

Kompleksnost, evolucija in arheologija

©Dimitrij Mlekuž

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo

Povzetek: Prispevek je pregled konceptualnih sprememb v naravoslovju, pogosto poimenovanih teorija kaosa ali teorija kompleksnosti. Oriše spremembo paradigme v naravoslovju in opiše temeljne koncepte novega pristopa, kot so kaos, kompleksni sistemi, fazni prostor, atraktorji bifurkacije in pojem samoorganizacije. Novi pristopi spremenijo naš pogled na evolucijo in odnos med ljudmi in okoljem. Arheologija si je večino novih konceptov iz naravoslovja že izposodila, a so zaradi drugačnega razvoja teoretske arheologije obstali na slepem tiru. Prispevek želi pokazati, da so koncepti iz naravoslovja kompatibilni tudi z aktualnimi teoretskimi pristopi.

Ključne besede: naravoslovje, arheologija, kompleksnost, kaos, evolucija

Uvod

Akterji procesne arheologije šestdesetih in sedemdesetih let so si, v želji po čim večji podobnosti arheologije s "trdimi" naravoslovnimi znanostmi, aktivno sposojali koncepte, intelektualna orodja in metafore, ki so bile aktualne v takratnem intelektualnem kontekstu naravoslovnih znanosti. Osemdeseta leta so v arheologijo prinesla nezadovoljstvo s poenostavljenimi, pozitivističnimi, funkcionalističnimi, redukcionalističnimi, mehanicističnimi, scientifičnimi... pristopi procesne arheologije. Množica tokov poprocesnih in interpretativnih arheologij rojenih iz nezadovoljstva do takratne arheološke teorije, je svoje vzore iskala v družbeni teoriji in črpala iz intelektualnega konteksta postmodernizma. Postmodernizem je obračunal z družbeno vlogo znanosti kot gonila "napredka", dekonstruiral njen nevtralen status in pokazal, da temelji na trhljih temeljih intelektualnih usedlin, ki se kopičijo od Stare zaveze prek Aristotela do Descartesa in Newtona in so dobile status "splošnih resnic" in "zdrave pameti".

Sedemdeseta in osemdeseta leta so obdobje spremembe paradigme tudi v naravoslovju. Redukcionalistične in linearne epistemologije so zamenjali pristopi, ki prepoznavajo kompleksnost in nenapovedljivost narave. Naravoslovje je sicer po drugih poteh kot družboslovje prišlo do podobnih spoznanj in radikalno spremenilo svoj pogled na svoj predmet preučevanja.

Naravoslovje je danes popolnoma drugačno kot pred dvajsetimi leti in arheološki teoriji ponuja precej zanimivih idej in konceptov, ki so kompatibilni z dosežki družbene teorije. Čeprav prevladujoči tokovi v sodobni arheološki teoriji niso naklonjeni izposojanju iz naravoslovja, je to, predvsem skozi okoljsko arheologijo (ang. *environmental archaeology*), integrirano v arheološki proces. Arheologija je multidisciplinarna praksa in je zato v stalnem dialogu z naravoslovjem. Poznavanje temeljnih konceptov tako omogoča boljšo integracijo naravoslovja v arheološki proces in olajša komunikacijo med praktikanti z obeh "bregov". Z razumevanjem zgodovine sprememb paradigme v naravoslovju pa osvetlimo nekatere obskurne, prezrte in nerazumljene tokove v arheološki teoriji sedemdesetih in osemdesetih let.

Prispevek oriše zgodovino in kontekst izposojanja konceptov iz naravoslovja v arheologijo, spremembo paradigme in ključne pojme, ki zaznamujejo "prenovljeno naravoslovje". Koncepti iz naravoslovja lahko pomagajo arheologiji, da bolje definira pojme, kot so "spremembe", "evolucija", "dinamika"... V dinamičnem času "revolucionarne znanosti", ki vsaj na nekaterih področjih naravoslovja še traja, lahko arheologija s svojim "dolгим" pogledom in dolgo tradicijo preučevanja kompleksnih pojavov, kot so človeške družbe, aktivno prispeva k aktualnim debatam v naravoslovju.

