

TË MENDUARIT MODULAR NË BIOLOGJI

ZYRI BAJRAMI.

Universiteti i Tiranës, Fakulteti i Shkencave të Natyrës, Departamenti i Biologjisë

e-mail: zyri.bajrami@fshn.edu.al

Përmbledhje

Modulariteti ose përbërja nga disa pjesë funksionale e organizmave të gjallë është një fakt i njohur shkencor, por përkufizimet e këtyre pjesëve, që shpesh konsiderohen module, janë objekt i vazhdueshëm i debateve shkencore. Moduli konsiderohet një bashkësi e molekulave, strukturave dhe individëve, informacioni i të cilit kryen një funksion ose formon një efektor që kryen një funksion. Informacioni sipas të cilit elementët përbërës të modulit bashkëveprojnë, mund të jetë kimik, gjenetik dhe neural. Për rrjedhojë, tre janë edhe modulet përkatëse. Ky informacion është funksional dhe sasia e tij matet me probabilitetin e kryerjes së funksionit. Gjithashtu, në përpjekjet tona bën pjesë dallimi i konceptit funksion nga koncepti qëllim. Është e vërtetë që funksioni e diferencon biologjinë nga shkencat e tjera natyrore, por qëllimi nuk ka vend jo vetëm në sistemet jo të gjalla por dhe në ato të gjalla. Së fundi, konceptet rreth moduleve dhe modularitetit konsiderohen një formë e të menduarit dhe konkretisht, të menduarit modular krahas të menduarit populativ dhe të menduarit pemë.

Fjalëkyçe: Modularitet, modul, të menduarit modular, funksion, informacion funksional.

Abstract

Modularity i.e the composing by functional units of living organisms is a well known fact but the definitions of these functional units a.k.a modules, are frequently debated. A module can be defined as an aggregate of molecules, structures and individuals and the information on which a module is based, perform a function or creates an effector which performs a certain function. The information on which module units interact can be of chemical, genetic and neural nature. Therefore, the module formed are three. This type of information is functional and it is measured by the probability of function performed. In addition, there is a clear definition between function and purpose. We believe that function differentiate biology form the other natural sciences and the notion of purpose it is not an appropriate approach when referring to non- living and living systems. To sum up, the approach regarding modules and modularity is considered modular thinking, along population thinking and tree-thinking.

Key words: Modularity, module, modular thinking, function, functional information.

Hyrje

Shkenca më shumë se sa një bashkësi dijesh, është një mënyrë të menduari (Sagan, 1997). Dëshmi të këtij pohimi janë në biologji “të menduarit populativ” dhe “të menduarit pemë”. Të menduarit populativ është futur ne biologji nga Mayr (1959) dhe është konsideruar prej tij si kontributi themelor i Darvinit. Me të drejtë pranohet se për të kuptuar idenë e të menduarit populativ është e

domosdoshme të ballafaqohet me mënyrën e të menduarit që ai ka zëvendësuar (O'Hara, 1997). Sipas Mayr, ky tip të menduari në biologji ka zëvendësuar tipologjinë ose esencializmin. Në dallim nga ai, të menduarit popullativ hedh poshtë idenë se variacionet janë 'gabime' dhe e konsideron variacionin individual brenda një lloji, rezultat të proceseve mutacionale dhe rekombinuase. Për të menduarit popullativ, është i vërtetë individi dhe jo tipi muzeal.

Nga ana tjetër, është i njohur në biologji edhe "të menduarit pemë" i cili përshkruan aftësinë për të konceptuar lidhjet evolutive (Meisel, 2010.). Pemët filogjenetike shprehin lidhjet evolucionare të llojeve ose të grup llojeve dhe roli i tyre është kritik për të kuptuar evolucionin (Baum & Offner, 2008). Ky artikull trajton një mënyrë tjetër të menduari, i cili pranon se 'organizmat e gjalla janë të përbërë nga pjesë që sigurojnë mbijetesën dhe riprodhimin (Maynard Smith & Szathmary, 1995). Qëkurse njerëzit filluan të interesohen se si funksionon një organizëm i gjallë, ata lidhën një pjesë të organizmave të gjalla me një funksion të caktuar. P.sh pjesët e bimës si rrënja, kërcelli, gjethja, lulja etj. njerëzit i lidhën me një funksion të caktuar dhe për rrjedhojë, çdo pjesë është një njësi funksionale ose një modul.

Ndoshta ky fakt tregon se ky lloj të menduari nuk i kundërvihet perceptimit standart folkbiologjik, si ndodh me të menduarit pemë apo popullativ (Baum, 2005.) Nga ana tjetër, modulet ekzistojnë në çdo nivel të organizimit të botës së gjallë (Bolker, 2005; Lorenz *et al.*, 2011; Esteve-Altava, 2016) dhe kjo ka bërë që përkufizimet për modulet të ndryshojnë shumë njëri nga tjetri.

