

PATROI BIOLOGIKOAK FORMAREN AZALPEN MATEMATIKOA

Gaiak Argitaletxea

Egilea: Asier Goia Urigain

Arloa: Biologia

Webgunea: <http://www.gaiak.net>

2014/01/05

Bizidunetan patroi erregularrak osatzen dituzten egitura txundigarriak daude; intsektu batzuen begi erretikulatuak, zenbait arrain eta sugerren zerrendak edo bakterio koloniak horren adibide dira. Nolanahi ere, sistema biologikoen forma-komplexutasuna ingeniari ausartenen ametsetatik haratago doa. Materia genetiko komuna duten zeluletatik eraikitako organismo desberdinen garapena eta eraketa ulertzea erronka izugarria da.

Hainbat zientzialari prozesu horiek argitzen saiatu dira, eta azken hamarkadetan biologia matematiko delakoak emaitza oparoak lortu ditu. Izan ere, konputazio-ahalmena areagotzeak kalkulu eta simulazio gero eta konplexuagoen garapena baimendu du.

Biologia matematikoa

Diziplina horretan, prozesu biologikoak azaltzeko balio duten eredu matematikoak eraikitzen dira. Prozesu konplexu horiek tresna analitiko sendoen bidez soilik azter daitezke eta matematikak lanabes egokiak eskaintzen ditu zeregin horretan. Eredu matematikoak aztertu nahi den fenomenoan eragin urria duten aldagaiak leundu eta oinarritzkoak indartzen dituzten errealitatearen irudikapen inperfektuak dira. Hala ere, bizidunetan agertzen diren formak modu zehatzean aurrez esateko balio dute kasu batzuetan.

Ingurune bizigabearen egitura askotan ere patrioiak hauteman daitezke, esaterako, dunen antolaketan edo hodeien formetan. Antolaketa "barne programatua" duten organismo biologikoen materiak eta kanpoko indarrek modu ez linealean elkarri eragiten diote egoera ordenatuak determinatzeko. Bizidunetan edozein forma ez da posible, espazio-eskalaren arabera murrizketa fisikoak (konstrikzioak) agertzen baitira. Geometriak eta fisikak mugak ezartzen dituzte. Horrenbestez, biomatematikak zeresan handia du forma eta ordenaren antolaketa (morfogenesia) ikerketa arloan.

Erreakzio-difusio ereduak

1952. urtean, Alan Turing matematikari britaniar entzutetsuak eredu matematikoa proposatu zuen sistema biologikoen morfogenesia azaltzeko. Funtsean, eredu horrek morfogenesia azaltzen zuen zelula ehunak erreakzionatuz eta barreiatuz zeharkatzen zituzten substantzia sistema bitartez. Substantzia kimiko horiei "morfogeno" izen generikoa eman zien euren izaera (geneak, hormonak, pigmentuak...) zehaztu gabe. Morfogenoak, difusio-legeak jarraituta, kontzentrazio handieneko guneeetatik txikieneko guneeetara mugituko ziren, eta erreakzioaren abiadura substantzia erreaktiboaren kontzentrazioaren arabera izango zen.

Orain organo, ehun edo beste edozein egitura biologikoren eraketa geneen aktibazio mailakatuari egozten zaio baina horrek soilik ez du morfogenesiaren prozesua azaltzeko balio.

Turingek, morfogenesiaren konplexutasunaz ohartuta, ikuspuntu kimikotik organoen eraketa azaltzeko oinarria izango zen eredu matematiko sinplea proposatzea zuen helburu. Erreakzio-difusio ereduak patroia biologiko anitzak irudikatzeko balio dute eta, gaur egun, tumoreen hazkuntza, bakterio kolonien agerpena edo ura eskasa den guneetan landarediaren banaketa espaziala azaltzeko erabiltzen dira.

Murray eta animalien larruazala

Ikerlari horrek, Turingen eredueta oinarrituta, zenbait animalien larruazalean agertzen diren zerranda edo orbanen eraketa aztertu zuen. Horretarako, aintzat hartu zuen definizio-eremuen geometria eta eraketa-prozesua enbrioien zein garapen estadiotan aktibatzen zen. Horrela, eredu horiek erabilia eta gorputzaren geometriaren arabera, hainbat ugaztunen pigmentazio-patroiak oso modu zehatzean simulatzeko gai izan zen.

Gainera, Murrayk patroia biologikoei dagozkien beste hainbat ezaugarri ondorioztatu zituen. Bere esanetan, sugeen azalean marrak edo eraztunak dituzten patroiak soilik era daitezke eta sekula ez dira puntuak edo orbanak agertuko. Baieztapen hori sugeen azalak laukizuzen estua eta luzea osatzen duela suposatuz lortzen da. Bestalde, bere ustez, ezinezkoa da gorputzean marrak eta isatsean orbanak dituzten animaliak sortzea eta bai, ordea, kontrako gertatzea. Izan ere, orbanen eraketa mekanismoa bera da gorputzeko atal guztietan; beraz, gorputzean marrak sortzen badira isatsean ere marrak agertuko dira.

Halaber, Turingen ereduak baliagarriak dira itsasoan bizi diren zenbait krustazeo edo arrainen azaleko pigmentazio-patroiak azaltzeko.

Zoom in

Askoren iritziz, D'Arcy Wentworth Thomson izan zen lehen biomatematikaria. Zientzialari eskoziar horrek prozesu biologikoak matematikaren ikuspuntutik landu zituen eta patroia biologikoen azterketan aitzindaria izan zen.

1917. urtean, *On Growth and Form (Hazkuntza eta Formaz)* liburu berritzailea plazaratu zuen. Lan horretan iradoki zuen forma biologikoen aldaketak "transformazio kartesiarrak" deiturikoen bidez modelatu eta deskribatu zitezkeela. Hala, konbinatu zituen landareen eta animalien hazkuntza, forma eta eboluzioa azaltzeko filosofia naturalaren ikuspegi klasikoa, geometria, biologia modernoa eta matematikak. Hazkuntza denboran zehar gertatzen den mugimendua bezala irudikatu zuen.

Bere azterketa egiteko, banakoaren bizitzan zehar edo espezieen historia ebolutiboan gertatzen den hazkuntza ilustratzeko erretikula bidezko metodologia garatu zuen. Transformazio matematiko sinpleak aplikatuta, irudikatu zuen animalia jakin baten forma basikoa marraztuta zuen lamina edo erretikulatik beste baten forma nola sortu zitekeen. Horrela, antzekotasunak dituzten arrain taldeak, krokodilo motak eta, azkenik, tximino eta gizakien arteko forma-konparazioak egin zituen. Gainera, organismo desberdinen forma biologikoa eta hazkuntza funtzio matematikoen bidez deskribatzea lortu zuen.

Aitzitik, prozesadoreen eta konputagailuen garapena gertatu arte ezin izan ziren forma eta hazkuntzaren ikerketa biologikoa egiteko beharrezko eredu matematikoak finkatu.

