	0.115	0.063	<b>0.038</b>	<b>0.025</b>	0.055	
688739	0.097	0.143	0.173	0.188	0.242	0.099	0.073	0.065	0.113	0.086	0.060	0.056	0.098	0.056	<b>0.030</b>	<b>0.020</b>	<b>0.047</b>	
	Pctl. 90%	3.217	4.371	3.428	2.567	2.440	4.150	3.367	2.227	2.112	4.166	3.380	2.227	2.124	3.985	3.406	2.039	1.904
	Pctl. 95%	3.851	5.108	3.944	2.946	2.790	4.890	3.962	2.603	2.447	4.912	3.947	2.608	2.470	4.714	4.040	2.415	2.253
	Pctl. 99%	5.335	6.328	5.270	3.614	3.372	6.158	5.492	3.233	3.066	6.155	5.426	3.316	3.095	5.999	5.516	3.076	2.910

Panel B. Rata descoperirilor false pe eșantioane de date cu trenduri descrescătoare

Sursă: Anghel, D. G. (2022). Lucky trading rules. Articol nepublicat.

	Comision broker	Da/Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	Spread bid-ask	Da/Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu	Nu	Nu	Nu	Da	Da	Da	Da
	Vânzare în lipsă	Da/Nu	Nu	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Da	Da
	Statistică standardizată	Da/Nu	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da	Nu	Da
Număr de strategii de tranzacționare tstate	1	60.9%	68.8%	29.7%	57.7%	25.9%	85.4%	53.2%	86.4%	50.3%	87.8%	58.1%	90.1%	53.7%	94.4%	76.6%	97.3%	71.8%
	2	65.3%	78.8%	35.0%	69.3%	31.0%	91.0%	58.0%	91.2%	55.1%	91.6%	62.4%	93.6%	58.7%	96.2%	80.2%	97.6%	77.0%
	4	69.5%	86.0%	41.0%	81.1%	37.1%	94.5%	63.8%	96.3%	60.2%	95.2%	67.5%	96.3%	64.3%	98.1%	82.1%	99.2%	80.6%
	8	72.9%	90.4%	45.0%	93.8%	41.2%	97.0%	66.9%	98.8%	64.8%	97.3%	71.0%	98.9%	68.3%	98.9%	85.2%	99.7%	82.3%
	16	74.0%	92.5%	46.9%	96.7%	43.0%	97.6%	68.1%	100.0%	66.3%	97.7%	72.8%	99.6%	69.8%	99.1%	86.3%	100.0%	83.3%
	32	74.3%	93.3%	47.5%	96.8%	43.7%	98.0%	68.3%	100.0%	66.6%	98.1%	73.2%	99.6%	70.3%	99.3%	86.7%	100.0%	83.9%
	64	74.5%	100.0%	49.5%	98.3%	44.8%	100.0%	70.7%	100.0%	67.5%	100.0%	75.4%	100.0%	71.4%	100.0%	87.9%	100.0%	84.4%
	128	74.5%	100.0%	49.5%	98.3%	44.8%	100.0%	70.7%	100.0%	67.5%	100.0%	75.4%	100.0%	71.4%	100.0%	87.9%	100.0%	84.4%
	256	76.8%	100.0%	53.0%	98.4%	48.7%	100.0%	72.3%	100.0%	69.7%	100.0%	77.7%	100.0%	73.9%	100.0%	89.4%	100.0%	85.3%
	512	85.4%	100.0%	68.4%	99.7%	65.2%	100.0%	83.7%	100.0%	81.0%	100.0%	85.5%	100.0%	84.3%	100.0%	95.1%	100.0%	93.3%
	1024	88.3%	100.0%	76.9%	100.0%	71.7%	100.0%	88.0%	100.0%	84.5%	100.0%	89.6%	100.0%	87.2%	100.0%	96.2%	100.0%	96.2%
	2048	88.3%	100.0%	77.1%	100.0%	71.6%	100.0%	88.0%	100.0%	84.7%	100.0%	89.6%	100.0%	87.3%	100.0%	96.2%	100.0%	96.2%
	4096	89.1%	100.0%	78.2%	100.0%	73.1%	100.0%	89.1%	100.0%	85.9%	100.0%	91.0%	100.0%	88.1%	100.0%	97.6%	100.0%	96.4%
	8192	92.9%	100.0%	84.8%	100.0%	80.2%	100.0%	92.9%	100.0%	91.0%	100.0%	94.4%	100.0%	92.8%	100.0%	98.8%	100.0%	97.5%
	16384	93.3%	100.0%	86.0%	100.0%	81.3%	100.0%	94.1%	100.0%	91.7%	100.0%	95.2%	100.0%	93.3%	100.0%	99.4%	100.0%	97.3%
	32768	97.3%	100.0%	93.0%	100.0%	92.0%	100.0%	98.3%	100.0%	96.6%	100.0%	98.0%	100.0%	96.3%	100.0%	100.0%	100.0%	99.1%
	65536	97.4%	100.0%	93.9%	100.0%	92.1%	100.0%	98.3%	100.0%	96.9%	100.0%	98.0%	100.0%	96.6%	100.0%	100.0%	100.0%	99.1%
131072	97.6%	100.0%	94.2%	100.0%	92.6%	100.0%	98.2%	100.0%	96.7%	100.0%	98.6%	100.0%	97.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.0%	
262144	97.8%	100.0%	94.9%	100.0%	93.5%	100.0%	98.7%	100.0%	96.9%	100.0%	98.4%	100.0%	97.4%	100.0%	100.0%	100.0%	99.0%	
524288	97.9%	100.0%	95.8%	100.0%	93.5%	100.0%	98.5%	100.0%	96.6%	100.0%	99.1%	100.0%	97.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
688739	98.3%	100.0%	96.2%	100.0%	94.4%	100.0%	99.1%	100.0%	97.1%	100.0%	100.0%	100.0%	97.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

Panel C. Proporția relativă a descoperirilor false pe eșantioane de date cu trenduri descrescătoare

Sursă: Anghel, D. G. (2022). Lucky trading rules. Articol nepublicat.