Arheologija sistemov

Najmočnejša metafora, ki si jo je procesna arheologija šestdesetih in sedemdesetih let izposodila iz naravoslovja, je *sistem*, "omrežje med seboj povezanih atributov ali entitet, ki sestavljajo kompleksno celoto" (Clarke 1978, 495). Sistem je osnovni koncept splošne teorije sistemov, discipline, ki izhaja iz kibernetike, vede, ki se je ukvarjala s regulacijo, krmiljenjem in prenašanjem informacij. Sistem je bil izredno močno orodje in je omogočal, da kompleksne pojave, kot so kulture, ekosistemi in podobno razumemo kot mehanizme, stroje, ki jih lahko razstavimo na sestavne del in opazujemo povezave med njimi.

Poglavitna vloga sistema je komunikacija z okoljem; okolje preko vhoda vpliva na stanje sistema, ta pa preko izhoda na okolje. Podobno so med seboj povezani tudi sestavni deli sistema – pod sistemi. Spremba v delu sistema povzroči spremembe v celotnem sistemu, te pa preko povratnih zank vplivajo na povzročitelja spremembe. Povratne zanke so lahko pozitivne, te povratni signal ojačijo, ali negativne, ki ga oslabijo. Spremembe lahko povzročijo različna vedenja sistema: ta je lahko v *stabilnem ravnovesju*, če spremembe na vhodu ne spremenijo stanja sistema, ali v *nestabilnem ravnovesju*, če spremembe na vhodu sistem vržejo iz ravnovesja (Clarke 1978, 43-49).

Večina praktikantov systemskega pristopa je poudarjala funkcijo negativnih povratnih zank pri vzdrževanju *stabilnega ravnovesja* sistema, torej njegovi prilagoditvi na okolje.

Funkcija pod sistemov (najpogosteje tu nastopajo preživetveni, tehnološki, družbeni in ekonomski pod sistem) in negativnih povratnih zank med njimi je ohranjanje dolgoročne stabilnosti sistema, njegovi prilagoditvi na spremembe v okolju.

Prav funkcionalizem, torej razlaga vloge pod sistemov z njihovo funkcijo pri vzdrževanju celote, povezuje systemske razlage s konceptom prilagoditve, izposojenim iz evolucijske biologije. Dologoročno vedenje sistemov tako lahko razložimo z metaforo evolucije in naravne selekcije. V sistemu se obdrže le tiste spremembe, ki prispevajo k boljši prilagojenosti sistema na okolje. Evolucija sistemov je torej teleološka, saj teži k ravnovesju in prilagojenosti sistema na okolje. Mnogi klasični problemi arheologije v sedemdesetih letih so bili razloženi na tak način.

Zgodnji primer systemskega pristopa je Flanneryeva razlaga izvora pojavnosti kmetijstva v Srednji Ameriki (Flannery 1968). Njegov model temelji na strategijah izrabe rastlin in živali in načrtovanju, torej izbiri med različnimi strategijami izrabe virov v določenem času. Načrtovanje je po Flanneryu delovalo kot negativen povratni učinek, kar je reguliralo sezonske razlike v dostopnosti in količini virov, torej uravnavalo stabilnost

obstoječih načinov pridobivanja hrane. Dologoročno pa so genetske spremembe dveh obrobni vrst, fižola in koruze, povzročile vedno večjo izrabo teh dveh vrst, kar je delovalo kot pozitiven povratni učinek na genetske spremembe in povzročilo domestikacijo fižola in koruze.

V systemskih modelih razlaga temelji na mehanicistični vzročnosti – vsak sistem je mogoče razložiti z razstavljanjem na njegove sestavne dele. Razumevanje vedenja sistema je tako enako identificiranju množice funkcionalnih povezav med njimi.

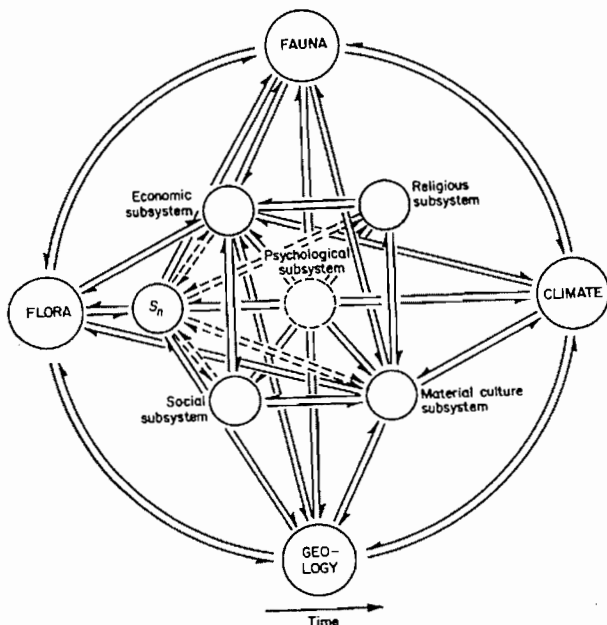
Arheologija se je v osemdesetih letih obrnila k drugim vzorom, k postmoderni družbeni teoriji. Ta je dekonstruirala vse “metanaracije” pozitivistične znanosti in pokazala, da ideološke usedline, skrite za masko nevtralne znanosti, izhajajo iz krščansko-judovskega sveta, kartezijanskega dualizma, linearnega razmišljanja in razsvetlenskega ideala napredka.