Nëse nga këndvështrimi i biologjisë tradicionale moduli është një grup tiparësh që janë brendësisht të integruar me anë të bashkëveprimit midis tipareve (Klingenberg, 2008), ku plani trupor shtazor mund të dekompozohet në njësi të veçanta strukturore dhe funksionale (He & Deem, 2010) për biologët molekularë ai konsiderohet një grup proteinash që kryejnë një funksion të caktuar (Frasser, 2005), një organizim i makromolekulave që kryejnë një funksion sinkron në një rrugë të dhënë metabolike (Dani & Sainis, 2007), një bashkësi gjenesh që bashkëshprehen ose që bashkërregullohen (Litvin *et al.*, 2009). Zakonisht biologët i konsiderojnë modulet si komunitete molekulare të cilët paraqiten në grafe ku *nodes* ose *vertices* tregojnë molekulat (proteinat, gjenet, metabolitet) dhe *edges* ose *links* tregojnë lidhjet ose bashkëveprimet midis molekulave (Neumann, 2006; Lecca & Re, 2015). Në rastin e fundit, molekulat klasterohen në module, duke u bazuar në kriterin e konjuktivitetit. Sipas këtij kriteri, *nodes* ose *vertices* që kanë më shume *edges* ose *links* midis tyre i përkasin një moduli. Ka shkencëtarë që kriterin e konjuktivitetit e konsiderojnë arbitrar dhe jo te besueshëm (Dassow & Monrow, 1999). Nga një grup tjetër shkencëtarësh, modulet përkufizohen si bashkësi e molekulave bashkëvepruese prej së cilës lind një funksion diskret (Hartwell *et al.*, 1999; Alon, 2003; Pantoja – Hernandez & Martinez – Garcia, 2015).

Nga këto përkufizime, mendojmë se ky i fundit plotëson konceptin tonë për modulet, si nënsisteme të sistemeve të gjalla. Nga ky këndvështrim, moduli si sistem do të quhet një bashkësi e molekulave, strukturave apo individëve, nga bashkëveprimi i bazuar në informacion i të cilave kryhet një funksion ose formohet një efektor që kryen një funksion. Konceptualizimi i moduleve si nënsisteme të sistemeve të gjalla, në etapa të ndryshme evolucionit të materies dhe konkretisht, gjatë evolucionit kimik, biologjik dhe kulturor, kërkon një mënyrë tjetër të menduarit, të cilën do ta quajmë të menduarit modular.

Modulet janë nënsisteme të sistemeve të gjalla

Përkufizimi si më sipër i modulit, i jep rëndësi faktit se elementët që përbëjnë një modul ndodhen në bashkëveprim, gjë e cila është karakteristike bazë e sistemeve: Sistemet janë një bashkësi e elementëve që ndodhen në bashkëveprim (Bertalanffy, 1968). Megjithatë, në përkufizimin e modulit, në dallim nga ai i sistemit, i vihet rëndësi faktit se bashkëveprimet janë të bazuara kryesisht në informacion (Roederer, 2003) dhe se ato janë pasojë e informacionit (Gershenson, 2003). Ky argument, d.m.th se bashkëveprimet janë pasojë e informacionit, kuptohet vetvetiu nëse pranojmë mendimin se cdo gjë që ekziston në dy ose më shumë gjendje, është burim informacioni (Shannon, 1948). Kjo ide e formuluesit të teorisë së informacionit është mbështetur here pas here nga shkencëtarë të ndryshëm. P.sh gjendjet fizike dhe kimike konsiderohen bartëse të informacionit të testueshëm (Kralj, 2017) dhe reaksionet kimike quhen procese njohëse (Rebek, 2009).

Bazuar në këtë mendim, arrijmë në përfundimin se të paktën që me formimin e grimcave elementare, evolucioni i materies është shoqëruar nga evolucion i informacionit dhe i ndikuar prej tij. Në të kundërt, shkenca e sotme do të ishte skllave e konceptit të materies pasive (Depew & Weber, 1996; Linde- Medina, 2010; Andrade, 2011). Në të mirë të materies aktive është mendimi i nobelistit Lehn (2002): ‘As the wind of time blows into sails of space, the unfolding of univers nurtures the evolution of matter under the pressure of information.’

Nëse pranojmë se tre etapat e fundit të evolucionit kozmik janë evolucioni kimik, biologjik dhe kulturor (Chaison, 2009) atëherë për cdo etapë të këtij evolucion, bëhet fjalë për lindjen përkatësisht, të informacionit kimik, gjenetik dhe neural. Kjo do të thotë se sistemet kimike, biologjike dhe neurale janë formuar si bashkësi e elementëve që ndodhen në bashkëveprim për shkak të pranisë në këto sisteme të informacionit kimik, gjenetik dhe neural. Nga ana tjetër, secili sistem gjatë lindjes së jetës, evolucionit biologjik dhe atij kulturor është bërë nënsistem i sistemeve të gjalla, që kryejnë një funksion të caktuar. Këto nënsisteme të sistemeve të gjalla që kryejnë një funksion janë modulet kimikë, gjenetikë dhe neurale.

Formimi i moduleve

Formimi i moduleve kimikë

Nuk ka dyshim se informacioni në formën e veçorive kimike të molekulave dhe makromolekulave është përgjegjës për njohjen dhe lidhjen e tyre në një sistem siç janë modulet e përmendur më lart. Ky fakt na bind se etapa e parë dhe njëkohësisht faktori kryesor i formimit të moduleve është informacioni. Prej këtej, është e lehtë të kuptojmë se pse ndodh bashkëveprimi dhe përse bashkëveprimi është etapa e dytë e formimit të moduleve. Etapa e tretë dhe e fundit e formimit të modulit është funksioni, sepse në përkufizimin tonë, kemi pranuar se moduli është njësi funksionale. Këtu, opinioni shkencor ndesh një pengesë konceptuale. Mbasi funksioni ndan biologjinë nga fizika dhe kimia (Hartwell *et al.*, 1999), ai konsiderohet i shkëputur nga evolucioni i përgjithshëm i materies. Po bëhen gati dy shekuj që ne dime se ato molekula që ndodhen në një sistem jo të gjallë ndodhen edhe në një sistem të gjallë. Por jo vetëm kaq. Shumë procese kimike që ndodhin në sistemet e gjalla, ndodhin edhe në sistemet jo të gjalla. I tillë është rasti i enzimës alosterike.