Rezumând, pe parcursul derulării proiectului de cercetare am scos la iveală mai multe limitări ale metodologiilor de testare pentru evaluarea modelelor de prognoză, cu aplicații asupra strategiilor de tranzacționare în piețele financiare. În primul rând, ignorarea costurilor de tranzacționare și a altor fricțiuni ale pieței supraestimează performanța acestor strategii și poate duce la descoperiri false. În al doilea rând, descoperirile false sunt în mare măsură concentrate pe eșantioane de date care prezintă trenduri negative, indiferent de alte alegeri metodologice. În al treilea rând, și cel mai important, scormonirea datelor are un impact devastator asupra rezultatelor testelor și asupra robusteții concluziilor exprimate. Astfel, rezultatele obținute în cercetare au evidențiat necesitatea de a investiga în detaliu și de a atenua efectele practicii de scormonire a datelor în viitor, ca o modalitate de a crește relevanța și robustețea testelor care evaluează performanța relativă a strategiilor de tranzacționare (mai general, a modelelor de predicție). În final, și cel mai important pentru relevanța proiectului de cercetare, rezultatele obținute au sugerat că testarea performanței relative a strategiilor de tranzacționare și, în general, a modelelor de predicție, este problematică atunci când nu se pot observa și nu se pot controla toate eforturile de scormonire a datelor relevante pentru întrebarea de cercetare abordată. Cum (ținând cont de specificitățile activității de cercetare în prezent) aceasta ar trebui să fie situația întâlnită de către cercetătorii empirici în marea majoritate a testelor efectuate, acest lucru implică necesitatea dezvoltării de noi metode de testare care să controleze pentru eforturile ascunse de scormonire a datelor, fixarea arbitrară (subiectivă) a setului de strategii, precum și alte practici eronate în aplicarea testelor.

## ***2.2. Două noi metodologii de testare a modelelor de predicție multiple***

Așa cum am menționat anterior, activitatea de cercetare desfășurată a dus la dezvoltarea a 4 noi metodologii de testare. Una dintre acestea se baza pe modele de predicție naive și continua să folosească simularea bootstrap pentru a construi intervalele de încredere pentru statistica testului. A doua constă pe baza propunerii de cercetare făcută în perioada premergătoare derulării proiectului și se baza pe normalizarea măsurii de performanță în predicție (respectiv, de profitabilitate pentru strategiile de tranzacționare). De altfel, în activitatea desfășurată am analizat mai multe astfel de măsuri de performanță alternative. Totuși, cum testele ulterioare au infirmat validitatea acestor abordări inițiale în ceea ce privește capacitatea de a ameliora limitările constatate anterior, nu le voi prezenta suplimentar aici. În schimb, voi prezenta două abordări metodologice care s-au dovedit a fi capabile să aducă îmbunătățiri testelor existente. Menționez încă o dată că nu s-a putut dezvolta o singură metodologie care să răspundă la toate problemele semnalate. Prima metodă nouă de testare statistică (și cea principală) are ca scop ameliorarea problemelor semnalate în subsecțiunea 2.1.1, respectiv a erorilor de testare (descoperirilor false) apărute ca urmare a impactului negativ al subreprezentării universului de modele de predicție în testele efectuate. A doua metodă nouă de testare statistică (una secundară) are ca scop ameliorarea problemei semnalate în subsecțiunea 2.1.3, respectiv a erorilor de testare (descoperirilor false) apărute ca urmare a efectuării testelor pe eșantioane de date ce prezintă trenduri. Foarte important de menționat că cele două noi abordări metodologice sunt de fapt teste statistice multiple menite să evalueze un număr foarte mare de modele de predicție și, astfel, să controleze pentru impactul negativ al practicii de scormonire a datelor. Cum spațiul nu îmi permite o abordare mai extinsă și riguroasă matematic, în cele ce urmează voi prezenta doar câteva aspecte generale și rezultate relevante, urmând ca cititorul să urmărească articolele publicate ulterior pentru a afla mai multe detalii. În continuare voi prezenta soluția la care am ajuns în perioada de implementare a proiectului. Mai întâi voi descrie cadrul general de implementare a testelor, urmând ca apoi să sumarizez abordarea propusă.

### 2.2.1. Un nou test statistic pentru atenuarea impactului scormonirii datelor atunci când numărul de modele de predicție este foarte mare

Suntem interesați să prognozăm o variabilă aleatorie  $X$ , al cărei proces de generare a datelor este necunoscut. Vom defini un univers (un set) de modele de predicție  $K$ . Mărimea și compoziția universului depind de întrebarea de cercetare abordată, însă în general aceste caracteristici nu sunt importante pentru construcția unei noi metodologii de testare. Totuși, avem nevoie să punem ipoteza că  $K$  este cunoscut, este fixat și este reprezentativ pentru toate eforturile de scormonire a datelor care sunt relevante pentru întrebarea de cercetare investigată. Cu alte cuvinte, numărul de modele de predicție din univers, cantitate notată cu  $n$ , este finită. Ne vom concentra totuși pe cazul în care  $n$  este un număr foarte mare. Pentru fiecare model de predicție  $k$  din univers, vom defini o măsură de performanță relativă  $Y^k$  față de un model de referință. În cazul specific al strategiilor de tranzacționare folosite de către investitori în piețele financiare,  $Y^k$  este reprezentat de excesul de randament al strategiei obținut față de o investiție pasivă (în termeni academici, această măsură de performanță este denumită "Jensen's alpha"). Dorim să testăm ipoteza nulă că cel mai performant model din univers nu are o abilitate de predicție superioară față de modelul de referință.