Funkcionalizem lahko zelo dobro razloži, zakaj je sistem stabilen, zelo težko pa se spopade z razlago spremembe sistema. Ker je funkcija pod sistemov in povezav med njimi vzdrževanje ravnovesja, so se spremembe zgodile le zaradi zunanjih vplivov. Poglavitno gibalno sprememb za systemske razlage so spremembe zunanjega okolja, predvsem klimatske spremembe:

Noben sistem se ne more spremeniti sam, spremembe lahko povzročijo le zunanji vplivi. Če je sistem v ravnovesju, bo tako tudi ostalo, dokler ne bodo vplivi iz okolja (ali pomanjkanje teh vplivov) zmotili ravnovesja. Seveda lahko posamezniki v družbenem sistemu ugotovijo, da so spremembe potrebne; toda vzrok, da so spremembe potrebne, je v odnosu sistema do okolja (Hill 1977, 76).

Še bolj nevarne so politične implikacije teorije sistemov, ki jih je razkrinkala Kritična teorija družbe. Systemski pristop zanika kakršnokoli vlogo posameznikov, ti so le kmetje v dolgoročni igri sistema. Če so pod sistemi funkcionalno povezani med seboj tako, da vzdržujejo sistem v “naravnem”, stabilnem stanju, potem je vsaka družba idealna, konflikti pa se dajo rešiti s pravilnim upravljanjem negativnih povratnih zank.

Zgodovina je skozi optiko systemske teorije harmonična, teorija sistemov je pa ideologija kontrole, ki se skriva za fasado nevtralne znanosti. Poleg tega systemski pristop opazuje družbe “od zunaj” in jim vsiljuje svoje kategorije. Najpogosteje definirani podsistemi, kot so ekonomija, religija in podobno, so tako zahodne, buržuazne kategorije (Habermas 1970).



Slika 1. Clarkova definicija sistema (po Clarke 1978).

Kot odgovor na vse hujše kritike je nekaj praktikantov procesne arheologije zmeščalo svoje poglede. Ključna oseba tega gibanja je Colin Renfrew, ki je svoje poglede in poglede somišljenikov poimenoval *kognitivna procesna šola* ali *kognitivna arheologija*. Ta se je obrnila od ekstremnih pozitivističnih razumevanj znanosti (logičnega pozitivizma) in zavrnila formuliranje univerzalnih “zakonov kulturnega procesa”. Še vedno pa je poudarjala pomen znanstvene objektivnosti, testiranja hipotez in vlogo systemskih modelov. Akterji kognitivne arheologije so poskušali vključevati v svoje razlage tudi kognitivne in simbolične vidike družb, odkrivali so vlogo

ideologije v dinamiki družb, prepoznali so aktivno vlogo materialne kulture pri oblikovanju družbene realnosti. Kognitivna arheologija se je naslonila na dosežke mlade vede, kognitivne znanosti, strukturalizma, marksizma in Braudelove “strukturne historiografije”.

Nekateri akterji kognitivne arheologije – predvsem Colin Renfrew – so se začeli zanimati za vzroke, dinamiko in posledice družbenih sprememb, ki niso le posledica funkcionalnih prilagoditev na okolje, temveč so endogene, rezultat interakcij znotraj sistema (Renfrew 1981). Pri proučevanju teh tem so se oprli na dosežke naravoslovja, ki se je v tem času začelo zanimati za vprašanja rasti, sprememb in nastanka oblik predvsem matematiko, evlucijsko biologijo, teorijo kompleksnih sistemov in podobno.

