

ROLUL MODELĂRII MATEMATICE ÎN PROCESUL DE INTENSIFICARE A CERCETĂRIILOR ȘTIINȚIFICE

Acad. Nicolae ANDRONATI

**ROLE OF MATHEMATICAL MODELING IN
THE PROCESS OF SCIENTIFIC RESEARCHES
INTENSIFICATION.**

In the paper positive influence of analytical and numerical methods application in management of difficult processes in modern social and economic systems is marked. Application of the methods of the research based on mathematical modeling and numerical experiments is capable to provide the effective decision of all these problems. In this context the author suggests to develop within the limits of the Academy of sciences of Moldova the program of researches in the field of mathematical modeling use having the purpose to create till 2020 in various branches of national economy the automated systems and information-modeling systems of designing, management and operation of various objects, based on short and long-term forecasts which can be received with the help of the mathematical modeling and numerical experiments.

Also the author believes that the most suitable institution for the coordination and implementation of this program is the institute of mathematics and computer science of the Academy of sciences of Moldova which has remarkable results in this area in a context of researches and the elaborations stipulated by this program. Other divisions and departments of the Academy of sciences could find the place in this program as well.

Posibilitățile crescânde ale tehnologiilor informaționale contemporane permit a formula și rezolva probleme din ce în ce mai complicate în diverse domenii ale științei și tehnicii. În sociologie, de exemplu, o importanță mare prezintă chestiunile legate de prognozarea direcțiilor de dezvoltare a societății. Soluționarea lor poate fi efectuată prin perfecționarea continuă a metodelor de cercetare și dirijare a proceselor care au loc în societate.

În procesul cunoașterii lumii înconjurătoare au fost elaborate metode care permit prognozarea unor efecte aparte ale deciziilor umane. Acestea sunt metodele modelării fizice. O asemenea modelare este bazată pe înlocuirea fenomenului sau procesului aflat în studiu cu un sistem special construit, calitățile căruia reflectă întocmai caracteristicile cele mai importante ale obiectului cercetat. Totuși, aplicarea acestor metode de modelare au o utilizare restrânsă în prezent, deoarece nu pot fi folosite la rezolvarea numeroaselor probleme. De exemplu, problemele ce apar în procesul de prognozare a dezvoltării societății

nu pot fi rezolvate cu ajutorul unor metode fizice, ceea ce poate conduce la catastrofe tehnogene.

Rezolvarea unor atare probleme este posibilă prin aplicarea modelării matematice și prin experimentarea numerică. În lipsa acestor metode de cercetare, care includ metode analitice și numerice, nu poate fi concepută dirijarea proceselor din sistemele socioeconomice. Iar, deoarece niciun instrument științific nu poate înlocui gândirea umană, o modelare eficientă trebuie să se bazeze pe modelele intelectuale de nivel superior.

Cercetătorii și în trecut în activitatea sa științifică erau preocupați de identificarea unor soluții rezonabile și eficiente ale problemelor legate de cerințele practice. Dar problemele care apar în prezent în activitatea umană (de exemplu, cele având tangențe cu proiectarea diferitor obiecte în spațiu, dirijarea unor procese tehnologice complicate, dirijarea proceselor socioeconomice etc.) sunt cu mult mai dificile. Modelele unor asemenea procese sau sisteme sunt de o complexitate superioară, iar studierea lor impune efectuarea unor experimente numerice cu o precizie sporită, ceea ce în multe cazuri nu este posibil. Complexitatea acestor probleme demonstrează faptul că în cercetarea științifică s-a ajuns la o situație în care suntem nevoiți să renunțăm la ceva esențial. Se consideră că acest punct mort la care s-a ajuns se datorează dezvoltării insuficiente a științei și tehnicii.

Aruncând o privire asupra perspectivelor pe care le deschid viitoarele sisteme de dirijare se poate constata prezența a două puncte de vedere. O parte din cercetători consideră necesară o automatizare tot mai mare, chiar absolută, care exclude participarea omului la procesul decizional, iar altă parte consideră că oamenii și sistemele tehnice trebuie să fie componente ale procesului de dirijare.

