ÎNTRE CURIOZITATE ȘI HAZARD – METODA CERCETĂRII ÎN MATEMATICĂ

Autor: Dragoș Manea | 21 decembrie 2022

De mai bine de un an muncesc la lucrarea mea de doctorat, ceea ce mi-a permis să pătrund în dedesubturile cercetării științifice în domeniul matematicii pure. În acest timp, am fost întrebat de multe ori despre utilitatea socială a muncii mele sau, mai pragmatic vorbind, de ce sunt plătit pentru niște activități care nu generează un bun sau serviciu imediat util societății. Dar, mai ales, de ce statul este cel ar trebui și care chiar finanțează cercetarea fundamentală. Bineînțeles, întrebările nu erau răuvoitoare, ci mai degrabă căutau o înțelegere mai profundă a metodelor de cercetare și a mecanismelor de finanțare din cercetarea științifică, care diferă oarecum de tiparul clasic dintr-o societate capitalistă. Pe parcursul articolului, voi încerca să ofer un posibil răspuns la aceste întrebări, discutând câteva dintre particularitățile metodei de cercetare în matematică, cu referire la legătura acesteia cu aplicațiile practice din diverse domenii, precum informatica, ingineria, fizica sau științele naturii.

Pentru început, voi începe cu un model mental stratificat al diferitelor tipuri de cercetare matematică, în funcție de gradul de ancorare în realitatea aplicată. Având în vedere faptul că activez în domeniul Analizei Matematice, voi construi această stratificare prin raportarea la tipurile de aplicații specifice acestei ramuri din matematică, subliniind însă faptul că modelul se mai poate regăsi atât în alte domenii matematice, cât și în cadrul altor științe:

Aplicații concrete – implementarea algoritmilor numerici

Analiza teoretică a algoritmilor numerici

Studiul modelelor matematice teoretice ale fenomenelor

Rezultate abstracte

Pentru a înțelege semnificația fiecărui nivel, voi considera un exemplu de aplicație practică: mișcarea unui braț robotic, dirijată prin specificarea unor date de control –

spre exemplu viteza de rotație a motoarelor de la articulațiile brațului la fiecare moment de timp. Nivelul cel mai de sus al modelului mental constă efectiv în implementarea într-un limbaj de programare a instrucțiunilor de mișcare pentru robot, iar nivelul imediat următor se referă la demonstrarea matematică a corectitudinii algoritmului – a faptului că, aplicând în orice situație algoritmul, acesta va mișca brațul în maniera dorită – și, mai apoi, la estimarea și controlul erorii inerente unui calcul numeric. În continuare, nivelul „modelelor matematice” cuprinde analiza teoretică a ecuației specifice care descrie mișcarea brațului robotic, demonstrând, de pildă, faptul că ecuația descrie un proces determinist – nu există mai multe soluții, fapt care ar însemna ca mișcarea să poată urma două sau mai multe traiectorii, pentru aceeași configurație a datelor de control. În final, nivelul rezultatelor abstracte se referă la studierea unor clase generale de ecuații, obținând, spre exemplu, faptul că o anumită clasă largă de modele descriu un proces determinist.

Acestea fiind spuse, să considerăm următorul scenariu alternativ, scenariu propus de către cei care promovează exclusiv o legătură strânsă între cercetarea fundamentală și scopurile practice. Să presupunem că singura direcție de propagare a ideilor de inovație s-ar desfășura de sus în jos în modelul stratificat prezentat anterior. Cu alte cuvinte, în momentul în care este nevoie de o nouă aplicație practică în industrie, se începe dezvoltarea modelelor și algoritmilor specifici. Mai apoi, aceștia vor fi studiați din punct de vedere teoretic, ajungând eventual până la crearea unor rezultate abstracte ce se aplică acestor modele. În cazul în care coborârea până cel puțin la nivelul „modelelor matematice” – primul în care avem rezultate teoretice riguroase – este încununată de succes, utilitatea demersului este imediată și garantată. Problema care intervine este însă una de timp și efort, deoarece inovarea pe fiecare nivel este un proces îndelungat, iar faptul că nu sunt disponibile în prealabil rezultate abstracte care se pot particulariza la modelul de interes de multe ori creează o stagnare de ordinul lunilor, dacă nu al anilor. Riscăm efectiv ca aplicația practică a cărei rezolvare este căutată să nu mai fie relevantă la momentul în care apare rezultatul teoretic. Lucrurile ar sta altfel, dacă în timpul „coborârii” spre nivelul teoretic, am avea deja la dispoziție anumite rezultate generale, pe care putem să le folosim ca atare.