Siç dihet, në rastin më të thjeshtë, enzima alosterike (E) njihet dhe lidhet me substancën fillestare (A) dhe përfundimtare (B) të një reaksioni kimik. Pra, ka një informacion të komponimeve E, A dhe B (etapa 1) dhe ky informacion çon në bashkëveprimin e këtyre komponimeve (etapa 2). Kur enzima alosterike bashkëvepron apo lidhet me komponimin B, i cili është produkti përfundimtar i një reaksioni kimik, atëherë ndërpritet reaksioni kimik sepse njëkohësisht ajo ndryshon konformacionin e qendrës së lidhjes me komponimin A. Veprimi i kundërt, ndodh kur enzima alosterike lidhet me komponimin A: reaksioni kimik rifillon. Askush nuk dyshon se i njëjti reaksion kimik mund të ndodhë në sistemet e gjalla dhe jo të gjalla. Problemi që po diskutojmë, lind kur këto reaksione kimike ndodhin në sistemet e gjalla sepse produktet e këtij bashkëveprimi, siç është vazhdimi dhe bllokimi i reaksionit kimik, janë funksione biologjike. Pra, komponimet E, A dhe B formojnë një modul kimik, d.m.th një njësi funksionale sepse rregullimi i këtij reaksioni kimik në sistemet e gjalla është i lidhur me mbijetesën dhe riprodhimin e tyre.

Po në këtë mënyrë, formohen modulet të lidhura me bashkëveprimin e organizmave të gjalla në çdo nivel të organizimit të tyre. Në nivelin molekular, formohen modulet nga proceset e mbledhjes dhe të vetëorganizimit. Si dihet, konformacioni funksional i proteinës përftohet nga bashkëveprimi i saj me shaperonin përkatës. Bazuar në këtë fakt, është formuluar një hipotezë për të shpjeguar etologjinë gjenetike, familjare dhe sporadike e prion sëmundjeve (Bajrami & Bajrami, 2016). Nëse në nivelin interqelizor formohen modulet sinaptike nga lidhja neurotransmetues – receptorë apo nga bashkëveprimi ligandë- receptorët e sipërfaqes së qelizës, në nivelin intraqelizor përmendim

modulet që formohen nga bashkëveprimi i faktorëve të transkriptimit me ADN-në etj. Në të gjithë këto bashkëveprime, tregohet se modulet janë nënsisteme të sistemeve të gjalla dhe se formimi i tyre është një proces vetëorganizues (Wagner, 1996).

Në një nga përkufizimet e vetëorganizimit pranohet se një sistem është i organizuar kur fiton një strukturë kohore, hapsinore dhe funksionale pa ndikimin e faktorëve të jashtëm (Haken, 2006). Edhe modulet kimikë të përmendur më lart janë sisteme të tillë. Po kështu, në një përkufizim tjetër, vetëorganizimi konsiderohet një proces në të cilin modeli global i një sistemi, lind vetëm nga bashkëveprimet e shumta të komponentëve të ulët të sistemit (Camazine *et al.*, 2003). Në shembullin tonë, aktiviteti rregullues në nivelin qelizor apo global (vazhdimi apo bllokimi i një reaksioni kimik) ka lindur nga bashkëveprimi në nivelin e ulët siç është bashkëveprimi i enzimës alosterike (E) me komponentët A dhe B të një reaksioni kimik.

Formimi i moduleve gjenetikë

Nëse një modul kimik, sipas përkufizimit të mësipërm, quhet bashkësia e molekulave nga bashkëveprimi i bazuar në informacioni të cilave, lind direkt një funksion, në rastin e një moduli gjenetik është po një bashkësi e tillë e molekulave, nga bashkëveprimi i të cilave nuk kryhet direkt një funksion, por formohet një efektor që kryen një funksion. Efektori që kryen një funksion është produkti i gjenit, zakonisht një varg polipeptid. Nga ky këndvështrim, moduli gjenetik mund të konsiderohet një agjent inteligjent (Bajrami, 2013; Bajrami, 2015). Një agjent inteligjent me anë të sensorëve percepton mjedisin dhe depoziton informacion rreth tij dhe sipas këtij informacioni formon një efektor që reagon ndaj mjedisit (Norvig & Russell, 2003). Në mënyrë metaforike mund të thuhet se moduli gjenetik ka një informacion rreth një brave (siç është një nevojë apo kërkesë e një sistemi të gjallë) dhe sipas informacionit të grumbulluar rreth kësaj brave formon një çelës, d.m.th një efektor (zakonisht një polipeptid) që hap bravën (kryen funksionin).

Megjithatë, kuptimi më i saktë i moduleve gjenetikë është ai që i konsideron ata si module kimikë por që formojnë efektore. Si shembull, analizojmë modulin gjenetik të zbërthimit të sheqerit laktazë. Veçoria e moduleve gjenetike është se bashkëveprimet çojnë në lindjen e kodit gjenetik dhe të formimit të efektorit, që në shembullin tonë është enzima laktazë. Nga ana e saj, enzima laktazë si efektor zbërthen sheqerin e qumështit, d.m.th kryen funksionin. Përveç moduleve gjenetikë, efektoret e të cilit formohen duke u bazuar në kodin gjenetik, ka dhe module të tjerë efektoret e të cilëve formohen duke u bazuar në një kujtesë imunologjike dhe në një informacion neural. Në të dy rastet, formohen përkatësisht, modulet imunologjike dhe modulet neuralë. Në rastin e moduleve

imunologjikë, përdoret informacionë kimik dhe në rastin e moduleve neuralë, përdoret informacion neural.

