

jatorrizko testua 20. orrialdean

1970eko hamarkadaren amaieran Benoît Mandelbrot matematikariak deskubritu zuen geometria fraktala, eta fraktal terminoa hartu zuen mundu naturalaren egitura irregular eta kaotikoa deskribatzen duten kontzeptu matematiko berriak izendatzeko. Zientziak aplikazio praktikoak aurkitzea lortu du, artearen munduak, aldiz, flirteatu egin du eta emaitza bereziki bitxiak aurkitu ditu (ikuspegi teorikotik behintzat) musika konputazionalaren alorrean.

R O C J I M É N E Z D E C I S N E R O S

## Kaosa, aleatoriotasuna, fraktalak eta audioa

“Aleatorio” edo “kaos” hitza testuinguru artistikoan entzutean, gure kasuan soinudunean, hauek dira burura etortzen zaizkigun lehenengo ideiak: koordinaziorik eza, zalaparta, nahasketa eta zentzugabekeria. Hala eta guztiz ere, ez da gaien aditua izan behar jakiteko, edo gutxienez onartzeko, musikak kalkuluak, zifrak eta eragiketa matematikoetan murriz baditzake, ez dagoela lekuz kanpo musika hori nolabait kausetik edo aleatorioa denetik abiatzea edo harantz zuzentzea. Agian argitu beharrekoa izango da gaizki erabilitako hitz horien esanahia (aleatorio, estokastiko, fraktal, kaotiko) eta musikaren konposizioan edo interpretazioan duten aplikazioa.

Termino horietatik lehenengoa aleatoriotasuna da. Matematika komunitateak literalki mendeak daramatza ideiarri bueltak emanez eta duela hamarkada gutxi batzuk, 1960ko hamarkadaren erdialdean, hasi zen bere esanahia berriz definitzen. Gregory J. Chaitin eta A. N. Kolmogoroven teoriak ezarri zuen 1965ean “zenbaki zerrenda bat aleatorioa dela zerrenda hori ordenadore bati zehazteko gai den algoritmorik txikienak serieak bezainbat informazio biltzen badu”. Beste hitzetan, seriea benetan aleatorioa da ez badugu inolako arau matematikorik aurkitzen seriea bera baino espazio txikiagoan iragarriko duenik. Iritzi horiek, eta hurrengo urteetan aleatoriotasuna, probabilitatea eta sistema ez linealen ikerketatik ondorioztatu direnak ikusirik, audientziaren gehiengoak bere subkontzientean gordetzen duen “musika aleatorioaren” edo “musika gorabeheratsuaren” aurretik zehaztutako ideia gutxienez komikoa da (eta Mozart bere *Musikalisches Würfelspiel* ezaguna konposatzeko dadoekin jolasten zeneraino atzera egin beharko luke, adibidez, eta gutxienez, XX. mendearen eta bere esperimentu estokastikoen abangoardietara iritsi).

Inteligentzia artifizialaren eremuan, “inguru deterministikoa” deitzen zaionaren aurkako “inguru estokastikoa” da, eta horren ondorengo estadia ez da aurrekoak edo kanpoko ekintzek zehaztua etortzen. Termino hori maiz erabili da musika giroetan Morton Feldman, Iannis Xenakis, Witold Lutoslawski edo John Cage bezalako egileek erabili eta ezagun egin zutenetik *Music of Changes* (Cage, 1951) bezalako piezekin, XX. mende erdialdean.

Onartu behar da, noski, konposizio aleatorio edo estokastiko batean egileak erabakiak hartzen dituela (iraupena, instrumentu kopurua, instrumentu mota, egitura eta beste hainbat faktoreen ingurukoak), baina konposaketa edo interpretazio prozesuaren zati bat aleatorioak bakarrik diren taktikei lotuak egongo dira. Horietan, konpositoreak edo interpreteak ere erabakiak hartu beharko ditu, edo gutxienez, fisikak mugatzen du; pieza jakin bat pianoarekin interpretatzeko garaian, teklatuak ezarriko du gutxieneko eta gehieneko tinbre bat, obran sartu ahal izango diren noten guztizko kopurua etab. Zortzidun mugagabeak dituen piano hipotetiko batean bakarrik jo ahal izango genuke taktika aleatorio horietariko batekin lortutako “edozein” nota.