În mare parte, metodologiile de testare existente evaluează ipoteza nulă în felul următor (exemplul urmează testul SPA): (1) folosesc un eșantion de date pentru a măsura performanța relativă a strategiei la fiecare moment de timp, notând excesul de performanță cu  $d_{k,t}$ ; (2) măsoară excesul de performanță mediu obținut pe întreg eșantionul (lungimea eșantionului este notată cu  $T$ ):

$$\bar{d}_k = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T d_{k,t}$$

și excesul de performanță mediu standardizat și scalat:

$$Z^k = \frac{T^{1/2} \bar{d}_k}{\hat{\omega}_k},$$

unde  $\hat{\omega}_k$  este un estimator consistent al deviației standard al excesului de performanță; (3) definesc statistica testului ca fiind maximum de performanță observat pentru orice model de predicție în eșantion, respectiv:

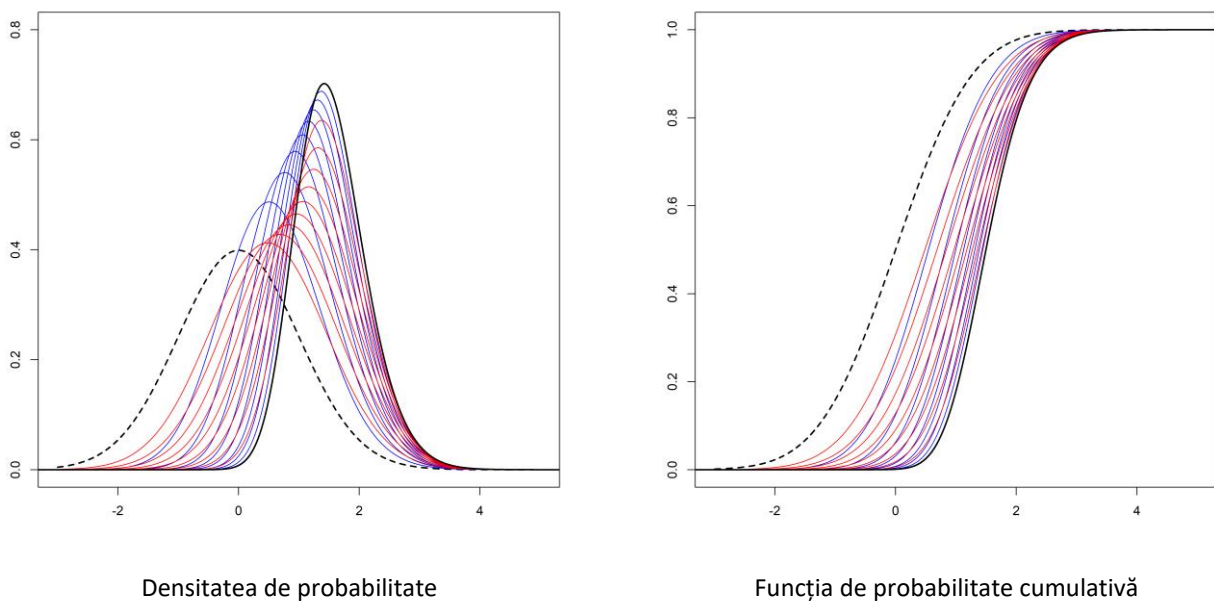
$$Z = \max_{1 \leq k \leq K} Z^k;$$

(4) implementează o simulare bootstrap pentru a construi distribuția empirică a statisticii testului și pentru a evalua ipoteza nulă. Limitările acestei abordări, așa cum au fost descrise anterior, au două surse: fixarea setului de strategii  $K$  în descrierea cadrului general și folosirea simulării bootstrap la pasul (4) în implementarea testului. De menționat că simularea bootstrap a fost inițial concepută și implimentată ca un remediu din considerente teoretice, respectiv din cauză că distribuția statisticii testului și valorile critice nu pot fi ușor determinate printr-o abordare analitică.

Noua metodologie de testare dezvoltată de către mine în acest proiect se bazează tocmai pe o abordare analitică, după cum este descris în continuare. Teorema Limitei Centrale ne asigură că măsura de performanță individuală a fiecărui model,  $Z^k$ , urmează asimptotic o distribuție normală standard. Astfel, vectorul de performanțe  $Z = (Z^1, Z^2, \dots, Z^n)$  urmează o distribuție normală multivariată de medie  $\mu = 0$  (a se citi un vector de lungime  $n$  conținând 0 pe fiecare poziție) și matrice de covarianță  $\Sigma$ . Statistica testului  $Z$  este astfel o variabilă aleatoare care definește maximumul

acestui vector. Ce distribuție urmează aceasta? Dacă matricea de covarianță ar fi matricea identitate (ceea ce echivalează cu independența performanțelor modelelor de predicție), atunci teoria clasică a valorilor extreme (EVT) ar fi direct aplicabilă. Problema este că în practică performanțele modelelor sunt corelate, astfel că matricea de covarianță nu este matricea identitate. Soluția pentru distribuția lui  $Z$  a fost dată abia recent de către Arellano-Valle și Genton (2008). Chiar dacă forma finală a distribuției nu are o specificație analitică clară, totuși modalitatea sa de calcul permite analizarea proprietăților sale și definirea unui algoritm de estimare a valorilor critice pentru test, estimare ce este mult mai rapidă și mult mai flexibilă decât simularea bootstrap. Pe scurt, distribuția statisticii și valorile critice sunt determinate pozitiv de către lungimea vectorului de performanțe (mărimea universului de modele de predicție) și negativ de magnitudinea medie a corelațiilor dintre performanțele modelelor. Graficul 3 arată cum aceste cantități modifică distribuția pentru vectori de lungimi între 1 și 10, și corelații medii în valori între 0 și 0,9. Cu albastru este reprezentat efectul variației mărimii vectorului, în timp ce cu roșu este reprezentat efectul modificării structurii de corelație