Formimi i moduleve neuralë

Modulet neuralë kanë të bëjnë me dinamikën e qarqeve të qelizave nervore. Ato mund të grupohen në module të thjeshtë neurale si qarqet reflektore, në module neuralë komplekse si modulet socio- kulturore, një sinonim i memeve. Në analogji me modulet kimikë dhe gjenetikë edhe rruga e formimit të një moduli social kulturor mund të paraqitet si me poshtë:

Input + Neurone – Memotipe (kodi neural) – Mediotipe (efektorët) – Funkzioni

ku me memotipe kuptojmë një mem në formën e informacionit të bartur (held) në memorien e një individi dhe me mediotipe kuptojmë një mem i shprehur në mediumin e jashtëm si një artefakt, këngë apo sjellje (Heylighen & Chielens, 2009). Në këtë këndvështrim, modulet socio- kulturore do të konsiderohen meme, përkufizimi i të cilëve është “Një mem mund të jetë një njësi informacioni që ndodhet në tru. Ashtu si informacioni gjenetik ndodhet në ADN. Efektet fenotipike të një memi mund të jenë në formën e fjalëve, muzikës, imazhit vizual” (Dawkins, 1976). Veçoria dalluese e moduleve neuralë nga ato gjenetikë dhe kimikë është se ata i përgjigjen stimujve ose plotësojnë nevojat e një sistemi të gjallë në mënyrë të menjëhershme, direkte dhe adekuate. Padyshim, kjo mënyrë përshtatje është shumë efektive dhe përbën thelbin e evolucionit socio-kulturor.

Një veçori tjetër e moduleve socio- kulturor është se ato shpesh formohen gjatë imitimit ose procesit të të mësuarit dhe përdoren në mënyrë të ndërgjegjshme, sidomos kur module të tillë i përkasin njeriut. Gjithashtu, modulet socio-kulturorë, në dallim nga modulet kimikë dhe gjenetikë, sa herë që formohen, aq herë pasurohen dhe rikonstruktohen me informacion të ri. Së fundi, duhet theksuar se gjatë formimit të moduleve, proceset e vetëorganizimit dhe të seleksionit natyror, janë procese të pandashëm dhe të njëkohshëm. Një shembull i mire që tregon natyrën e moduleve socio-kulturorë është procesi i vendimmarrjes tek njeriu.

Me të drejtë, vetëorganizimi dhe vendimmarrjet konsiderohen dy procese ekuivalente (Yukalov & Sornette, 2014). Sipas këtyre autorëve, vetëorganizimi është procesi i vlerësimit të probabiliteteve të gjendjeve në kërkim për gjendjen e tij më të qëndrueshme. Po kështu, vendimmarrja është procesi i vlerësimit të probabiliteteve të pritshmërive në kërkim të pritshmërisë më të preferuar. Për këtë arsye, vetëorganizimi konsiderohet një vendimmarrje dhe vendimmarrja mund të konsiderohet një lloj vetëorganizimi në sistemin nervor të vendimmarrësit.

Të menduarit modular dhe biologjia modulare

Rreth dy dekada më parë është paralajmëruar se do të kalohej nga biologjia molekulare në biologjinë modulare (Hartwell *et al.*, 1999). Ajo që pritej nuk është arritur por kjo nuk tregon se ideja e kalimit nga biologjia molekulare në biologjinë modulare është e gabuar. Ashtu si të menduarit populativ i dha biologjisë fushën e re të biologjisë së popullatave dhe prej të menduarit pemë lindi biologjia filogjenetike, po ashtu prej të menduarit modular mund dhe duhet të lindë biologjia modulare. Ashtu si biologjia e popullatave dhe filogjenetika edhe biologjia modulare është pjesë përbërëse e studimeve për evolucionin. Më poshtë, do të përmenden disa probleme dhe karakteristika si dhe dobinë e të menduarit modular.

a) Identifikimi i moduleve dhe i rrjetave modulare

Formimi i moduleve u përshkrua duke u bazuar në informacionin kryesor që bartin elementët që e përbëjnë atë dhe sipas këtij informacioni, modulet janë kimikë, gjenetikë dhe neuralë. Por modulet mund të klasifikohen në module me dhe pa efektorë, në module që sigurojnë pështatjen adekuate dhe jo adekuate, dhe në module që sigurojnë fitnesin për mbijetesë dhe fitnesin për riprodhim. Ndoshta me këtë fushë studimi, biologjia modulare bënë të mundur 'takimin e munguar' të fiziologjisë me evolucionin (Danchin & Pocheville, 2014) sidomos me njohjen e lidhjeve midis moduleve d.m.th me ndërtimin e rrjetave modulare.