Adibide hori berdin aplikatzen zaie instrumentuei edo “metainstrumentuei”, hasiera batean pianoa bezain mugatuak ez direnak, ordenadore bat kasu, non programazio inguru oso ireki batetatik abiatuz, Csound, Supercolider, Pd edo Msx/MSP kasu, aukerak oraindik ere finituak diren. Hasteko, nahiz eta inguru horiek guztiek zenbaki aleatorioak sortzeko ahalmena duten, ezinezkoa da lortutako zifra benetan aleatorioa izatea. Zehaztasun hori azken finean hutsala da, sistema horietatik bat bera ez zelako “benetan” aleatorioak diren zenbakiak sortzeko, konposatu eta audioa manipulatzeko baizik (eta kasu batzutan bideoa) eta ondorioz, zenbaki aleatorioak sortzeko beren erremintek beren funtzioa bikain betetzen dute, baina ez dago soberan horretan pentsatzea. Dave Sabine, Amerikako Estatu Batuetako musikari eta programatzaile denak, zehazki biltzen du ideia hori. “Balioztapen fraktalak eta bestelako sistema konplexuak erabiltzen dira programazioan zenbaki aleatorioak sortzeko. Baina hala eta guztiz ere, guztiz ezinezkoa da konputagailu batek guztiz aleatorioa den zenbaki bat sortzea. Normalean, ordenadoreari irakasten zaio balio aleatorio bat kalkula dezan, emandako erro batean oinarrituriko algoritmo matematiko bat erabiliz, batzuetan makinaren barruko erlojuaren balioa (adibidez: erlojuaren zenbakia hartu –demagun 12:30– eta ekuazio batean erabili aleatorioa dirudien zenbaki bat sortzeko). Zentzu horretan, fraktalak erreminta oso baliagarriak dira gero musika konposizio batean frekuentzia, iraupen, anplitude eta abar gisa erabili ahal izango diren balioak sortzeko. Zenbakiak aleatorioak irudiko dute, patrioiaren konplexutasuna dela eta, baina beraien artean liluragarria, eta beti interesgarria gerta daitekeen erlazio ilun bat gordetzen dute”.

Fraktalak, 1970eko hamarkadaren amaieran Benoit B. Mandelbrot matematikariak “aurkituak”; nahiko esplotatu dira eremu grafikoa; hippy generoak azkar sartu zituen bere programa ikonografikoa bere espiral koloristak beste ihes eta bidaia modu batean, kasu honetan begizkoa bakarrik zena. Baina oraindik ere unibertso fraktalaren gainetik dabilen aura psikodeliko/psikotropiko horrek ez luke bere interesa murriztu behar, ez eta ikertutako gaia izateko bere aukera anitzak ere. Fraktalen bizitza publikoko bi hamarkada horietan zehar, zientziak lortu du aplikazio praktikoak aurkitzea (datuen enkriptazioan edo fisikaren hainbat alorretan), artearen munduak, aldiz, neurri handiagoan edo txikiagoan horiekin flirteatu du, eta emaitza bereziki bitxiak izan ditu (ikuspegi teorikotik begiratuta behintzat) musika konputazionalaren eremuan. Alor horretan, fraktalak konposizio bati nolabaiteko izaera “naturala” emateko konponbide interesgarri gisa agertzen dira.

Naturak, bere barruko ordena izan arren, diametralki industrial, aritmetikoa denari eta geometria tradizionalari kontrajartzen zaion forma konplexutasun bat du, Euklidesetik datorrena. Aurretik ezin jakitea eragiten duen konplexutasun bera. Fraktalek, nahiz eta ekuazio matematiko zehatz baten fruitu izan ( $z=z^*z+c$ ), naturaletik gertu dauden zenbaki serieak izaten dituzte emaitza. Izan ere, sobera ezaguna da

Naturak, bere barruko ordena izan arren, diametralki industrial, aritmetikoa denari eta geometria tradizionalari kontrajartzen zaion forma konplexutasun bat du, Euklidesetik datorrena.