Se impune, așadar, o muncă în paralel pe toate cele patru niveluri și un transfer bidirecțional al cunoașterii, una dintre metodele cele mai prolifice pentru contracararea inconvenientelor de mai sus fiind generalizarea, încercarea continuă de extindere a rezultatelor la contexte din ce în ce mai variate, dar și transpunerea unor rezultate dintr-un cadru în altul. În acest fel, creștem probabilitatea de sincronizare între nivelurile cercetării. Să considerăm din nou exemplul concret al brațului robotic. Generalizarea la nivel teoretic de la modele cu două date de control la un număr arbitrar de date de control probabil se va sincroniza cu necesitatea practică a unor roboți cu un număr din ce în ce mai mare de articulații. Astfel, dezvoltarea la nivel practic devine mult mai rapidă, apelând la rezultate teoretice analizate independent în prealabil. Prin

urmare, o încercare de îngrădire a curiozității cercetătorilor din ariile fundamentale spre direcții cu aplicabilitate evidentă apare ca fiind cel puțin păguboasă, dacă nu fatală pentru domeniile științific și tehnic în general, împiedicând dezvoltarea organică a acestora.

Inevitabil, însă, intervine în ecuație un element de hazard, un risc ce trebuie asumat, și anume acela ca munca de cercetare fundamentală a unor oameni de știință să nu își găsească deloc o aplicabilitate practică. Lăsând liberă curiozitatea cercetătorilor, există posibilitatea ca unii dintre ei să se îndrepte – de cele mai mule ori neintenționat – în direcții ce nu vor avea niciodată o utilitate concretă. Cu toate acestea, așa cum am văzut mai sus, acestă libertate este imperios necesară, deoarece doar în acest mod poate apărea cealaltă parte a cercetării care nu este doar interesantă (și estetică) din punct de vedere pur teoretic, dar constituie și baza unor viitoare aplicații practice ce nu pot fi imaginate sau prevăzute în prezent.

Rămâne însă întrebarea: cine poate și ar trebui să asume acest risc oarecum costisitor, finanțând oameni de știință în domenii abstracte, care, deși sunt foarte capabili, pot avea neșansa, din cauza naturii domeniului, de a lucra toată viața fără să aducă un profit financiar entității care îi finanțează? Nu cred că trebuie să ne așteptăm ca niște companii private să investească considerabil într-un astfel de demers, dată fiind posibilitatea ca respectiva companie nici să nu mai existe în momentul în care rezultatele fundamentale își vor fi găsi, dacă este cazul, aplicabilitatea. În plus, faptul de a subordona cercetarea științifică dorinței de profit a unor antreprenori ar determina, în multe cazuri, îngrădirea libertății caracteristice și necesare a curiozității cercetătorilor. Această curiozitate ar fi obligată să se canalizeze spre anumite direcții despre care conducerea companiei crede că ar fi mai profitabile financiar și ar aduce foloase materiale într-un termen scurt și mediu.

În orice caz, gradul de incertitudine al unei astfel de investiții este el însuși greu de estimat, prin urmare ne putem aștepta doar la un buget limitat din partea privaților destinat cercetării teoretice. Acestora le revine, mai degrabă, finanțarea primelor două niveluri în ordinea aplicabilității, dar mai ales a celui superior, cel în care succesul este aproape garantat. Astfel, rezultă în mod necesar că riscul trebuie asumat de către state și organizațiile interstatale, de tipul Uniunii Europene, ce au posibilitatea financiară și o oarecare datorie morală de a sprijini un demers ce ne este tuturor absolut necesar la o scară largă, dar are șansa de a fi cu totul inutil când este privit la o scară individuală sau a unor grupuri restrânse.

În final, simt oarecum nevoia să nuanțez, în sensul în care nu consider oportună o cercetare fundamentală care să fie în totalitate făcută „de amorul artei”. O soluție de mijloc ar fi cea în care cercetătorii de pe nivelurile de la bază încearcă preponderent să intuiască direcțiile în care cercetarea este relevantă, privind spre nivelurile aplicate.

Astfel, nu riscăm să ajungem la o separare drastică între cercetarea abstractă și nevoile concrete ale societății – separare ce ar dăuna ambelor părți –, ci la o dezvoltare paralelă și interconectată a nivelurilor de aplicabilitate. Mai mult, cercetarea fundamentală poate găsi resurse prețioase de intuiție pentru obiectele abstracte pe care le studiază, cercetătorii putând „vizualiza” mental atât rezultatele, înainte de a fi demonstrate formal, cât și calea către o argumentare riguroasă a acestora[1].

NOTE

1. Despre rolul crucial al intuiției în matematică am dezbătut pe larg în articolul De ce trebuie să fii om ca să faci matematică? ↑

Imagine: Unsplash