Totuși, în ce direcție nu s-ar dezvolta pe viitor sistemele de dirijare, întotdeauna vor apărea situații care solicită intervenția omului. Dacă în procesul creării sistemului constructorii nu vor avea grijă ca celor care îl vor dirija să le fie clare principiile de funcționare a acestuia, intervenția necesară se poate produce cu întârziere, având efecte imprevizibile. Atâta timp, cât procesul de proiectare a sistemelor tehnice sau economice nu va fi analizat și chibzuit în detalii astfel încât persoanele care le vor deservi să posede cunoștințe preliminare despre funcționarea acestora, iar informația furnizată pe parcursul activității sistemelor să fie prezentată într-o formă accesibilă și ușor însușită, orice perturbație apărută poate face un sistem automatizat necontrolabil.

Este important ca omul să fie implicat direct în procesul tehnologic care trebuie dirijat, iar tehnologiile informaționale folosite nu numai că vor

furniza informații despre starea procesului, ci și vor ajuta să se înțeleagă sensul deciziilor formulate de sistemul automat de dirijare. În caz contrar, societatea care deja depinde de numeroase sisteme automatizate sau roboți riscă să intre într-o criză periculoasă.

Evoluția calculatoarelor moderne, fără de care nu poate fi concepută o modelare matematică eficientă, a ajuns la limitele capacității de memorare și de prelucrare. De aceea, pentru a ridica viteza de prelucrare a informației, s-au creat sisteme de calcul bazate pe prelucrarea paralelă, ceea ce a contribuit la dezvoltarea metodelor de calcul paralel, de vectorizare și sincronizare a proceselor. Actualmente nu este suficient a crește capacitățile de memorare și de prelucrare. Urmează să se organizeze procese de calcul în sistemele de calcul într-un mod similar cu ale creierului uman. Altfel spus, la baza funcționării sistemului de calcul trebuie să fie ideea antropocentrismului.

În legătură cu cele afirmate, putem să ne imaginăm viitorul după modul descris de scriitorii SF, începând cu Samuel Betler: o lume, în care puterea aparține roboților. Această idee este respinsă de obicei de specialiștii în cibernetică ca fiind absurdă. Dar este ea oare într-adevăr absurdă?

Să examinăm sistemul de calcul care dirijează activitatea unui oraș. În viitorul apropiat acest sistem de calcul trebuie nu numai să rezolve problemele de administrare a orașului. În funcțiile lui se vor afla și problemele legate de menținerea ordinii publice, deservirea învățământului, activitatea băncilor, transportul urban, gestionarea circulației pe arterele orașului, a unităților de producere și construcții etc. La un moment dat, rețelele de calcul vor fi nevoite să se adreseze unele altora, inițial pentru rezolvarea unor probleme neesențiale. Dacă însă vom extrapola această situație la anul 2020, se poate aștepta că sistemele viitoare de calcul, posedând un grad avansat de inteligență artificială proprie, vor fi capabile să rezolve problemele vieții orașului cu mult mai eficient decât oamenii. În plus, aceste sisteme, având la îndemână dispozitive executive proprii capabile să se deplaseze în spațiu autonom, cu centre de radioemisie și radiorecepție, vor avea posibilitatea să comunice între ele.

Să ne imaginăm acum situația când calculatoarele sistemului de dirijare vor începe să funcționeze pentru realizarea unor scopuri de ele însăși formulate, iar personalul care deservește sistemul respectiv nu cunoaște modul de funcționare a acestuia și ca urmare nu poate controla situația. Pentru a evita atare pericole posibile, trebuie să fim pe deplin convingși că funcțiile de estimare a calității procesului și regulile euristice utilizate corespund întocmai criteriilor formulate de dirijare, cu atât mai mult că „urbea electronică” va trebui să comunice cu sistemele similare ale altor orașe.

Astfel, în câteva secole, dar poate câteva decenii,

oamenii ar putea să devină anexe nesemnificative ale unor orașe automatizate, dirijate de o rețea gigantică de sisteme de „nervi electronici”, acțiunile cărora se vor supune unor reguli de ele însăși elaborate. Mai mult, cei pentru care au fost create astfel de sisteme, se vor transforma într-o masă parazitară pe cale de dispariție. Pentru ca o asemenea situație apocaliptică să nu devină o realitate, este necesar de a atribui tehnicii electronice o manieră umanizată de comportare.

Să trecem la un alt exemplu, și anume la tragedia de la Cernobâl și consecințele acesteia. S-au scurs câteva decenii de la explozie, dar și în prezent nu încetează discuțiile despre doza de radiație emanată, pericolul pe care îl prezintă substanțele radioactive scurse în apele subterane, în râu și atmosferă. Ce s-ar fi întâmplat, dacă în urma topirii întregului combustibil nuclear ar fi explodat și alte reactoare nucleare din vecinătate?