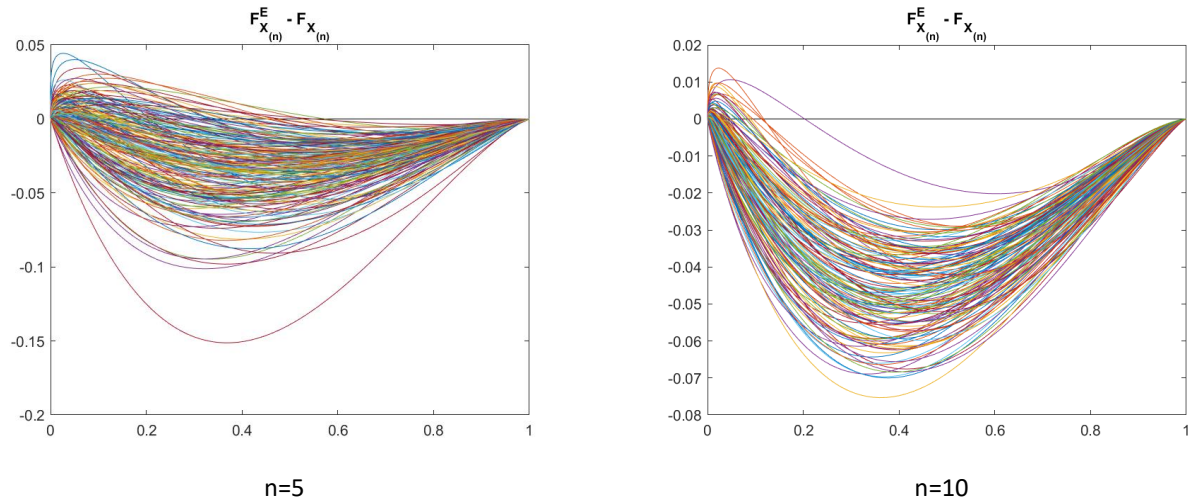
Grafic 3. Modificarea distribuției statisticii testului



Mai interesant și mai important pentru strategia nouă de testare este că valorile critice (cuantilele 90%, 95% sau 99%) calculate pe seama acestei distribuții pot fi approximate cu ajutorul valorilor critice a unui vector de performanțe echivalent, construit pe baza unor variabile aleatoare **echicorelate**. Graficul 4 arată diferența dintre o distribuție calculată pe seama unei matrici de corelație aleatoare și distribuția calculată folosind coeficientul mediu de corelație ca și corelație unică între variabile, arătând că diferențele sunt foarte mici și, mai important, că acestea sunt relativ consistente, astfel că pot fi ușor modelate. Ca urmare, idea noii strategii de testare este să aproximăm valorile critice ale testului printr-un model format din două părți: o parte ce estimează valoarea critică calculată pentru o distribuție a unor variabile aleatoare echicorelate și o parte ce reprezintă diferența față de valorile reale. În analiza efectuată, ambele componente au fost ușor și rapid de determinat. Acestea depind de doar 2 parametri, respectiv (așa cum am anticipat mai sus)

lungimea vectorului de performanțe și corelația medie a performanțelor modelelor de predicție (definită ca media valorilor de sub diagonala principală din matricea  $\Sigma$ ).

Grafic 4. Diferența dintre distribuția determinată de o structură arbitrară de corelații și distribuția determinată de o corelație unică reprezentată de media corelațiilor inițiale



Din motive de economisire a spațiului, din prezentul raport am omis în descrierea de mai sus mai multe elemente tehnice esențiale. Acestea pot fi însă consultate de către cititorul interesat în articolele ce vor fi publicate pe această temă. Pentru moment, este însă suficient de menționat următoarele rezultate cu privire la noua metodologie de testare, acestea fiind obținute în multiple simulări Monte Carlo și în aplicațiile empirice implementate:

- Controlează foarte bine erorile de tip I și le menține în limitele teoretice acceptabile pentru orice eșantion de date de o lungime decentă și orice mărime a universului de modele de predicție; pentru a demonstra această afirmație, Graficul 5 replică un tabel folosit într-o versiune preliminară a articolului menit să disemineze rezultatele cercetării; acesta arată că erorile de tip I sunt menținute sub limita teoretică de 5% atunci când lungimea eșantionului de date este mai mare de ~260 de observații, indiferent de mărimea universului de modele:

Grafic 5. Erori de tip I (rata de respingere a ipotezei nule adevărate) în noua metodologie de testare

Monte Carlo simulation using  $\Delta_\alpha = 0, Z \sim (0_n, I_n)$

		$\alpha = 0.05$										
		Average critical value					Null rejection frequency					
$n \setminus T$		21	65	261	1044	2610	$n \setminus T$	21	65	261	1044	2610
10		2.567	2.568	2.568	2.568	2.568	10	0.102	0.054	0.054	0.044	0.046
50		3.082	3.082	3.081	3.081	3.081	50	0.135	0.072	0.048	0.05	0.054
100		3.283	3.282	3.281	3.281	3.281	100	0.17	0.076	0.051	0.06	0.051
500		3.745	3.745	3.744	3.742	3.744	500	0.274	0.1	0.057	0.048	0.044
1000		3.968	3.966	3.967	3.967	3.966	1000	0.312	0.096	0.054	0.032	0.034
5000		4.68	4.67	4.666	4.665	4.648	5000	0.305	0.05	0.02	0.009	0.021

- Complementar, puterea testului este foarte bună (erorile de tip II sunt limitate) pentru orice eșantion de date de o lungime decentă și orice mărime a universului de modele de predicție, a se vedea Graficul 6 din aceeași versiune preliminară a articolului; acesta arată că noua

metodologie de testare poate identifica cu succes toate modelele de predicție superioare atunci când lungimea eșantionului de date este mai mare de ~260 de observații, indiferent de mărimea universului de modele:

Grafic 6. Erori de tip II (calculate ca 1 - rata de respingere a ipotezei nule false)

Monte Carlo simulation using  $\Delta_\alpha = 0$ ,  $Z \sim \mathcal{N}(\mu, I_n)$ , where  $\mu = (0.5, 0, 0, \dots, 0)$

$\alpha = 0.05$							
Average critical value				Null rejection frequency			
$n \setminus T$	21	65	261	$n \setminus T$	21	65	261
10	2.567	2.567	2.568	10	0.54	0.96	1
50	3.082	3.082	3.081	50	0.38	0.87	1
100	3.282	3.282	3.281	100	0.33	0.78	1
500	3.743	3.745	3.743	500	0.32	0.61	1
1000	3.966	3.966	3.963	1000	0.38	0.52	1
5000	4.693	4.684	4.64	5000	0.5	0.26	1