Mandelbrot edo Kochen errepresentazio fraktala eta magnifikatutako brokoli zati baten edo elur maluta baten arteko antzekotasuna. Horregatik, musika konposizio baten edozein parametro kontrolatzeko fraktalak erabiltzea konplexutasun naturala eta ñabardura aberatsak gehitzeko modu eraginkor bat izan daiteke, aurretik jakin daitekeena eta aleatorioen arteko oreka fin batekin, errepikapena eta sorpresaren artekoarekin, inoiz logikaren menderatzea alde batera utzi gabe. Berritzaile irudi duen arren, ideia hori ez dago artean perfektioa bilatzearen ideiatik oso urrun, antzinako Grezietatik baitator eta bere eskala sistemetatik, tarte ezin hobeetatik edo auraren perfektioetik.

Gauza da ontzat eman arren estrategia fraktala musikaren eremuan, eta nahiz eta 1980ko hamarkadako joera horretara gehitu diren egile kopuru esanguratsuz gain (Gary Lee Nelson, Charles Dodge, Jung Sung Young, Charles Wuorinen, Diana Dabby, Phil Thompson, Rodney Wachka, Alexandra Kurepa dira nabarmentzekoak), sistema ez linealen deribazioen eta kaosaren teoria guztiak, eta bakoitza musika konputazionalari arrakastaz aplikatzeko aukerak, oraindik ere eskura dauzkagun ordenadoreen ahalmen mugatuen mende daudela. Duela hamar urte baino gutxiago, Niccolò Negropontek baieztatu zuen “makinak inteligenteak izango direla”. Eta agian egunen batean izango dira, baina egun oraindik ez digute naturaren konplexutasun atxikiari zuku guztia ateratzeko aukera ematen. Lehen esaten genuen moduan, adierazi daitekeena baina aurretik jakin ez daitekeena bihurtzen duena.

Egun kaosaren teoria gisa ezagutzen dugunak bere jatorria zorioneko kasualitate batean du, egualdia iragartzeko esperimentu batean gertatua. Edward Lorenz meteorologoa izan zen lehenengo harria jarri zuena konturatu zenean eguraldiaren bilakaeraren bere iragarpenak (berak diseinaturiko programa informatiko baten arabera) errealitatetik erradikalki desbideratzen zirela datuak ordenadorean sartzen ziren zehaztasunaren arabera. Lorenzek aurkitu zuen iragarpenaren emaitzak oso desberdinak zirela hiru hamarrekoko zenbakiak erabili beharrean, sei hamarrekotakoak erabiltzen bazituen. Diferentzia oso arina zen eta garai hartan komunitate zientifiko orokorrak hutsaltzat jotzen zuena, laster “tximeleta efektua” bezala ezagutuko zen (bi zenbaki serieen

arteko desberdintasuna nabari daiteke denbora pixka bat pasa ondoren, baina hasieran hain txikia da ezen tximeleta baten hegalean mugimenduarekin alderatu zen). Alde batetik paradoxikoa da aurkikuntza hori, laster kaosaren teoriari eta sistema ez linealei leku egingo ziena, natura behatzeko testuinguru batean gertatzea unibertso fraktalaren kasuan bezala, Mandelbrot burtsaren mugimenduen bilakaera eta joera aztertzen ari zen bitartean ikusten hasi zena. Horrela, ehunka urtetan zehar zientziak fenomeno naturalak guztiz antolatua dagoen osotasun baten parte gisa azaltzen egindako saiakerak erori egin ziren hipotesi berri baten onerako, unibertsoa errealtate ez lineal bat, eta gure ezaguera eta ulermena baino harantzago dagoena dela zioena. Kaosaren kontzeptua berriz definitu ondoren, kontzeptu hori hala zientziari nola soinuari behin baino gehiagotan erreferentzia egiteko erabili da 1960ko hamarkadatik aurrera.