Sprememba paradigme v naravoslovju

Naravoslovje do šestdesetih in sedemdesetih let tega stoletja je bilo redukcionistično; veljala je predpostavka, da se je resnici moč približati z drobljenjem realnosti na vedno manjše in preproste sestavne dele: bodisi kvarke, kromosome ali nevrone. Veljalo je, da se preprosti sistemi vedejo preprosto in da jih je moč opisati s preprostimi, determinističnimi zakoni. Nihovo dolgoročno vedenje je stabilno in napovedljivo. Kompleksni in nepredvidljivi pojavi niso bili predmet preučevanja, veljalo je le, da njihovo vedenje vodi množica neodvisnih komponent ali pa naključni zunanji dejavniki.

V šestdesetih in sedemdesetih letih pa so raziskovalci z različnih področij, ki so se ukvarjali z obrobni problemi – problemi, nevrednimi Nobelove nagrade – postali pozorni na kompleksne pojave, ki se skrivajo v preprostih sistemih. Meteorolog Edward Lorenz (1963) je v zgodnjih šestdesetih letih poskušal simulirati vreme na računalniku in odkril čudna, neperiodična in nepredvidljiva vedenja nelinearnih sistemov in občutljivost na začetne pogoje. Populacijski biologi so prepoznali vlogo nelinearnih pojavov pri nastanku nepredvidljivih, aperiodičnih nihanj bioloških populacij (May in Oster 1976). Fiziologi so odkrili presenetljiv red v kaotičnem bitju

srca. Dostopnost cenениh in dovolj zmogljivih računalnikov je omogočila eksperimentiranje s kompleksnimi sistemi, kaosom in vizualizacijo kompleksnosti.

Akterji teorije kaosa so se začeli ukvarjati z vprašanji, ki jim redukcionistični pristopi niso bili kos. Poudarjajo univerzalne značilnosti kompleksnih sistemov. Opisujejo tako gibanje cen delnic, bitje srca in gibanje biomase planktona v južnem Pacifiku. Prevelika specializacija, ki je pretila znanosti, se je zaustavila. Nenadoma so se z enakimi problemi začeli ukvarjati fiziologi, matematiki, fiziki, populacijski ekologi, ekonomisti in celo arheologi (Gleick 1992).

Kompleksnost in kaos

Osrednji predmet preučevanja teorije kaosa so *kompleksni dinamični sistemi*. Kompleksni dinamični sistemi so nelinearni sistemi s kolektivnimi značilnostmi, ki zaznamujejo sistem kot celoto in se razlikujejo od značilnosti posameznih komponent sistema. Kompleksni dinamični sistemi kažejo presenetljive značilnosti, kot so kaos, bifurkacije, samoorganizacija in podobno.

Kaos je tako precej nesrečno izbrano ime za dejansko nepredvidljivo dolgoročno vedenje determinističnega dinamičnega sistema zaradi občutljivosti na začetne pogoje. Deterministični dinamični sistemi, ki jih imenujemo kaotične, so seveda popolnoma predvidljivi (niso "kaotični" v vsakodnevem pomenu besede), če popolnoma poznamo začetne pogoje in so vsaj kratkoročno vedno predvidljivi. Občutljivost na začetne pogoje najbolje opisuje anekdota o metulju, ki z zamahom kril na Kitajskem povzroči nekaj mesecev kasneje tornado nad Florido.

V jeziku dinamičnih sistemov sta pomembna dva osnovna koncepta – koncept *faznega prostora* in koncept *atraktorja*.

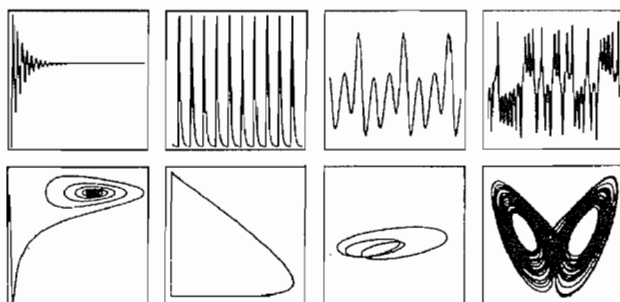
Fazni prostor je množica vseh možnih stanj sistema. Tako ima npr. kovanec, ki ga vržemo, dve stanji (številka ali žival). Fazni prostor se večja s kompleksnostjo sistema; 100 kovancev sestavlja sistem s sto dimenzionalnim faznim prostorom, ki ima preko 1,000,000,000,000,000,000,000,000,000 različnih

stanj. Dimenzija faznega prostora je torej enaka številu spremenljivk sistema.

