

Creative Model Construction in Scientists and Students: the role of imagery, analogy and mental simulation

JOHN J. CLEMENT

UK: Springer, 2008, v + 595 or.

Lan eskerga egin du John J. Clementek zientzialari aditu nahiz estudiante hasiberrien problema ebazpenetako gogo ereduen eraikuntza prozesuak ikeretzen dituen liburu honetan. Liburu mardul ezohikoa da gai hauetan, adibide konkretu ugariz eta lan esperimental zorrotzez jantzitakoa, pedagogia ardatz hartuta filosofia nahiz zientzia kognitiboan barrena arrazonamendu ez-formala edo plausiblea aztertzerako datorrena. Adituen eta ikasleen arrazonamendu ez-formala bereizirik, elkarren konparagarri jartzekotan, aztertu ditu horretarako, adituena hain apartekoa ez dela erakutsiz. Abdukzioa eta arrazonamendu plausiblea kontzeptu filosofiko oinarritzotzat hartuta, analogiaren, gogo-irudien eta gogo-simulazioen zeregina adibide bitxiez, maizenik fisikatikoez, eta teknika esperimental zehatzez ilustratuko du liburuko bostehun orrietan.

Sarreran, arrazonamendu ez-formala “mundu ezkututzat” jo behar genukeela aipatzen du Clementek, aunitzek axalki aipatu arren ez baita bertatik bertara aztertu. Problema ebazpenetan analogia bezalako gogo-prozesu interesgarriak piztearren Clementek eta bere kideek, betiko fisikako kurtsuetako ohiko printzipio eta algoritmo matematikoak aplikatuz urrun, problema fisiko kualitatibo bitxiekin desafiatu izan dute elkar. Halaz, euren artean jarritako buruketekin arrazonamendu plausiblearen metodoak eurengan modu ez-formal intuitibo batean aitzin-deskribatzen dituzte. Gero, adituagoengana joaten dira, unibertsitate irakasle eta ikasleengana, ‘ozen pentsatu’ teknikak erabiliz horien arrazonamendu ildoak grabatzeko. Bide horren abiapuntuan, arrazonamendu plausibleaz George Polyak egin zuen lana laudoriorik aipatzen du, baina bertan, egotez, ez dago pentsalariarengandik sistematikoki eta teknika jakin batez jasotako ebidentziarik. Beraz, adituen sormen-prozesuetan arrazonamendu plausiblearen formak egokiro dokumentatzea da erronka. Gero, emaitza horiekin konparatzekotan, protokolo berberak segituko ditu ikasle hasiberrieekin.

Erronkari heldu aurretik ingurumarian dabilzan ikerlarien eta horien lanen errepasso zabal bat eskaintzen digu egileak. Hauek dira aipagarrienak neu-

rekikoan: zientziaren filosofoen artean arrazonamendu analogikoa bereziki aztertu zuten Harre (1961), Hesse (1966) eta Nagel (1961); Newel eta Simonen (1972) *Human Problem Solving* lan aitzindari logikazalea, problema ebazpenari atxikia; zientziaren historialariek topatutako paper ezezagunak, besteak beste, Maxwellen sormen aldietako paper zirriborratuetan aurkitzen diren eremuen eredu kualitatiboak eta analogia hidrodinamikoak; Gestalt psikologiak inspiratuta arrazonamendu analogikoaz egiten ari diren azterketa kognitiboak (Holyoak eta Thagard, 1989) eta, halaber, analogiari estruktura eman dioten eta laburki aipatuko ditudan *estruttura-mapping teoria* indartsuak; laborategietan bertatik bertara jasotako eztabaiden eta ahozko arrazoitze espontaneoek ikerketa antropologikoagoa; edota, aferaren baitako aldagai berritzaile gisa, gogo-irudiez egin diren ikerketak, irudi estatiko bidimentsionaletatik irudi zabalago eta dinamikoago batzuetara pasatzeko beharra azpimarratzen duen egileak, arrazonamendu espaziala eta espazioko ekintzen ondorioak iragartzeko gogo-prozesuak hobekiago ezagutzekotan. Errepaso guztian zehar eskaintzen dituen erreferentziak, egiten dituen aipamenak eta deskribapen laburtu eta zehatzak gida bikaina dira gaiotan sakontzeko gogo duen edonorentzat.