- Poate evalua foarte rapid orice univers de modele de predicție, oricât de mare ar fi acesta. Cu cât mărimea universului de modele este mai mare, cu atât sunt mai importante câștigurile în termen de timp efectiv al testării și resurse computaționale folosite.
- Poate ajusta rezultatele obținute la eforturi ascunse de scormonire a datelor, eliminând astfel deplasarea rezultatului testului și descoperirile false în exces. Cu alte cuvinte, ușurează munca cercetătorilor empirici prin eliminarea nevoii de fixare a universului de modele  $K$ . Condiția necesară pentru a face acest lucru este punerea a două ipoteze suplimentare foarte simple cu privire la mărimea reală a universului de modele și la corelația medie dintre performanțele de predicție ale acestora. Astfel, dacă acești din urmă parametri se știu sau se pot estima consistent, atunci testul va evalua corect ipoteza nulă indiferent de câte modele de predicție sunt folosite și indiferent dacă acestea formează un univers subreprezentat sau nu.
- Este universal aplicabilă, putând fi utilizată în evaluarea oricăror tipuri de modele de predicție din orice arie de cercetare din economie (și nu numai).
- Am folosit noua metodologie de predicție în două aplicații practice. În prima am studiat performanțele relative ale fondurilor mutuale speculative (en. "hedge funds") disponibile investitorilor de pe piața din Statele Unite. În a doua am studiat profitabilitatea unui număr foarte mare ( $n > 1$  milion) de strategii de tranzacționare derivate din analiza tehnică atunci când sunt aplicate pe piața de capital din Statele Unite. Din cauza spațiului limitat nu voi prezenta în detaliu rezultatele, însă menționez că în ambele cazuri am obținut dovezi în favoarea unei eficiențe informaționale ridicate și în creștere a pieței de capital studiate, acestea ducând la concluzia că strategia optimă de investire în această piață este una pasivă, respectiv cumpărarea de unități în ETF-uri pe indicele de referință S&P500. În cel puțin a doua aplicație practică, unde numărul de modele de predicție este foarte mare, am putut scoate în evidență avantajele comparative al noii metodologii de testare față de testele moderne existente ce se bazează pe simulare bootstrap.



### 2.2.2. Un nou test statistic pentru atenuarea impactului scormonirii datelor atunci când analiza este efectuată pe eşantioane de date cu trenduri

Aşa cum am discutat anterior, erorile de tip I ale metodologiilor de testare existente depăşesc pragurile teoretice atunci când evaluăm modele de predicţie şi, în particular, strategiile de tranzacţionare aferente, pe eşantioane ce prezintă trenduri negative ale variabilei studiate. De menţionat că şi testele efectuate pe eşantioane ce prezintă trenduri pozitive duc la rezultate deplasate, în acest caz erorile de tip II fiind inacceptabil de mari. Cum aplicarea noii metodologii de testare în forma prezentată în subsecţiunea 2.2.1 nu poate rezolva această problemă, din cauză că măsura de performanţă folosită nu ţine cont de posibile efecte asimetrice rezultate de pe urma proprietăţilor eşantionului de date, am continuat căutarea pentru strategii de testare ce pot rezolva şi această problemă. Soluţia la care am ajuns constă în schimbarea măsurii de performanţă, aceasta putându-se face complementar atunci când folosim noul test ce a fost definit anterior, dar poate fi aplicată şi atunci când se folosesc teste existente (RC, SPA, BB, pFDR, etc.) cu limitările aferente.

Pe scurt, fără a intra în detalii tehnice, ideea noii metodologii de testare este să condiţionăm performanţa modelelor de predicţie de conjunctura în care această performanţă a fost atinsă, respectiv de trendul de piaţă înregistrat în eşantionul de date. Această idee simplă şi intuitivă duce la următoare ajustare atunci când definim statistica testului:

$$Z^k = \frac{T^{1/2}(\bar{d}_k^* - \bar{x})}{\hat{\omega}_k},$$

unde  $\bar{d}_k^*$  desemnează de această dată performanţa de predicţie (de tranzacţionare) absolută, nu relativă, a modelului, în timp ce  $\bar{x}$  desemnează media realizărilor procesului urmărit.

Cu excepţia acestei ajustări şi a modificării ipotezei nule, care în acest context devine "cel mai performant model din univers nu are o abilitate de predicţie **condiţionată** superioară faţă de modelul de referinţă", restul paşilor de testare vor rămâne neschimbaţi. Astfel, discuţia purtată în subsecţiunea 2.2.1 rămâne valabilă. Această nouă metodologie de testare, care în fapt este doar o ajustare a celor existente, poate fi deosebit de folositoare pentru cercetătorii empirici şi practicienii ce urmăresc fenomene economice ce urmează un trend general sau fenomene economice ce au trenduri locale, determinate de evenimente importante cum ar fi o criză economică sau financiară, o bulă speculativă, etc.

### 2.3. Indicatori de rezultat

Aşa cum am discutat în secţiunea 1 şi am detaliat până la acest punct în secţiunea 2, toate obiectivele de natură ştiinţifică ale proiectului de cercetare au fost îndeplinite cu succes. Totuşi, proiectul şi-a propus şi câteva obiective specifice de rezultat. În Tabelul 3 sunt enumeraţi indicatorii de rezultat explicit asumaţi prin contractul de finanţare (în planul de realizare a proiectului de la paginile 19-20) în fiecare etapă de implementare, precum şi gradul de realizare a acestora. De menţionat că etapa 1 vizează anul 2020, etapa 2 vizează anul 2021 şi etapa 3 vizează anul 2022.

Tabel 3. Indicatori de rezultat şi gradul de realizare a acestora

Etapa	Indicator	Grad de realizare	Menţiuni
1	Realizare website proiect	100%	<a href="https://dan-anghel.com/pn-iii-p1-1-1-pd-2019-0016/">https://dan-anghel.com/pn-iii-p1-1-1-pd-2019-0016/</a>
1	1 raport ştiinţific anual	100%	Trimis şi aprobat la finalul anului 2020.