Identifikimi i moduleve kimikë dhe neuralë konkretizon mendimet se organizmat e gjalla përdorin një informacion tjetër vec atij të koduar në ADN (Jablonka & Lamb, 2008) dhe se gjatë proceseve zhvillimore formohen pjesë të organizmave të gjalla, d.m.th module, jo vetëm nëpërmjet gjeneve por dhe nga bashkëveprime të tjera kimike (Hall, 2011). Nëse pranojmë se informacioni dhe funksioni janë dy veçoritë kryesore të organizmave të gjalla (Emmeche, 2002) si dhe mendimin se nuk ka funksion pa informacion (Jonker & Treur, 2006) atëherë identifikimi i moduleve sipas informacionit kimik, gjenetik dhe neural gjen një mbështetje për përcaktimin e njësisë më të vogël reale të ndërtimit dhe të funksionit në organizmat e gjalla. Kjo mënyrë të menduari, mund të zëvendësojë përshkrimet e reaksioneve biokimike të biologjisë molekulare me identifikimin e moduleve dhe të rrjetave modulare, si nënsisteme të organizmave të gjalla ose njësi të ndërtimit dhe të funksionit të tyre.

b) Modulet janë sisteme dinamike

Modulet kane historinë e tyre në evolucionin e materies. Ashtu si nuk konsiderojmë çudi një komponim kimik apo proces kimik që është i pranishëm si në sistemet e gjalla dhe jo të gjalla, po ashtu nuk mund ta quajmë të qëllimshëm funksionin që kryen një modul sepse ai siguron ruajtjen e identitetit të sistemit të gjallë. Nëse e kundërta e të menduarit populativ është esencializmi

apo tipologjia, e kunderta e të menduarit modular është të menduarit me tipare si njësi statike. Kështu, thelbi i të menduarit modular është kuptimi i modulit si sistem dinamik. Mendimi se ‘universi e shfaq vetveten përmes evolucionit të materies në ndikimin e veprimit të informacionit (Lehn, 2002) apo koncepti se materia nuk është inerte por e organizuar (Linde-Medina, 2010) janë argumente që mbështetin natyrën dinamike të moduleve.

c) Modulet janë objekt i proceseve vetëorganizuese seleksionuese në evolucionin biologjik dhe kulturor

Me identifikimin e moduleve si nënsisteme të formuar sipas një informacioni vetëkuptohet natyra e tyre si njësi më e vogël e ndërtimit dhe e funksionit të organizmave të gjallë. Prej këtej rrjedh se, moduli si njësi më e vogël e ndërtimit dhe funksionit, i formuar në një proces vetëorganizues, nuk ka pse të mos jetë njëkohësisht edhe njësi ose objekt i seleksionit natyror. Në këtë përfundim arrihet nga fakti se dy etapat e seleksionit natyror, prodhimi i variacioneve dhe eliminimi i tyre (Mayr, 2000) ose diada variacion/ seleksion (Forterre, 2012), ndodhin në të njëjtën kohë dhe janë pjesë e të njëjtit proces.

Pranimi i moduleve si objekt i proceseve vetëorganizuese seleksionuese i jep zgjidhje disa problemeve të evolucionit biologjik dhe sidomos atij socio-kulturor. P.sh argumenti që u dha më sipër se vetëorganizimi dhe vendimarrjet janë dy procese ekuivalente (Yukalov & Sornette, 2014) është një mbështetje edhe për mendimin se rritja e tempit të evolucionit gjuhësor ka ndodhur nga evolucioni linguistik i themelartit ose nga dëshira për të vendosur një identitet të veçantë social (Atkinson *et al.*, 2008).

d) Bota e ARN-së si modul kimik dhe paraardhëse e moduleve gjenetikë

Tashmë është pranuar se ARN-ja, ashtu si ADN-ja, mund të depozitohet dhe të replikohet informacionin gjenetik dhe si proteinë ribozimë mund të katalizojë reaksionet kimike që janë kritike për jetën. Në të vërtetë, në këtë etapë hipotetike të jetës, molekula ARN ruan identitetin e saj vetëm duke prodhuar kopje të katalizuara nga vetvetja. Në këtë gjendje, mund të bëhet fjalë për një modul kimik dhe jo gjenetik sepse në këta të fundit, siç është thënë më sipër, nuk bartet një informacion rreth një kërkesë dhe sipas këtij informacioni të formohet një efektor që plotëson këtë kërkesë. Megjithatë ‘Bota e RNA mund të konsiderohet paraardhësja e moduleve gjenetikë nga fakti se riprodhimi i një molekule të caktuar të ARN ndodh vetëm në një mjedis të caktuar, dhe kjo nënkupton se kjo molekulë dhe jo një tjetër, bart informacionin për këtë mjedis dhe se vetëm në këtë mjedis, kjo molekulë katalizon vetveten.

e) Modulariteti është një vecori biologjik dhe një fakt

Prej kohësh njihet se zhvillimi ndodh nëpërmjet një seri modulesh diskrete dhe ndërvepruesë (Gilbert *et al.*, 1996; Wagner, 1996). Me këtë fakt i jepet përgjigje

pyetjes se përse është e mundur të ndodhin ndryshime në zhvillim pa shkatërruar tërë organizmin. Po kështu, modulariteti lejon të ndodhë evolucioni duke formuar komponentë të cilët mund të modifikohen individualisht. Prej këtij fakti, arrihet në përfundimin se rruga e evolucionit është rruga e modularizimit të sistemeve të gjalla. Konkretisht, modulariteti krijon mundësi që një ose disa module të ndryshojnë ose të shtohen pa shkaktuar çrregullime madhore (Hintze & Adami, 2008). Modulariteti konsiderohet kontribuesi kryesor në fenomenin e quajtur *evolvability*, i cili ka të bëjë me aftësinë e organizmave për të prodhuar më shumë variacione, gjë që rrit mundësinë për tu adaptuar më shpejtë në një mjedis të ri (Pigliucci, 2008). Gjithashtu, është argumentuar se modulariteti ka lindur si produkt anësor i seleksionit natyror për të reduktuar koston e lidhjes në rrjetet biologjike (Clune *et al.*, 2013).