Horrenbestean, oinarri indartsu bat badago liburuari ekiteko: estudio desberdinek aitzin-ebidentzia sendo baina barreiatu bat utzia dute analogia eta eredu eraikuntza kualitatiboa gisako gogo-prozesu ez-formalek sortzaile indibidualengan nahiz laborategietako ikerketa bileretan duten garrantzia nabarmentzeko. Egileak darabilen metodologia ere, metodologia generatiboa, alegia, esplizituki aipatzen da lanari heldu aitzin: bertatik bertara behaturiko portaeren kasu azterketa indibidualak medio, aipaturiko gogo-prozesu konplexuon ereduak proposatu nahi dira, hots, oinarria behaketa naturalista izango da, Darwinen espezieen azterketaren erara arrazoibide espezie zenbait bereizteko eta koherenteki orokortzeko. Arrazoimenaren jarraibideok 'bataiatzeko' termino berri batzuk asmatu behar izan ditu Clementek, hala nola, "hedapen analogiak", "irudizko simulazioa", eta "irudimen jasokundea"¹; bestalde, usu eta arinki erabiltzen diren zenbait hitz, "analogia", "intuizioa" eta "gogo-esperimentua", ohi baino zehatzago definitu ditu. Finean, Harreren "hipotesi existentziala" hartzen du aintzat alimaleko lan honi ekiteko, hots, subjektuaren baitan nolabait prozesu edo estruktura kognitiboren batek existitu behar duela dioena. Eta, halatan, gogamenaren mundu hain ezezagunean prozesuren bat argi bereiztea, nahiz eta gizabanako gutxi batzuegan eta nahi adina alditan ez nabarmendu, ilargi bakarreko planeta bat topatzea bezalakoa datekeelakoan dago.

Jakina, teoria kognitibo bat ezin daiteke kasu bakar baten gainean jaso, baina enara bakar batek udara egiten ez duen arren, enaren existentzia frogatzen du sikiera. Eta enara soil baten disezio arretatsu batek, horren anato-

¹ Jatorrian "extension analogies", "imagistic simulation" eta "imagery enhancement".

miaz ezezik, informazio gailena dakarkigu baita beste hegaztiekiko, edo narastiekiko, izan ditzakeen antzekotasun estruktural ez ere. Gaitzerdi, lan hauetan hasita, galzorian dagoen arrazoibide espezieren batekin, Zaldi Eroaren azken antxoaren pareko batekin, topo egiten ez badugu. Horiek, alabaina, indukzioaren eta abdukzioaren funtsezko arazoak dira, huts-hutsean hartuta, azpi-prozesu kognitibo konkretu batzuk kateatuz egituratu gabe, aingurarik gabe jitean doazen hausnarketak liratekeenak.

Liburuaren antolaketari dagokionez, independenteki irakur daitezkeen bi parte nagusik eta azken ondorioekin klarki laburbiltzen diren horien barneko sei sekziok osatzen dute testua. Sekzioen pean 21 dira, orotara, kapituluak. Azpikapituluak ere badaude, edozein bilaketa hagitz errazten duten deskribapen zehatzez izendatuak. Lehenengo parteak aditu eta hasiberrien arrazonomenduen antzekotasunak diskutitzen ditu analogiak horietan duen zereginaren arabera, eta hemen erakusten da 'ozen pentsatu' teknikaz grabatutako materiala. Bigarren zatia, aldiz, analogiak eta eredu eraikuntzak irudimen pean nola funtzionatzen duen aztertu nahi du, grabazioetatik ateratako datuak eskuen mugimenduekin eta beste adierazleekin konbinatuz, transformazio eta irudimen espazialean sakontzearen. Horrez gain, bigarren zatian gogo-esperimentuen jardura analizatzen da, eta baita gogo simulazioak gara ditzaketen eredu zientifikoen errekonpentsa propietateak ere. Halatan, irudizko ikasketa eta sormen-prozesuen teoria xeheago eta berriago bat garatu nahi da amaieran.

Lehenengo aipatu beharreko kontzeptua, liburuan egiten den legez, analogia edo arrazonomendu analogikoa da, sormenean adituak diren zientzialari kognitiboek nahiz zientzialariek eurek aitortu izan dioten garrantziaren altxoan. Hasieratik azpimarratzen du egileak bere ikerketapeko analogia *espontanea* dela, eta ez hasiera batetik aurkeztua. Hots, subjektuak osoki sortzen, garatzen eta osatzen du analogia. 3. kapituluaren defintzen du analogia *espontanea*; zilegi bekit definizio hori liburuan bezala ipintzea hemen, egileak hasieratik darabilen metodologia analitikoaz ohartarazteko (34 or.):

(1) Subjektuak, probokazio barik, beste B egoera bat aipatzen du, non ezaugarri bat edo gehiago, aurretik definitu den A jatorrizko problemaren eskuarki finkotzat jotzen direnak, diferenteak diren; (2) Subjektuak erlazio funtzional edo estruktural batzuk (azaleko atributu soiletatik urrun) A eta Bn baliokideak izan daitezkeela adierazten du; eta (3) erlazioetatutako B kasua Aren abstrakzio maila bertsuan deskribatua da.