Consecințele dezastruoase ale avariei au adus la apariția lozincii antinucleare – *Pe Terra este foarte strâmt*. Totuși, întrebarea primordială legată de explozie se referă la cauzele acestei tragedii tehnogene, tragedii care la prima vedere putea fi ușor evitată (cel puțin putea fi prevăzută). Comisia guvernamentală face o constatare relevantă în acest sens: *Cauza principală, în urma căreia defectul depistat a provocat avaria, constă în acțiunile incorecte ale operatorilor și inginerilor care efectuau experimente cu reactorul*. Mai târziu, în constatările comisiei aceste acțiuni ale personalului de serviciu au fost calificate drept „acțiuni criminale”.

Dacă aruncăm acum o privire asupra economiei naționale, ne ciocnim de o problemă care este mai puțin catastrofală, dar de asemenea cu consecințe dezastruoase, și anume criza financiară mondială. Cauzele acestei crize sunt stagnarea economică, nivelul redus al productivității muncii și al eficienței economiei – probleme neglijate în ultimul timp. Această situație conduce la pierderea încrederii societății în eficiența deciziilor luate de guvernanți.

Fenomenele respective, la prima vedere, nu au explicație. Să luăm, de exemplu, problema creșterii economice. Și la noi în țară, dar și în toată lumea, volumul investițiilor se află în continuă creștere și, ca urmare, ar trebui în aceeași măsură să crească și beneficiul. Angajații întreprinderilor într-o unitate de timp produc astăzi cu mult mai mult produs finit decât trei-patru decenii în urmă. Constructorii și proiectanții tehnici, folosind sisteme automatizate avansate de proiectare, pot într-o unitate de timp să elibereze un volum mult mai mare de documentație de proiectare decât cu câteva decenii în urmă. De fapt, dezvoltarea tehnico-stiințifică în orice domeniu (în particular tehnologiile informaționale, nanotehnologiile) decurge accelerat. Atunci, evident, se pune întrebarea: de ce și nivelul de trai nu crește în

aceeași proporție? Făcând abstracție de la pierderile legate de procesele de reorganizare ramurală, omenirea ar fi trebuit să obțină un câștig considerabil în urma dezvoltării științei și tehnicii. Se pare însă că ceva se opune faptului ca acel corn al abundenței, din care soarbe omenirea, să se umple până peste vârf.

Specialiștii au diferite opinii asupra cauzelor acestui fenomen în procesul dezvoltării societății. Mai mult, există o opinie potrivit căreia răul în societate se datorează tehnicii. Pe de o parte, resentimentul față de tehnică este explicabil, deoarece uneori deciziile și realizările noastre tehnice seamănă cu monștri, sau, în cel mai bun caz, sunt niște mecanisme sau automate nefuncționale care ani de zile ruginesc în depozite.

Care este totuși cauza rămânerii în urmă în dezvoltarea tehnico-științifică, ce împiedică pătrunderea noului în diverse ramuri ale economiei? Ce frânează implementarea a tot ce e inedit și progresiv?

Pe parcursul unei perioade de timp se afirma, că pentru o dezvoltare eficientă a economiei naționale este necesar a organiza în așa mod procesul de producție încât produsele noastre să fie la nivelul celor din țările puternic dezvoltate. Mai târziu, s-a renunțat la această idee ca fiind absurdă, deoarece astfel de standarde mondiale pentru produse nu există și a apărut lozinca: cel mai înalt nivel mondial al calității. Cu timpul și această lozință a fost abandonată, considerându-se că este necesar un nivel tot mai înalt al dezvoltării cercetărilor în știință și tehnică.

În cazul în care ați aflat că în domeniul în care activați se lucrează asupra unor inovații și vă veți reorienta cercetările în aceeași direcție, asta ar însemna că ați rămas în urmă cu câțiva ani. De aceea, este necesar să urmăriți direcția spre care se îndreaptă cercetările științifice în domeniul care vă interesează nu după mostrele ce se demonstrează la expoziții sau se află în vânzare, dar bazându-vă pe rezultatele prognozelor tehnologice. Prin urmare, pentru o îmbunătățire radicală a situației legate de implementarea și însușirea unor elaborări noi nu este suficientă crearea unor anumite mașini sau dispozitive, dar e necesar de a schimba completamente tehnologiile utilizate. Altfel spus, este oportună elaborarea și implementarea tehnologiilor avansate ale viitorului, a tehnologiilor raționale și eficiente cu un grad sporit de automatizare și robotizare.