Instrumentu tradizionalen propietateen inguruko analisisiaz gain, kaosaren analisi zehatzean oinarritzen direnak, Nevelee H. Fletcherren "Nonlinear Dynamics and Chaos in Musical Instruments" (1994), kaosa soinuaren bitartez aztertzeak emaitza interesgarriak eman ditu Gary Lee Nelson, Donna Cox, Cgris Landreth, Robin Bargar edo Insook Choi bezalako musikariren eskuetan. Seinale kaotikoak seinale akustiko kaotiko konplexu gisa sintetizatzeak prozesuak informazio baliotsua eman dezake kaosaren teoriak "atraktore" (sistema kaotiko batek bilakatzen duen kurba edo espazioa) deitzen duenaren egituraren xehetasunei buruz. Prozesu horietatik eza-gunena da Chuako zirkuitua duena protagonista, jarrera kaotiko bat sortzeko eskakizun teknikoak betetzen dituztenetatik sinpleena, gainera, sistema fisiko bakarra da (hardware analogikoa eta estimulazio digitalaren arteko konbinaketa) non matematikoki frogatu ahal izan den kaosa existitzen dela. Leon O. Chua doktoreak asmatutako zirkuituak hainbat seinale mota sortzen ditu, egitura senoidal periodikoak edo aurretik jakin ez daitezkeen soinu patroiak.

Beste behin, azpimarratu behar da zirkuitu horren (40 atraktore desberdin inguru sortzen dituen) sintesi soinudunarekin lorturiko emaitza batzuk erraz gogoratzen dutela eguneroko naturako soinuetara. Sintesi hori zientifikoki atraktoreen jarrera analizatzeko nahiz helburu musikalekin erabili da, *Anti-Odyssey*, *The Irreversibility of Time*, Korea-



Badakigu koartada matematiko batek ezin duela musika pieza baten balio artistikoa justifikatu, baina era berean, ez du zertan balio hori ezeztatzeako balio bat bihurtu.

*Irudi hau Benoit Mandelbrot-en lanetan oinarritua dago*





ko Insook Choi konpositorearen obraren kasuan bezala. Siggrapheko 1994ko edizioan, Choik, eremu soinudunetako kaosaren beste esploratzaile ezagun bat, Robin Bargar, partaide zuen talde baten laguntzarekin, hiru dimentsiotako interfaze digital bat aurkeztu zuen bisitariei “Chuaren zirkuituak sorturiko kaosaren soinuarekin jolasteko” aukera ematen ziena. Hona hemen Chua doktorea beraren erreakzioetariko bat:

“Robinen taldea egiten ari den lana aitzindaria da merkatal botere ikaragarri duen eremuan. Sorkuntza izugarria eta oso background zabala eskatzen ditu punta-puntako teknologia programaziorako, dinamika ez linealerako eta musikarako dohain handiak konbinatuko dituen aukera infinituko sistema sinergetiko batean. Horrek guztiak lehenengo mailako garrantziko puntako ikerketa adierazten du”.

Hala eta guztiz ere, bere “Computer Music and the Importance of Fractals, Chaos, and Complexity Theory” idatzian Mladen Milicevic doktorea saiatzen da estrategia mota hori eta bestea desmitifikatzen, edo gutxienez, musikan duten balioa. “Egunetik egunera gehiago erabiltzen da kaosaren mugan ekoizturiko edozer ona edo sorkuntzakoa dela onartzen duen ideia okerra. Hasteko, berria bakarrik da, eta bilakaerak eta urteek bakarrik esango digute antropozentrikoki positiboa edo negatiboa den. Produktuak nolabait naturaren sisteman sartzeko joera hori izateak ez duelako zertan adierazi elegantea edo estetiko erakargarria dela”.

Izan ere, hori da historia guzti honen arrisku posibleetako bat. Badakigu koartada matematiko batek ezin duela musika pieza baten balio artistikoa justifikatu, baina era berean, ez du zertan balio hori ezeztatzeko balio bat bihurtu. Eta edozein moduz, fraktalak, serie aleatorioak edo kaosa aztertu eta aplikatzeak audioari, gutxienez, musikologiaren eta arte baten hurbileko iraganaren eta berehalako etorkizunaren zati bat gehiago osatzen dute, musikarena, historikoki zientziaren eskutik aurrera egin duenarena. ❖

ROC JIMÉNEZ DE CISNEROS musikaria da. Bere lana konposizio algoritmikoaren tradizioan kokatzen da. Bere obrak Mego, Scarcelight edo Alku (bere zigilu propioa) bezalako diskoetxeetan editatzen dira. Bartzelonan bizi da eta txintxilla bat du lagun.