Beraz, kognitiboki, asoziazio pauso estatiko batera mugatu beharrean, sormen-prozesu zabalago eta dinamikoago batean kokatzen da analogia *espontanea*. Bestalde, analogia *antzekotasun literaletik* apartatzen duen Gentnerren (1983) *mapping estrukturalaren* teorian ez bezala, Clementek antzekotasun literala, Gentnerrentzat azaleko atributuen analogia "hurbil" bakuna li-

tzatekeena, zenbaitetan pauso kognitibo zail, indartsu eta sortzailea datekeela erakutsiko du. Figura literario bat gogarazten dit niri honek, katakresia, hitzaz abusatzea esan nahi duena, euskaraz 'jostorrazaren begia' edo 'haizebe-gia' diogunean legez. Hitzen kreatzioaren lilura horrekin erka daiteke Clementek analogia literal edo "hurbilekiko" adierazten duena, lehenengo aldiz, dakidanaren arabera, lan esperimenter mardul batekin funtsatua. Esan beharra dago Arthur Miller (1984) fisikaren historialariak ere bereziki aipatzen duela katakresia mekanika kuantikoaren genesiaren baitan, eta bestela ere, genesi teoriko moderno askotan, besteak beste, eremuen teoria kuantikoaren hastapenean, Dirac-en 'zulo teoria' bezalako adierazpideek bat-bateko analogia literal soilak adierazten dituztela euren bataio izenetan. Hala eta gutiz ere, analogia literal akastunak gehiago direlakoan nago zientziaren nahiz pentsamenduaren historian "*insight*" sakon erabakigarri bat eskaini dutenak baino. Arriskuan dago hemen Clementen konbikzio iturria, akastun guztiak ahantziak baitira, Dirac beraren 'zulo teoria' kasu.

Oro har, Gentnerren interpretazio estrukturallean edozein arrazonamendu analogiko eskema honetan kondentsatzen da: (1) kasu analogoa asoziatiboki pizten edo azaleratzen da oroimen iraunkorretik; (2) *mapping* bat eratzen da ituan eta iturrian asoziatu diren entitateen artean eta analogiaren baliozkotasuna (Gentnerrentzat atributu konkretuetatik ordena altuko erlazio hierarkiko bateraino doakeena) ebaluatzen da; eta azkenik, (3) giltzarri bat edo gehiago inferitzen dira itu problema ebazteko. Holyoak eta Thagardek ere antzeko ikuspegia dute, alta, bigarrenengo *mapping* etapa jotzen dute garrantzitsuentzat. Clement ere ados dago honekin: errazagoa da balizko kasu analogo bat kausitzea analogia gailen edo esanguratsu bat kausitzea baino. Baina zeintzuk dira analogia *on* baten propietateak? Gentnerren arabera, analogia *on* baten funtsa elkarloturiko ordena altuko erlazioen presentzia da, erlaziook itu problemaren ordena altuko erlazioekin korrespondentzian jar daitezkeen heinean. Beste batzuen arabera, sakontasun edo ordena altu hori ebaluatzea askosaz konplexuagoa da eta zerikusi handia du helburuaren norabidearekin, arazoaren ebazpenaren orientazioarekin. Eredu konexionistak proposatu izan dira asoziazio ebaluazioak inplementatzeko eta baliozkotasunaren neurketa pisu espezifikodun kalkuluez egiteko. Haatik, autore guztiontzat prozesuok iturri eta itu analogikoan deskribapen proposizional esplizitu, diskretuak kateatuz operatzen dute, modu arrunt klasikoan.

Eredu klasiko horretatik at ikuspegi alternatibo bat eraikiko du Clementek arrazonamendu analogikoarentzat. Bere ustez, egindako esperimenteruek teoria klasikoak baino aldagai kreatibo gehiago erakusten dituzte pentsalarien analogia espontaneoetan. Analogiaren agerpena ez da itu problemarekiko asoziazioz soilik oroimenetik erretzen, badaiteke entitate analogiko berria itu problema bera irudimena medio eraldatuz kreetzea. Beraz, oroitu baino, asmatu, irudikatu edo sortu egiten da kasu analogoa.