Este destul de simplu să procuri astăzi o mașină, un strung sau tehnică de calcul oricât de performantă sau sofisticată ar fi. Dar este dificil, chiar imposibil să obții tehnologiile pentru producerea produselor respective. În cel mai bun caz veți fi instruit cum trebuie să le mânuiți. Prin urmare, pentru a evita o atare situație, trebuie să efectuăm cercetările științifice de așa manieră, încât ele să permită de a prognoza,

elabora și implementa propriile procese tehnologice originale destinate diferitor domenii ale economiei.

Dacă vom arunca o privire asupra istoriei progresului tehnico-științific, se poate observa că acesta este un proces continuu de dezvoltare accelerată, care astăzi nu și-a atins limitele posibilităților.

Faptul că știința și tehnica deschid porțile spre o tot mai bună cunoaștere a lumii ce ne înconjoară, nu înseamnă oare aceasta că trebuie să crească concomitent puterea de influență a omului asupra acestei lumi și bunăstarea lui?! Totodată este necesară o selectare rațională a fluxului de informație parvenit din această lume, pentru a elimina informația neautentică și de o proastă calitate, utilizarea căreia poate conduce la decizii greșite, adică este necesar de aplicat principiul: hrana de o proastă calitate poate înrăutăți sănătatea omului, în timp ce informația necalitativă se răsfrânge asupra bunăstării acestuia. Iată de ce, în țările puternic dezvoltate o importanță mare se acordă nu numai dezvoltării energeticii, dar și tehnologiilor informaționale, considerate a fi o ramură decisivă a economiei naționale.

Limitele cunoașterii noastre și posibilității de a controla și dirija lumea înconjurătoare pot fi estimate cu ajutorul unei fracții, în care numărătorul I este capacitatea mijloacelor disponibile de cunoaștere și dirijare, iar numitorul C – complexitatea mediului înconjurător în care aceste mijloace se aplică. Prin urmare, raportul I/C reprezintă legătura dintre complexitatea mediului înconjurător și posibilitățile disponibile de cunoaștere a acestuia.

Atâta timp, cât numărătorul este mai mare decât numitorul, suntem în câștig. Dar la un moment dat complexitatea mediului (adică numitorul) depășește posibilitățile noastre de a-l cunoaște și adapta la necesități (numărătorul). Acest punct critic demult a fost atins de țările puternic dezvoltate.

Dacă principiile de bază, după care trebuie să fie dirijat sistemul cercetat, nu au fost corect formulate, este puțin probabil că vor fi obținute rezultate satisfăcătoare în procesul de dirijare. Această situație se datorează complexității sistemului care poate fi comparată în cazul dat cu o sculă nimerită între roțile dințate ale unui mecanism. Soluția acestei probleme este evidentă: pentru a evita „poluarea” procesului de cunoaștere cu complexitatea mediului înconjurător este necesar de a proiecta sistemele ce urmează a fi create astfel, încât persoanelor care le vor deservi să le fie accesibilă informația despre principiile de funcționare a acestora. Dar asta înseamnă că procesul de cunoaștere și dirijare va fi caracterizat de fracția inversată, adică prin raportul C/I .

Așa cum procesele în societate se dezvoltă într-un ritm accelerat, pe parcursul căruia unele din ele se simplifică, iar altele se complică, cercetările științifice trebuie să aibă capacitatea de a prognoza direcția spre

care se îndreaptă dezvoltarea ramurii respective a economiei și de a face concluziile necesare. De multe ori este suficient să avertizezi la momentul potrivit ce nu trebuie de făcut. Sarcina științei constă în abilitatea de a prognoza viitoarele consecințe ale activității noastre în prezent. De aici deducem însemnătatea factorului timpului care devine o resursă decisivă în procesul de cunoaștere. Despre importanța acestui factor se știe demult. Astfel, filosoful din Grecia antică Seneca menționa că fiecare poate să-ți răpească timpul, dar nu oricine poate să și-l restituie.