Atraktor je del faznega sistema (stanje ali skupina stanj), ki "privlači" dolgoročno gibanje sistema. Sistem, ki začne v poljubnem stanju, evolvirajo do atraktorja in tam tudi ostane, če nanj ne delujejo zunanji vplivi. Atraktor tako opisuje dolgoročno vedenje sistema.

Najpreprostejši atraktor je *točkovni atraktor*, stanje ravnovesja (npr. populacija, ki izumre ali doseže stanje maksimalne gostote). Kompleksnejši je *ciklični atraktor*, ki kaže ponavljajoče se periodično gibanje. Primer cikličnega atraktorja lahko najdemo pri mnogih ponavljajočih se pojavih v naravi, zlasti tistih, ki so povezani z menjavanji letnih časov.

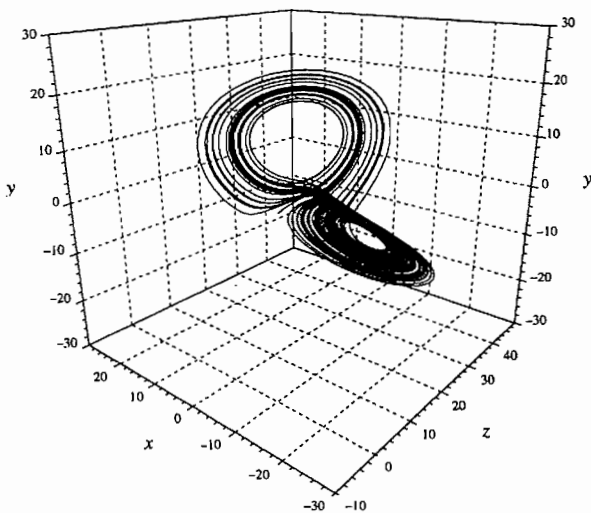
Primer kompleksnejšega atraktorja je *kvaziperiodni toroidni atraktor*, ki ga sestavljajo nihanja različnih harmoničnih frekvenc. Z njim moremo npr. opisati gibanje nebesnih teles okoli sonca. Sateliti se vrtijo okoli planetov, ti pa okoli sonca. Vsako telo se vrti s svojo frekvenco, skupaj pa sestavljajo kvaziperiodičen dinamičen sistem.



Slika 2: Nekaj primerov atraktorjev (po Gleick 1992, 56).

Atraktorji so lahko še zapletenejši. Čudni atraktor je metulju podobna sled, ki ni niti periodična niti kvaziperiodična, temveč popolnoma aperiodična – ne ponovi se nikoli. Še več, dve bližnji (podobni) stanji atraktorja ne ostaneta dolgo skupaj, kmalu divergirata in se gibljeta po popolnoma drugih poteh. Vreme je dober primer sistema, ki se giblje po čudnem atraktorju; prav zato je nepredvidljivo, razen za zelo kratek čas. Narava ponuja

še mnogo primerov čudnega atraktorja: vrtinčenje tokov v rekah, bitje srca, populacijska dinamika in podobno (McGlade 1995; McGlade in van der Leeuw 1996; Addison 1997).



Slika 3: Čudni atraktor - "podpis" kaosa (po Addison 1997, slika 6.8).

Bifurkacija je kvalitativna sprememba v dinamiki sistema, kjer se lahko stanje sistema bistveno spremeni zaradi majhnih variacij spremenljivk sistema; so točke prestrukturiranja sistema, kjer majhne spremembe spremenljivk lahko povzročijo radikalne spremembe v dolgoročnem vedenju sistema. So meje med območji privlačevanja dveh različnih atraktorjev.

Bifurkacije so povezane s *samoorganizacijo sistema*. Samoorganizacija je evolucija kompleksnega sistema v organizirano obliko brez zunanjih vplivov. Samoorganizacija je endogena, posledica interakcij med komponentami sistema. Pomembna značilnost kompleksnih samoorganizirajočih sistemov so *nepričakovani pojavi* (ang. emergence), značilnosti, lastnosti, struktur višjega reda. Življenje je nepredvidljiv pojav interakcij med organskimi molekulami in družba je nepredvidljiv pojav interakcij med posamezniki. Je nekaj, česar ni mogoče razložiti z redukcionističnimi razlagami, torej z lastnost-

mi posameznih komponent sistema (Allen 1982; McGlade 1995).