Irudimenaren garrantzia hori ebaluazio etapara ere hedatzen da Clementen aurkikuntzen arabera. Analogiaren baliozkotasuna eta sakontasuna iturri eta itu errepresentazioetako sinbolo diskretuen *mappingaz* ez ezik, zubi analogia sekundarioak eratuz, kontserbatzen diren aldagaiak (inbariantek) aurkituz, edo iturrian eta ituan gogo-esperimentu edo irudizko simulazioak aldi berean proiektatuz ebalua daitezke. Gainera, orain arte uste ez zen bezala, subjektuek itu problemara emaitzak aplikatu aurretik iturri analogikoaren ulermena findu eta garatu behar izaten dutela ikusi da. Zereginari dagokionez, analogiaren funtzioa ez da mugatu behar soilik iturritik iturako transferentzia horretara, edota iturri eta ituko ezaugarri komunen gain jasoriko orokortze induktibora. Maiz bilaketa analogikoak ituaren ezagutzarako bezalaxe iturri beraren aurrerantzeko ezagutzarako esentziala daitekeen eskema berri bat piz dezake, probokazio gisa.

Ikertutako gizabanakoei planteaturiko buruketek ere, eskuarki ekintzen iragarpena nahiz planifikazioa, edo istorioen ulermena eskatu dutenak, beste ikuspegi eta 'imajinazio' bat hartzen dute Clementengan. Esan bezala, subjektuei ezarritako problemak ez dira fisikako ikasgaietako errezetadun buruketa algoritmikoak, ezohikoak dira, kualitatiboki hausnartu beharrekoak, ezusteko konfigurazio bitxi bat dakartenak muinean dagoen fisikaz *a priori* gogoetatzeko.

Adibidea jartzea izango da onena. Asmakizun horietako batean espira kopuru bereko bi malguki aurkezten dira, malgukietako baten espiren diametroa bestearenaren bikoitza izaki. Bertikalki biei pisu bera zintzilikatuz gero zein hedatuko da gehiago? Subjektuei otutzen zaizkien analogia espontaneoak ugari eta anitzak dira. Aipatu dudana analogia literalaren edo "hurbilekoaren", klasikoki mesprextatua denaren, indarra hemen frogatzen da egilearen aburuz, adibidez, subjektuetako batek eraztun hexagonala malgukiaren espirak konparatzeko darabilenean (geometrikoki oso antzekoa eta hurbilekoa den analogia bat) eta, horren kariatara, beste inork baino azkarrago problemarentzat funtsezkoa den tortzioaren garrantzia intuizten duenean. Antzera, eta hau irakurlearentzat lagatzen dut, Clementek Sisiforen problema deitzen duena ere interesgarria da: aldapa gora gurpil handi bati bultza egitea tokatuz gero, zer da hobe, gurpilaren goiko ertzean hori biraraziz bultzatzea ala gurpilaren atzealdean hori arrastatuz?

Ildo honetan, azalpen kontzeptualek zientziaren barnean agertzen dituzten nolakotasunak izango dira aztergai nagusia; iragarpen jakin bat egin eta gero sistema fisikoa horrela zergatik portatuko den azaltzea, alegia. Erakutsiko denez, analogiak aitzin-eredutzat jo daitezke halakoetan, hots, azalpen eredu zientifikoaren garapenaren abiapuntutzat, zein tai gabe berri eta eraldatuko den esperimentazio eta kritika teoriko pean eredu baliagarri eta koherente bihurtu arte.

Prozesu deskriptibo horietan analogiaren baitako hiru azpi-prozesu be-reizten ditu Clementek: generazioa (ideia pizten den unea), ebaluazioa (idea-ren balekotasunaz eta koherentziaz hausnartzen den aldia) eta garapena (hausnarketa horrek dakarren eraldaketa). Azpi-prozesu horietako batean, ebaluazioarenean, identifikatu den elementu arrunt interesgarri bat zubi-ana-logia da, iturriaren eta ituaren bitartekaritzarako subjektuak asmatutako ana-logia klase bat. Newtonen jaurtigaiaren pasarte ezaguna liteke adibide onena: (i) edozein jaurtigaik kurba bat deskribatzen du lurrazalean; (ii) ilargiak, gure inguruan biraka, kurba zabal itxi bat deskribatzen du; beraz, (iii) abiadura handiz jaurtitako gorputz bat ilargiaren bira osoko kurba deskribatzera ailega liteke. Arrazonamendu analogiko horretan abiadura handiko jaurtigaia zubi-analogia bat da, edozein gorputzen ohiko erorketaren eta ilargiaren orbitaren arteko bitartekaritza analogikoa dakarrena. Beste gauza interesgarri bat ere ba-dago adibide ospetsu horretan, pentsamendu asintotikoa edo muturrekoa, zubi-analogia eraikitzeke erabili dena eta gauzak muturrera (kasu honetan abiadura oso altuetara) eramatean datzana.