În procesul de cunoaștere importanța metodelor de modelare fizică tot mai mult se diminuează, acestea fiind înlocuite cu alte metode. Astfel, profesorul colegiului regal din Marea Britanie, Minni Leman, constata cu regret că în prezent lipsește o teorie care ar sta la baza lucrărilor legate de inteligența artificială. *N-am vrea să contăm pe un pod construit doar în baza unor probe experimentale și nu după știință* – remarcă savantul.

Sistemele fizice, în mod tradițional, sunt cercetate prin două metode. Prima presupune cercetarea fenomenului sau sistemului, aflat în studiu, prin efectuarea unor experiențe de laborator, pe parcursul cărora se acumulează datele privitoare la caracteristicile obiectului dat și reacțiile acestuia la acțiunile din exterior. În cazul cercetării unor fenomene fizice de amploare experiențele sunt înlocuite prin observări. Cea de-a doua metodă se bazează pe aplicarea metodelor analitice (adică matematice) pentru a prognoza comportamentul sistemului care se supune unor legități fizice bine cunoscute.

Aceste metode, de regulă, sunt aplicate simultan, fapt ce a permis de a obține în ultimul secol rezultate remarcabile în științele fizice. Totuși, aplicarea acestora este în multe cazuri limitată (mai ales în sistemele complexe cu multe grade de libertate și care interacționează între ele). Dificultăți în utilizarea metodelor respective au apărut atunci când se foloseau numai metodele analitice, fără a se acorda atenția cuvenită sistemelor reale. Metodele analitice, fiind instrumentul principal în cercetare, sunt inutile la etapa de producere și realizare a produsului finit. Mai mult: aceste metode nu permit de a lua în considerație varietatea legăturilor dintre elementele sistemelor complexe, interacțiunile lor, complexitatea configurației sistemului și multe alte caracteristici. Aplicarea metodelor analitice în aceste circumstanțe presupune introducerea în problemă a unor ipoteze pentru simplificarea sistemului abordat, ipoteze care în fond pot totalmente schimba sistemul. Indiferent de faptul, dacă sunt sau nu justificate aceste simplificări, verificarea justității lor deseori este dificilă sau imposibilă în principiu.

Pe de altă parte, utilizarea metodei experiențelor, adică a modelării fizice, nu întotdeauna este posibilă, iar în unele cazuri nu poate fi realizată (cum, de exemplu, se poate cerceta cu ajutorul experimentului influența munților asupra climei, sau evoluția sistemelor stelare și a galacticilor).

Oricum, experimentele din cadrul modelării fizice furnizează o cantitate limitată de informație. Totodată, intuim că legitățile fizice de bază ale procesului de funcționare a sistemului complex ne sunt cunoscute și am putea prognoza comportamentul acestuia efectuând unele calcule necesare.

Apariția și utilizarea pe larg a calculatoarelor a provocat apariția celei de-a treia metode de cercetare a sistemelor complexe și anume metoda modelării matematice și utilizarea acesteia pentru efectuarea experiențelor numerice. Metoda dată fiind de fapt o dezvoltare a metodei analitice în care se folosesc obiecte (modele) idealizate, permite crearea unor modele de simulare care pot fi cu mult mai complicate decât în cazul modelării fizice.

Metodele numerice permit cercetarea unor sisteme cu un număr sporit de grad de libertate, iar sistemele dinamice neliniare pot fi studiate relativ simplu. Rezultatele unor asemenea calcule permit de a studia schimbările în comportamentul sistemului în intervale foarte mici de timp și cu atâtea detalii care nu sunt posibile în cadrul unor experiențe de laborator.

Calcululele permit verificarea corectitudinii ipotezelor făcute pentru simplificarea modelului. Modelarea numerică, bazându-se pe cunoașterea legităților fizice, le utilizează cu totul altfel decât metodele analitice. Pentru modelarea numerică se cere un ansamblu de metode specifice care în principiu nu au nimic în comun cu metodele de efectuare a unor experiențe de laborator.

Pe parcursul modelării numerice este posibil de a determina care factori influențează într-o măsură mai mare comportamentul sistemului real și care mai puțin. Aceste rezultate sunt folosite ulterior pentru construirea unei teorii care explică comportamentul sistemului modelat. Utilizarea acestor metode la cercetarea unor sisteme complexe, precum sistemele socioeconomice, politice, ecologice etc. a permis obținerea unor rezultate remarcabile și prognozarea comportamentului acestora pe viitor. Prin urmare, modelarea nu este de fapt un scop în sine, dar o etapă esențială în procesul creării unui sistem nou.