2	1 participare la un stagiul de cercetare/documentare în cadrul unei universități din străinătate	100%	Am efectuat un stagiul de cercetare în cadrul Department of Economics - University of Pennsylvania, sub îndrumarea dl. Prof. Francis X. Diebold (detalii mai jos).
2	2 participări la conferințe internaționale	300%	Am participat la 6 conferințe (detalii în raportul de la finalul anului 2021 și mai jos).
2	2 articole științifice (scrise în limba engleză) trimise spre evaluare la reviste indexate ISI, dintre care una clasată cel puțin Q2 după AIS conform ultimului JCR disponibil	150%	Am realizat 3 articole, dintre care două fiind în acest moment publicate în reviste cotate Q2 sau mai sus, iar unul este în proces de revizuire (detalii mai jos).
2	1 raport științific anual	100%	Trimis și aprobat la finalul anului 2021.
3	2 participări la conferințe internaționale	100%	Am participat la 2 conferințe (detalii mai jos).
3	1 articol științific (scris în limba engleză) trimis spre evaluare la o revistă indexată ISI	100%	Am realizat 1 articol, însă acesta nu a fost trimis încă spre publicare din motive menționate mai jos.
3	1 raport științific anual	100%	Raportul de față.

Așa cum se poate observa, toți indicatorii de rezultat au fost atinși și chiar depășiți. Mai jos voi prezenta pe scurt câteva elemente legate de stagiul de cercetare, de conferințele științifice la care am participat și de articolele scrise, fie că au fost publicate, trimise la publicare sau sunt în lucru.

### 2.3.1. Stagiul de cercetare

În perioada 14 Februarie 2022 – 29 Aprilie 2022 am efectuat un stagiul de cercetare în cadrul *Department of Economics - University of Pennsylvania*, sub îndrumarea dl. Prof. Francis X. Diebold. Dl. Diebold ([https://scholar.google.com/citations?user=2qTa\\_4UAAAAJ&hl=en&oi=ao](https://scholar.google.com/citations?user=2qTa_4UAAAAJ&hl=en&oi=ao)) este unul dintre cei mai renumiți econometricieni la nivel internațional, având în prezent peste 70.000 de citări în Google Scholar. Mai important pentru implementarea acestui proiect a fost că Dl. Diebold este recunoscut pentru activitatea sa de cercetare în domeniul dezvoltării și evaluării modelelor de prognoză, fiind coautor la unul dintre cele mai importante teste statistice folosite în domeniu în acest sens, respectiv testul Diebold-Mariano, DM (Diebold și Mariano, 1995), ce are în prezent peste 7.000 de citări în Google Scholar și se află la baza testelor moderne dezvoltate de către White (2000), Hansen (2005), etc. Cum proiectul meu de cercetare și-a propus dezvoltarea unei noi metodologii de testare a modelelor de prognoză, participarea la acest stagiul m-a ajutat foarte mult să îmi îmbunătățesc perspectiva asupra literaturii de specialitate, să cunosc și să aplic cele mai noi abordări din domeniu și, în final, să avansez cu proiectul și cu realizarea obiectivelor asumate. De altfel, principalul rezultat al acestui stagiul a fost dezvoltarea unei colaborări cu dl. Prof. Diebold în ceea ce privește îmbunătățirea metodologiei de testare propuse și publicarea cel puțin a unui articol științific

pe această temă. Așa cum voi detalia mai jos, deși al treilea articol în care prezentam una dintre noile metodologii de testare era deja dezvoltat și îl puteam trimite la publicare spre un jurnal acceptabil, am ales să nu fac asta și, în schimb, să colaborez cu dl. Prof. Diebold pentru a-l îmbunătăți și a-l publica în viitorul apropiat într-un jurnal internațional de top. Chiar și așa, sunt de părere că dezvoltarea și trimiterea inițială la publicare a acestui articolul, împreună cu celelalte două ce au fost deja publicate, sunt de natură să satisfacă angajamentele luate prin contractul de finanțare.

### 2.3.2. Conferințe științifice internaționale

Lista conferințelor științifice la care am participat în perioada implementării proiectului, în legătură cu articole științifice ce au vizat realizarea obiectivelor acestuia, este afișată mai jos:

- 1) **Anghel, D. G.**, Lucky trading rules, JOINT CONFERENCE EURO WORKING GROUP FOR COMMODITIES AND FINANCIAL MODELLING 63rd MEETING & XVIII INTERNATIONAL CONFERENCE ON FINANCE AND BANKING FI BA 2021, May 27-29, 2021, Bucharest, Romania.
- 2) **Anghel, D. G.**, Lucky trading rules, THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECONOMICS AND SOCIAL SCIENCES, Resilience and Economic Intelligence Through Digitalization and Big Data Analytics, June 10-11, 2021, Bucharest, Romania.
- 3) **Anghel, D. G.**, Lucky trading rules, Annual Scientific Conference of Romanian Academic Economists from Abroad (ERMAS 2021), July 28 - 30, 2021, Sibiu, Romania.
- 4) **Anghel, D. G.**, Lucky trading rules, European Financial Management Association 2021 Annual Meeting, June 30 - July 03, 2021, Leeds, United Kingdom.
- 5) **Anghel, D. G.**, Lucky trading rules, World Finance Conference - Norway 2021, August 3-6, 2021, Kristiansand, Norway.
- 6) **Anghel, D. G.**, Lucky trading rules, 7th International Conference "Recent Advances in Economic and Social Research" (RAESR 2021), December 16-17, 2021, Bucharest, Romania.
- 7) **Anghel, D. G.**, When Multiple Testing Procedures Fail Under Extreme Data Snooping Pressure, Quantitative Finance and Financial Econometrics (QFFE) 2022, June 16-17 2022, Marseille, France.
- 8) **Anghel, D. G.** și Diebold F.X., Testing for superior predictive ability in the age of data snooping, Annual Scientific Conference of Romanian Academic Economists from Abroad (ERMAS 2022), July 27 - 27, 2022, Cluj, Romania.