Abiadura handiz doan jaurtigaiak eta aurkezturiko analisiak Clementen beste gai garrantzitsu baterako ateak irekitzen dizkigu: gogo-esperimentuaren izaera eta horrek dakarren paradoxa kognitibo fundamentalak. Izan ere, oso paradoxikoa da osoki gogamenean gertatu den esperimentu batek halako ziurtasuna eskaintzea. Etsenpluak ugari dira, 15. kapituluan irakur daitezkeek-nak. Horietan, jada antzemango denez, irudi simulazioa azpi-prozesu ezinbes-tekoa da eta, horrexegatik, Clementek zehazki definitu du subjektuak bere diskurtsoan zehar irudi simulazioak darabiltzala identifikatzeko protokoloa. Gainera, pentsamendu dibergentearen iturri izan daitezkeela azpimarratzen du, irudi berriak eta beste eskema batzuk aktibatuz arrazoitze operazio ani-tzetan murgil baitaiteke gogo-esperimentua. Horrela bada, gogo-esperimen-tuaren indarra, beste ikerlari batzuk legez, iturri arrazional eta enpirikoen konbinazio batetik azaltzen du eta halaxe argitzen paradoxa. Simetria opera-zioak, arrazonamendu espaziala, pentsamendu asintotikoa edo muturrekoa, eta esperientzian oinarritutako ezagutza zinetikoak nahiz dinamikoak, irudi simulazioa medio, benetako esperimentu baten ziurtasuna dakar gogamene-tik atera gabe.

Behin hona iritsita, Clementen gogo-esperimentuen eraikuntza ereduaren-tzat erronka zail bat proposatzea badagokidanez, nola azal dezake giza intui-zio espazial eta sen on ohikotik, besteak beste, Einstein gazteak argi-izpi bat zamalkatzen zueneko gogo-esperimentu haren genesis eta hasieratik izan zuen ziurtasuna? Argi dago etsenplu horretan gogo-esperimentuen paradoxa ez dela salbatzen ezagutza enpiriko eta irudizko arrazoibideen konbinazio peko indarretik, giza-pertzepzio ohikotik eta sen onetik haraindi baitago argi-izpi baten gainean esertzea. Hau da, ez da uki dezakegun malguki batez edo gurpil batez pentsatzea bezalakoa. Hemen, hala bataiaturiko “irudimen

jasokundea” ere balio gabetu egiten da hein batean, gogamenean irudikatzen dugunarekiko orientazio edo tamaina aldaketak, edo problemaren egoeraren ikuspegi berriak gorputz oinarriak galtzen baititu. Haatik, Clementen alde jarrita, problema “errazago imajinatu” ahal izateko konfigurazioa eraldatzeak eskaintzen duen ebidentzia zuzenagoak hortxe dirau, irudimen jaso horri helduta.

Azken hiru kapituluetan, liburuaren laburpena eta ateratako ondorioak xeheki batzen dira. Irakurraldi labur batean, Clementek egindako esperimentuen zehaztasun, protokolo eta transkripzioetan ito gabe, emaitza garrantzizkoen berri izan daiteke. Bere osotasunean testua errepikakorra da, baina egileak hartu duen lan esperimentalari eta zorrotasun metodologikoari zor zaiolakoan nago, ezinbestean esperimentuen erreferentziak behin eta berriro gogorarazi beharri.

Finean, irakurketan zehar enpiriaren eta metodologiaren astuntasunari zorrotz eusteko irrika mantenduz gero, ondorio interesgarri bezain liluragarrietara garamatzen liburu bat da hau.

Alain Ulazia
ILCLI

Erreferentziak

- Gentner, D. (1983), “Structure-mapping a theoretical framework for analogy”. *Cognitive Science* **7**: 155-170.
- Harre, R. (1961), *Theories and Things*. London: Newman History and Philosophy of Science Series.
- Hesse, (1966), *Models and analogies in science*. South Bend: Notre Dame University Press.
- Holyoak, K. J. eta P. Thagard (1989), “Analogical mapping by constraint satisfaction”. *Cognitive Science* **13**: 295-355.
- Miller, A. I. (1984), *Imagery in scientific thought: creating 20th century physics*. Boston: Birkhäuser.
- Nagel, E. (1961), *The structure of science*. New York: Harcourt.
- Newell, A. eta H. Simon (1972), *Human Problem Solving*. New Jersey: Prentice-Hall.