Pra, modulariteti është një veçori biologjike që ka bërë të mundur rritjen e numrit të moduleve gjatë evolucionit dhe për rrjedhojë është faktori kryesor i procesit të modularizimit në organizmat e gjalla dhe i rritjes së energjisë së sistemeve të gjalla. Nga ana tjetër, modulariteti është një fakt. Në fenomenin e njohur me emrin endosimbiozë një organizëm jeton brenda një organizmi tjetër. Për rrjedhojë, modulet mund të konsiderohen mutualistë intraqelizorë.

f) Modularizimi dhe energjia e sistemeve të gjalla

Ka një mendim të përgjithshëm që e konsideron energjinë si aftësi të sistemit për të kryer punë. Në rastin tonë, kjo do të thotë se sa me shumë module ka një sistem i gjallë, aq më e madhe është aftësia e këtij sistemi për të bërë punë dhe prej këtej del se, evolucioni ka bërë të mundur që gjithmonë e më shumë të shndërrojë një pjesë të materies në energji. Nga ky këndvështrim, procesi i evolucionit është procesi i modularizimit të sistemeve të gjalla. Pra, gjatë evolucionit biologjik dhe kulturor ka ndodhur shndërrimi i materies në energji dhe ky shndërrim ndoshta mund të paraqitet me një ekuacion analog me atë të A. Ajnshtajnit, por duke zëvendësuar shpejtësinë e dritës me informacionin.

g) Koncepti modular për individin dhe llojin

Të menduarit modular nuk nënkupton vetëm përbërjen e organizmave të gjalla nga tre tipet e moduleve (kimikë, gjenetikë dhe neuralë). Nëse një modul si njësi funksionale e organizmave të gjalla është një nënsistem i përbërë nga disa molekula, struktura qelizore ose qeliza, atëherë një individ është një sistem i përbërë nga disa module kimike, gjenetike dhe neurale dhe lloji është një mbisistem i përbërë nga disa individë. Sipas këtij koncepti, atë funksion që kryen një nënsistem, p.sh një modul gjenetik në lidhje me sistemin, d.m.th në lidhje me individin, po atë funksion kryen ky individ në lidhje me llojin si mbisistem. Si rrjedhojë, efektori i një moduli është analog me modulet e një individit dhe me individët e një lloji. Mbi 40 vite më parë individët që formon një lloj janë konsideruar ‘bileta llotarie’ (Williams, 1975) d.m.th efektorë të veçantë.

Kjo nuk do të thotë se sa më shumë dhe më të ndryshëm janë pasardhësit që prodhon një lloj aq më e sigurtë është ekzistenca e tij sepse të ardhmen e efektorit si funksion e përcakton cilësia e tij, e cila është shpenzimi më i vogël i energjisë në ruajtjen e sistemeve të gjalla.

gj) A mund të përdoren modulet dhe rrjetet modulare si tipare në klasifikimin e taksoneve?

Një kërkues ari arrin të identifikojë mostrat minerale që e përmbajnë këtë metal në natyrë duke u bazuar në disa tipare. Po në bazë të disa tipareve, edhe një entomolog dallon një specie nga një tjetër, si psh. fluturat *Pieris brassica* nga *Pieris napa*. Sot entomologët, po ashtu si çdo taksonomist tjetër, i përdorin tiparet për të identifikuar dhe klasifikuar organizmat e gjalla. Përkundrazi, kimistit të sotëm i duhet të njohë përbërjen dhe strukturën e atomeve ar. Thelbi i arit nuk është tërësia e disa tipareve, aq më tepër e atyre tipareve me të cilat e identifikon atë një kërkues ari në natyrë, por struktura e atomeve. Megjithatë, në të kaluarën, ashtu si dhe për kërkuesin e arit sot, thelbi i metalit ar shprehet apo shfaqet në disa tipare. Këto tipare që ishin thelbi i çdo elementi kimik para se të zbuloheshin tabelat periodike, ka një shekull e gjysëm që nuk janë më thelbi i një elementi kimik por shfaqja e tij. Zinxhiri i njohjes njerëzore në formën shfaqje-thelb-shfaqje e me rradhë, natyrisht vlen edhe për taksone në biologji. Sot biologët i konsiderojnë tiparet si thelb i taksoneve po ashtu siç ka qenë dikur tiparet e metaleve. Historia e njohjes shkencore na mëson se edhe tiparet e taksoneve të sotme mund dhe duhet të bëhen shfaqje e një thelbi të ri.

Problemet e sipërpërmendura janë fakte që argumentojnë se Sinteza Moderne ka nevojë të rimendohet dhe të zgjerohet (Jablonka, 1998; Jablonka & Raz, 2009; Pigliucci & Muller, 2010; Danchin & Pocheville, 2014; Laland *et al.*, 2014). Këto fakte i përkasin evolucionit kulturor (Cavalli-Sforza & Feldman, 1981; Lumsden & Wilson, 1981; Boyd & Richerson, 1985; Richerson & Boyd, 2005; Danchin & Wagner, 2010; Laland *et al.*, 2010), epigjenetikës transgjeneracionale (Jablonka & Raz, 2009; Danchin *et al.*, 2011; Lamb & Jablonka, 2008), prioneve (Chorner & Linquist, 2005; Alberti *et al.*, 2009; 2010; Bajrami & Bajrami, 2015) apo shaperoneve molekulare (Saibil, 2013; Rizzolo & Houry, 2018) por dhe moduleve të konceptuar si nënsisteme të sistemeve të gjalla.

Ndoshta bazuar në këtë koncept mund të hapet rruga për të kaluar nga biologjia molekulare në biologjinë modulare (Hartwell *et al.*, 1999).