Menționez că, în plus, în perioada stagiului de cercetare din Statele Unite am prezentat rezultatele parțiale în cadrul seminarului științific de prânz al Departamentului, așa cum poate fi consultat accesând adresa următoare: <https://economics.sas.upenn.edu/events/testing-superior-forecasting-ability-trading-rules-under-extensive-data-snooping-efforts>.

### 2.3.3. Articole științifice

În total am dezvoltat 4 articole științifice, dintre care 2 sunt deja publicate în reviste ISI, 1 a fost trimis spre evaluare la o revistă ISI clasată Q1 în domeniul Economics conform JCR 2022 (însă, din motive deja menționate și detaliate mai jos, a fost ulterior retras și se află în proces de revizie), iar 1 este în lucru. Acesta din urmă a fost inițial pregătit 100% pentru trimiterea la publicare, însă ulterior a fost reconcept, gradul de realizare curent față de noile așteptări fiind de peste 70%. În continuare, voi prezenta pe scurt fiecare caz.

Primul articol a fost scris ținând cont de rezultatele obținute pe parcursul anului 2020, respectiv de rezultatele ce au oferit o evaluare a metodelor de testare existente în ceea ce privește modele de predicție multiple. Acesta a fost deja publicat într-o revistă științifică cotate ISI, respectiv în *Journal of Banking & Finance* (ISSN: 0378-4266). Referința completă pentru acest articol este: Anghel, D. G. (2021). *Data Snooping Bias in Tests of the Relative Performance of Multiple Forecasting Models*. *Journal of Banking & Finance*, 126, 106113. Numărul de identificare a articolului în baza de date Web of Science este: WOS:000637969200008. Adresa permanentă pentru accesul la articol este: <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2021.106113>. De menționat că revista în care a fost publicat articolul avea, conform Journal Citations Report (JCR) 2021 emis de către Clarivate Analytics, un factor de impact (FI) de 3,070, fiind clasată Q2 după FI în domeniul Business, Finance. Mai important, revista avea un scor de influență (AIS) de 1,511, ceea ce o clasa Q1 după AIS în domeniul "Business, Finance". Așadar, este o revistă foarte importantă din domeniul vizat pentru valorificarea rezultatelor cercetării.

Al doilea articol a fost scris ținând cont de rezultatele obținute pe parcursul anilor 2020 și 2021, respectiv de rezultatele care au arătat impactul negativ al omisiunii fricțiunilor de piață. Acesta a fost deja publicat într-o revistă științifică cotate ISI, respectiv în *Economics Letters* (ISSN: 0165-1765). Referința completă pentru acest articol este: Anghel, D. G. (2022). *No pain, no gain: You should always incorporate trading costs for a bias-free evaluation of trading rule overperformance*. *Economics Letters*, 216, 110584. Adresa permanentă pentru accesul la articol este: <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2022.110584>. De menționat că revista în care a fost publicat articolul are, conform Journal Citations Report (JCR) 2022 emis de către Clarivate Analytics, un scor de influență (AIS) de 0,747, ceea ce o clasează Q2 după AIS în domeniul "Economics".

Al treilea articol a fost scris ținând cont de rezultatele obținute tot pe parcursul anilor 2020 și 2021, respectiv de rezultatele care au arătat impactul negativ al efectuării testelor pe eșantioane de date cu trend negativ. Titlul articolului a variat în timp în funcție de compoziția acestuia, fiind identificat cu "Lucky Trading Rules" atunci când a fost trimis la mai multe conferințe din 2021, cu "Lucky Trading Rules and Asymmetric Data Snooping Bias" în raportul științific de la finalul 2021, sau cu "When Multiple Testing Procedures Fail Under Extreme Data Snooping Pressure" atunci când a fost trimis la conferința QFFE 2022. Fiind trimis la conferințe, articolul este publicat online pe site-urile acestora în diferite stagii. De exemplu, site-ul conferinței QFFE 2022 publică documentul la adresa <https://qffe2022.sciencesconf.org/388832/document> (adresa a fost accesată și este disponibilă la momentul realizării acestui raport de cercetare). Articolul a fost trimis spre publicare la o revistă ISI și se afla în proces de evaluare la finalul anului 2021. Între timp, a fost însă retras din acest proces. Motivele acestei decizii au fost legate de efectuarea stagiului de cercetare la University of Pennsylvania. Mai precis, în cadrul acestuia am convenit cu dl. Prof. Diebold să colaborăm la dezvoltarea temei de cercetare și la îmbunătățirea metodologiei, în speranța îmbunătățirii articolului și publicării sale într-o revistă de prestigiu, cotate Q1 după AIS în unul dintre domeniile "Business, Finance" sau "Economics". Ideea principală este să definitivăm mai bine partea de dezvoltare metodologică ce a fost descrisă în subsecțiunea 2.2.2 pe lângă partea de analiză și scoatere în evidență a problemei (ce a fost realizată încă din 2021) și, acest fapt ducând la un articol mai complet și mai util pentru literatură. În acest moment, articolul este în proces de revizie și estimez că îl vom trimite într-o formă actualizată până la finalul anului 2022 spre a fi prezentat la o conferință internațională relevantă, urmând ca pe parcursul anului 2023 să fie rafinat, finalizat, trimis spre publicare și publicat conform așteptărilor mai sus menționate.

Ultimul articol, și totodată cel mai important din această listă, a fost scris pe baza rezultatele obținute pe parcursul anilor 2021 și 2022, prin care am dezvoltat, am evaluat și am aplicat principala nouă metodologie de testare a modelelor de predicție multiple (descrisă în subsecțiunea 2.2.1). Acesta a fost finalizat într-o formă inițială, însp ca urmare a regândirii strategiei de publicare a intrat într-un proces de revizie. Articolul încă nu a fost finalizat conform noii abordări, deși o formă preliminară a fost prezentată la conferința ERMAS 2022 (numărul 8 în lista de mai sus al conferințelor). Totuși, de menționat că abordarea teoretică (matematică) a fost definitivată, testele pentru evaluarea proprietăților sale statistice au fost realizate, iar rezultatele a două aplicații empirice pentru au fost generate, astfel că finalizarea articolului în următoarele luni este iminentă. Similar cu cel anterior, acest articol este scris în colaborare cu dl. Prof. Diebold, iar estimarea curentă este să fie trimis și acceptat la publicare într-o revistă de top din domeniile "Business, Finance" sau "Economics" până la finalul anului 2024.