Cu toate că în ultimii ani au fost elaborate o serie de modele matematice pentru sisteme socioeconomice și alte tipuri de sisteme, totuși valorile exacte ale parametrilor care se utilizează în aceste modele de obicei nu sunt cunoscute. De aceea, sistemul cercetat este conceput ca un ansamblu format din caracteristicile exterioare ale subsistemelor sale,

adică ca un ansamblu de „cutii negre”. Altfel spus, procesele care decurg în interiorul acestor cutii nu sunt luate în considerație, dar se iau în seamă numai reacțiile lor exterioare. În așa mod, până nu demult se elaborau sistemele automatizate de dirijare și iată rezultatul: acestea au fost create din belșug, dar eficiența lor nu a îndreptățit așteptările.

Soluția poate fi găsită în utilizarea unor modele ale sistemelor care se studiază și în cadrul cărora vor fi cercetate nu numai reacțiile exterioare ale subsistemelor, ci și procesele interioare care provoacă aceste reacții. Dar problema dată poate fi rezolvată prin utilizarea cât mai largă a metodelor de modelare matematică și a experiențelor numerice. Numai așa pot fi obținute rezultate bune în dirijarea diverselor procese tehnologice sau obiecte.

Din experiența acumulată pe parcursul unei perioade îndelungate de timp în aplicarea modelării matematice a problemelor de dirijare cu sistemele tehnice și socioeconomice ajungem la concluzia că modelul, care este adecvat procesului real, permite efectuarea unei analize detaliate a reacțiilor sistemului la acțiunile de dirijare și ulterior construirea unei structuri acceptabile a sistemului de dirijare.

Experiența numerică își găsește aplicare și în modelarea prin simulare. Această metodă de modelare este utilizată la cercetarea sistemului modelat spre a estima eficiența algoritmilor propuși pentru dirijare, precum și a urmări influența diversilor parametri ai sistemului asupra comportării acestuia. Modelul astfel construit reflectă întocmai sistemul real cercetat simulând modul de funcționare a acestuia. Modelele de simulare sunt cu succes folosite în probleme de luare a deciziilor în condiții de risc și reprezintă instrumentul principal de cercetare pentru persoanele care iau decizii. Cu toate că astfel de modele nu permit, de regulă, obținerea valorilor optime ale parametrilor sistemului modelat, ele sunt utilizate pentru verificarea modului de funcționare a sistemului în diverse situații. Totodată, este posibilă prelucrarea statistică a rezultatelor modelării în cazul în care structura sistemului real este supusă unor schimbări și cercetări privind influența diferitor factori aleatori asupra funcționării sistemului.

O altă particularitate importantă a modelării prin simulare este posibilitatea de a studia modul de funcționare a sistemului nu numai în regim de timp real, dar și într-un regim accelerat de lucru.

Rezultatele modelării matematice reprezintă caracteristici cantitative și calitative ale sistemului modelat. Caracteristicile cantitative permit obținerea unor așa valori ale parametrilor sistemului, care nu numai optimizează procesul de funcționare a sistemului după un anumit criteriu, dar caracterizează comportamentul sistemului în anumite situații concrete. Caracteristicile

calitative sunt folosite pentru a concretiza structura sistemului și a cerceta stabilitatea acestuia.

Având în vedere că modelarea matematică și experiența numerică sunt niște instrumente de o valoare indiscutabilă pentru procesul de cunoaștere în diverse domenii ale științei și tehnicii, este util de a elabora în cadrul Academiei de Științe a Republicii Moldova un program de cercetări în domeniul utilizării modelării matematice.

Scopul principal al acestui program este de a crea până în anul 2020 în ramurile economiei naționale sisteme automatizate și sisteme informațional-modelatoare de proiectare, dirijare și exploatare a diferitor obiecte, sprijinindu-se pe prognozele operative și de lungă durată care pot fi obținute în urma efectuării modelării matematice și experiențelor numerice. Unul dintre coordonatorii și realizatorii nemijlociți ai acestui program ar putea fi Institutul de Matematică și Informatică, care obținuse în trecut rezultate remarcabile în acest domeniu și care, din păcate, astăzi acordă o atenție redusă modelării matematice. În contextul cercetărilor și elaborărilor prevăzute de acest program strategic, își vor găsi locul și alte institute și departamente ale Academiei de Științe.



Moissey Kogan. Nud șezând. 1927, bronz, 26,5x14x14 cm., Van Ham Kunstauktionen