Literatura

Alberti, S., Hofmann, R., Kapila, A., Lindquist, S. (2009): A systematic survey identifies prions and illuminates sequence features of prionogenic protein. *Cell*, 137: 146 – 158

- Alon, U. (2003): Biological networks: The tinkerer as engineer. *Science*, 301 (5641): 1866 -1867
- Andrade, E. (2011): How deep is the conflict between selforganization and natural selection. *Ludus Vitalis*, 19 (35): 289- 311
- Atkinson, Q. D., Meade, A., Venditti, C., Greenhill, S. J., Pagel, M. (2011). Language evolve in punctuational burst. *Science*, 319 (5863): 588
- Bajrami, Z. (2014): An Essay on Modular Biology. LAP Lambert Academic Publishing
- Bajrami, Z. (2013): The Modular Concept of Gene. *Journal of Natural Sciences Research*, 3(1): 125 – 130
- Bajrami, N., & Bajrami, Z. (2015): The aethiology of genetic, acquired and sporadic prion disease. *Abanian Journal of Agricultural Science*, 14 (1): 15- 18.
- Baum, D., & Offner, S. (2008): Phylogenetics and Tree Thinking. *American Biology Teacher*, 70 (4): 222 – 229.
- Bertalanffy, L. (1968): *General System Theory: Foundation, Development, Applications*. New York: George Braziler.
- Bolker, J. A. (2005): Defining a meeting place: Modularity in development and evolution. *Evolution*, 59 (6): 1383-1386.
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1985): *Culture and Evolutionary Process*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Camazine, S., Deneubourg, J.L., Franks, N.L., Sneyd, J., et al., (2003): *Self-organization in biological systems*. Princeton University Press.
- Cavalli- Sforza, L., & Fieldman, M. W. (1981): *Cultural Transmission and Evolution: A Quantitative Approach*. Princeton University Press.
- Chaisson, E.J. (2009): *Cosmic Evolution/ State of the Science*. In: *Cosmos and Culture*. S.Dick and M. Lapisella (Eds) NASA Press.
- Chorter, J., & Lindquist, S. (2005): Prion as adaptive conduit of memory and inheritance. *Nature Reviews Genetics*, 6: 435- 450.
- Clune, J., Mouret, J.B., & Lipson, H. (2013): The evolutionary origins of modularity. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences B*, 280 (1755).
- Danchin, E., & Wagner, R. H. (2010): Inclusive heritability: Combining genetic and non- genetic information to study animal culture. *Oikos Synthesising Ecology*, 119 : 210- 218.
- Danchin, E., & Pocheville, A. (2014): Inheritance is where physiology meet evolution. *Journal of Physiology*, 11: 2307 –2317.
- Dani, D.N., & Sainis, J.K. (2007): Modularity: a new perspective in biology. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 44 (3):133 – 139.
- Dassow, G., & Munro, D. E. (1999): Modularity in animal development and evolution: Elements of a conceptual framework for EvoDevo. *Journal of Experimental Zoology*, 285: 307 – 325.
- Dawkins, R. (1976): *The selfish gene*. Oxford University Press.
- Dawkins, R. (1982): *The extended phenotype*. Oxford University Press.
- Emmeche, C. (2002): The chicken and the Orphean egg: On the Function of Meaning and the Meaning of function. *Sign System Studies*, 30(1): 15- 32
- Esteve-Altava B. 2016. In search of morphological modules: a systematic review. *Biological Review*, DOI: 10.1111/brv.12284.

- Forterre, P. (2012): Darwin's goldmine is still open: variation and selection run the world. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 2: 106.
- Gash, D.M., & Deane, A. S. (2015): Neuron- based heredity and human evolution. *Frontiers in Neuroscience*, 9: 209.
- Gershenson, C. & Fernandez, N. (2012): Complexity and information: Measuring emergence, selforganization, and homeostasis at multiple scales. *Complexity*, 18(2): 29-44
- Gilbert, S. F., Opitz, J. M., & Raff, R. A. (1996). Resynthesizing evolutionary and developmental biology. *Developmental Biology*, 173: 357-372.
- Haken, H. (2006): Information and self-organization: A macroscopic approach to complex systems. Springer- Verlag Berlin.
- Hall, B.K. (2012): Evolutionary Development Biology: Past, Present and Future. *Evolution: Education and Outreach*, 5 (2): 184- 193.
- Hartwell, L.H., Hopfield, J.J., Leibler, S., & Murray, A.W. (1999): From molecular to modular cell biology. *Nature*, 402(6765) Suppl. C4752.
- He, J., & Deem, M.W. (2010): Hierarchical evolution of animal body plans. *Developmental Biology*, 337: 157 – 161.
- Heylighen, F., & Chielens, C. (2008): Evolution of Culture, Memetics. In: *Encyclopedia of Complexity and System Science*. Wrije Universiteit, Brussel.
- Hintze, A. & Adami, Ch. (2008): Evolution of Complex Modular Biological Networks. *PLOS Computational Biology*, 8.
- Hoelzer, G.A., Smith, E. & Pepper, J. W. (2006): On the logical relationship between natural selection and selforganization. *Journal of Evolutionary Biology*, 16 (10): 1785-1794.
- Hoffmann, A., Bukau, B., & Kramer, G. (2010): Structure and function of the Molecular Chaperone Triger Factor. *Biochimica et Biophysica Acta- Molecular Cell Research*, 1808 (6): 650- 661.
- Jablonka, E. & Lamb, M. J. (2005): Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral and Symbolic Variations in the History of Life. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jablonka, E. & Lamb, M. J. (2008): Soft inheritance: challenging the Modern Synthesis. *Genetics and Molecular Biology*, Vol. 31 Nr 2 Sao Paulo.
- Jablonka, E. & Raz, G. (2009): Transgenerational Epigenetic Inheritance: Prevalence, Mechanisms and implications for the Study of Heredity and Evolution. *Quarterly Review of Biolgy*, 84: 131- 176.
- Johnson, B.R. & Lam, Sh. K. (2010): Selforganization, natural selection, and evolution: cellular hardware and genetics software. *BioScience*, 60(21): 879 - 885.
- Jonker, C.M. & Treur, J. (2006): Agent-Oriented Modeling of Dynamics of Biological Organisms. *Journal of Artificial Intelligence*, 27 (1): 1-20.
- Klingenberg CP. 2008. Morphological integration and developmental modularity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 39:115–132.
- Kralj, A. (2017): Inventive processes in nature: from information origin in chemical evolution to technological exhaustion. *Earth Perspectives*, 4: 5.
- Laland, K., Uller, T., Feldman, N.W., Sterelny, K., et al. (2014): Does Evolutionary Theory need are think ? *Nature*, 514 (7521): 161-164.