Deși mi-aș fi dorit ca ultimele două articole discutate să fi fost deja publicate până la finalizarea proiectului de cercetare și până la scrierea prezentului raport științific (aș fi putut îndeplini acest obiectiv fără probleme dacă le foloseam în forma dezvoltată inițial), totuși cred că este mai important ca forma finală a articolelor să fie cea mai bună posibilă, astfel încât să poată avea un impact real asupra literaturii științifice de specialitate. Din punctul meu de vedere, perioada de 2 ani de implementare a acestui proiect ce cercetare nu a fost suficientă pentru a atinge acest deziderat, însă am încredere că rezultatele cercetării desfășurate pe parcurs vor duce la încă două publicații de top în domeniul studiat. Sper ca cititorii acestui raport să fie de acord cu această abordare, care promovează calitatea cercetării în detrimentul cantității de articole publicate. Evident, contribuția proiectului va fi menționată în fiecare dintre publicațiile la care a contribuit ce vor apărea ulterior.

### **Referințe**

- Anghel, D. G. (2021). Data snooping bias in tests of the relative performance of multiple forecasting models. *Journal of Banking & Finance*, 126, 106113.
- Anghel, D. G. (2022). No pain, no gain: You should always incorporate trading costs for a bias-free evaluation of trading rule overperformance. *Economics Letters*, 216, 110584.
- Anghel, D. G. (2022). Lucky Trading Rules and Asymmetric Data Snooping Bias. Acticol nepublicat. Versiune preliminară disponibilă la: <https://qffe2022.sciencesconf.org/388832/document>.
- Anghel, D. G. și Diebold F.X. (2022). Testing for superior predictive ability in the age of data snooping. Acticol nepublicat.
- Arellano-Valle, R. B., & Genton, M. G. (2008). On the exact distribution of the maximum of absolutely continuous dependent random variables. *Statistics & Probability Letters*, 78(1), 27-35.
- Diebold, F. X., & Mariano, R. S. (1995). Comparing Predictive Accuracy. *Journal of Business and Economic Statistics*, 13(3), 253-63.
- Hansen, P. R. (2005). A test for superior predictive ability. *Journal of Business & Economic Statistics*, 23(4), 365-380.
- Bruder, S., & Wolf, M. (2018). Balanced bootstrap joint confidence bands for structural impulse response functions. *Journal of Time Series Analysis*, 39(5), 641-664.
- White, H. (2000). A reality check for data snooping. *Econometrica*, 68(5), 1097-1126.

### 3. Impactul estimat al rezultatelor

Rezultatele prin care am scos în evidență limitările testelor statistice existente pentru evaluarea modelelor de predicție multiple sunt foarte importante datorită faptului că au pus baza pentru dezvoltarea unei noi metodologii de testare. Totuși, principalul rezultat al proiectului de cercetare a fost dezvoltarea acestei noi metodologii, pornind de la căutările inițiale și terminând cu rafinarea elementelor tehnice, matematice. Noua metodologie are potențialul de a contibui substanțial la literatura de specialitate, mai ales din prisma oferirii cercetătorilor a unei unelte prin care pot studia mai bine și mai eficient modelele de predicție ale fenomenelor de interes, fără a se îngrijora de potențialele efecte negative ale practicii de scornomire a datelor, aceasta din urmă fiind inevitabilă în activitatea de cercetare modernă, fie că vorbim de dezvoltarea de modele clasice de predicție a seriilor de timp, fie că vorbim de modele moderne bazate pe inteligența artificială.

Mai precis, atât dintr-o perspectivă științifică, cât și una practică, impactul așteptat al acestui proiect de cercetare asupra literaturii este așteptat a fi unul multiplu. În primul rând, metodele dezvoltate și prezentate pe scurt în acest raport vor îmbunătăți abordările actuale de testare, vor elimina limitările existente, vor crește eficiența procedurilor de testare și vor diminua riscul de a face descoperiri false în activitatea de dezvoltare a unor noi modele de predicție; indiferent dacă ne referim la cercetători academici, practicieni sau reprezentanți ai factorilor de decizie interesați (guverne, bănci centrale, etc.). În particular, noul cadru de testare va elimina necesitatea de a specifica subiectiv și posibil eronat un univers de model de predicție față de care este evaluat un nou model candidat, prin înlocuirea acestei necesități cu două ipoteze simple ce privesc mărimea setului de modele din care a fost extras modelul (optim) candidat și corelația medie dintre performanțele de predicție ale acestora. Acest lucru va elimina ambiguitatea din analiză și va reduce drastic cerințele computaționale la niveluri posibil neglijabile atunci când se efectuează testarea performanței relative a modelelor de predicție multiple.

În final, toate aceste aspecte vor duce la democratizarea activității de testare a modelelor de predicție, în sensul că orice persoană interesată o va putea face relativ ușor și într-un interval de timp relativ scurt. Mai mult, controlând mai bine erorile de testare la nivelurile teoretice acceptabile, aplicarea noii metodologii de testare va duce la rezultate științifice robuste, reziliente, ce pot dezvolta pe termen lung cunoștințele din domeniul financiar, economic și nu numai. Complementar cu acest aspect, noul cadru de testare va avea potențialul de a deschide noi căi de cercetare. Pe de o parte, fiind mult mai rapidă, noua metodologie va permite efectuarea de teste statistice a foarte multor modele de predicție potențial în timp real sau foarte aproape de timpul real. Pe de altă parte, fiind mult mai flexibilă, va permite cercetătorilor să abordeze noi întrebări de cercetare necunoscute la acest moment sau cunoscute dar pe motiv că ar fi foarte dificil de abordat folosind metodele existente.

Director Proiect,

Anghel Dan Gabriel