- Laland, K., Odling- Smee, J., & Myles, A. (2010): How culture shaped the human genome: Bringing genetics and the human sciences together. *Nature Reviews Genetics*, 11: 137- 148.
- Lamm, M., & Jablonka, E. (2008): The nurture of nature, hereditary plasticity in evolution. *Philosophical Psychology*, 21: 305- 319.
- Lecca, P & Re, A. (2015): Detecting modules in biological networks by edge weight clustering and entropy. *Frontiers in Genetics*, 6: 265.
- Lehn, J.M. (2002): Toward complex matter: Supramolecular chemistry and selforganization. *PNAS*, 99: 4769-4774.
- Linde -Medina, M. (2010): Two “Evo Devo “. *Biological Theory*, 5(1): 7 -11.
- Litvin,O., Causton, H.C., Chen. B. J., & Peter, D. (2009): Modularity and interaction in genetics of gene expression. *PNAS*, 106 (16): 6441 – 6446
- Lorenz, D. M., Jeng, A., Deem, M. W. (2011): The emergence of modularity in Biological Sciences. *Physics of Life Reviews*, 8 (2): 129-160.
- Lumsden,C.J., & Wilson, E. O. (1980): Translation of epigenetics rules of individual behavior into ethnographic patterns. *PNAS*,77 (7): 4382- 4386.
- Mayr, E. (1959): Darwin and evolutionary theory in biology. In: *Evolution and Anthropology. A Centennial Appraisal: 409 – 412, Anthr.Soc.of Washington.Washington D.C.*
- Maynard - Smith, J., & Szathmary, E. (1995): *The Major Transitions in Evolution*, 374: 227–232.
- Meisel, R., & Offner, S. (2008): *Teaching Tree Thinking to Undergraduate Biology Students.*
- Newman, M.E.J. (2006): Modularity and community structures in networks. *PNAS*, 103: 8577 - 8587.
- O’Hara, R. (1997): *Population Thinking and Tree Thinking in Systematics. Zoologica Scripta*, 26(4): 323 – 329.
- Pantoja - Hernandez, L., & Martinez- Garcia, J. C. (2015): Retroactivity in the context of Modular Structured Biomodular Systems. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 3: 85.
- Pigliucci, M. & Muller, G. B. (2010): *Evolution: The Extended Synthesis. CA, Massachusetts: MIT Press.*
- Rebek, J. Jr. (2009): *Introduction to the Molecular Recognition and Self Assembly. PNAS*, 106, (26):10423- 10424.
- Richerson, P., & Boyd, R. (2005): *Not by genes alone: How culture transformed human evolution. Chicago, IL: University of Chicago Press.*
- Rizzolo, K., & Houry,W. A. (2018). Multiple functionalities of molecular chaperones revealed through systematic mapping of their interaction networks.*Journal of Biological Chemistry*, 293(36); 13768 – 14191.
- Roederer, J. G. (2003): On the Concept of Information and its Role in Nature. *Entropy*, 5 (1): 3- 33.
- Russell, S., & Norvig, P. (2003): *Artificial Intelligence. A Modern Approach. Prentice Hall.*
- Sagan, C. (1997): *The Demon – Haunted World. Science as a Candle in the Dark. Random House.*

- Saibil, H. (2013): Chaperone machine for protein folding, unfolding and disaggregation. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 14(10): 630 – 646.
- Shannon, C. E., Weaver, W. (1948): *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press
- Wagner, G.P., Pavlicev, M., & Cheverud, J. M. (2007): The road to modularity. *Nature Reviews in Genetics*, 8: 921- 931
- Wagner, G.P. (2007): The developmental genetics of homology. *Nature Review Genetics*, 8: 473-479
- Wagner, G.P., & Lynch, V. J. (2010): Evolutionary novelties. *Current Biology*, 20 (2): 48-52
- Weber, D.J., & Depew, B. H. (1996): *Darwinism Evolving: Systems Dynamics and the Genealogy of Natural Selection*. *Journal of Evolutionary Biology*, 3 (6): 1030 -1032
- West Eberhard, M.J. (2003): *Developmental plasticity and evolution*. Oxford University Press.
- Williams, G.C. (1975): *Sex and Evolution*. Princeton University Press
- Yukalov V.I. & Sornette, D. (2014): Self-organization in complex systems as decision making. *Advances in Complex Systems*, 17