Evolucija, arheologija in kompleksnost

Pogosto se za opis dolgoročnega vedenja sistema uporablja beseda 'evolucija', ki pa je tako preobložena s pomeni, da je potrebno razložiti njen nastanek in bifurkacije pomenov. Izraz *evolucija* si je sredi 18. stoletja izmislil nemški biolog A. von Haller, da bi poimenoval proces rasti embrija iz že izoblikovanih homonuklov v jajčecu ali spermiju. Charles Darwin ji je dal popolnoma drug pomen, ko je z njo označil *nasledstvo z modificiranjem* (ang. descent with modification; Gould 1991:3). Poleg natančnega pomena, ki ga je pojmu evolucija pripel Darwin, je beseda "evolucija" postala metafora za gradualistične progresivne spremembe proti kompleksnosti in se kot taka tudi največ uporablja v splošnem jeziku. Oče tega pomena besede je Herbert Spencer, in z njo opisuje t.i. *kulturno evolucijo*.

Osnovna enota opazovanja pri kulturni evoluciji je skupnost ali družba. Kulturna evolucija opisuje proces transformacije družb od preprostejših oblik k kompleksnemu, torej t.i. napredek. Kulturna evolucija se je rodila v kontekstu kolonializma, ko se je Evropa srečala s pisanim spektrom različnih človeških skupnosti, in s pomočjo razsvetljenstva, ki je s konceptom napredka omogočil razvrstitev teh skupnosti. Nastala je množica shem klasifikacije: od Morganovega divjaštva, barbarstva in civilizacije; primitivnega komunizma, sužnjelastništva, fevdalizma in kapitalizma do kompleksnejših shem neoevolucijske antropologije, kot jih ponujajo Leslie Tylor, Elman Sevice ali Morton Fried.

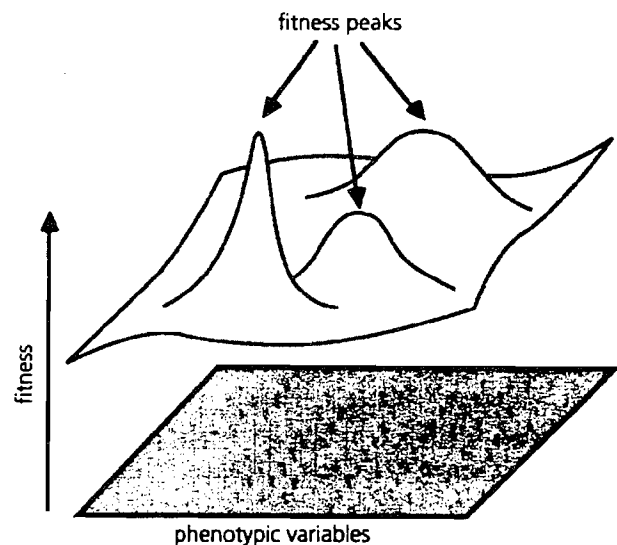
Kulturna evolucija je progresivna, skupnosti napredujejo od preprostega k kompleksnemu. Proces je enosmeren in teleološki. Obstajata pa dva pogleda na evulucijski proces. Pristaši enolinijskega pogleda menijo, da vse kulture preidejo enake razvojne stopnje, medtem ko zagovorniki večlinijskega pogleda trdijo, da družbe napredujejo preko različnih, a podobnih alternativnih stopenj.

Hitrost kulturne evolucije je zelo neenakomerna. Kulture se lahko na določeni stopnji ne spreminjajo, nato pa zelo hitro skozi revolucionarno spremembo preidejo na naslednjo, kompleksnejšo stopnjo. Razlage sprememb kot so neolitska, urbana in industrijska evolucija Gordona V. Childa temeljijo na tej predpostavki (Fellner 1990).

Pri "Darwinovi" evoluciji je osnovna enota opazovanja posamezen organizem. Darwin je opazil, da se organizmi razlikujejo med seboj; potomci se razlikujejo od staršev. Čeprav mehanizma sprememb še ni poznal (danes vemo, da so posledice sprememb genskega materiala, bodisi zaradi naključnih mutacij ali napačnega "kopiranja"), je opazil, da so razlike med starši in potomci naključne, niso posledice dejanj staršev niti naravnih pogojev. Različni organizmi so različno prilagojeni na okolje; bolje prilagojeni imajo več možnosti, da posredujejo svoje gene svojim potomcem. Naravno okolje "selekcioniira" določene organizme, organizmi sami pa k izidu selekcije ne morajo prispevati. Darwinova evolucija ni teleološka niti unilinearna, ne teži h kompleksnosti, temveč k raznovrstnosti.

Najpopularnejša interpretacija darwinove evolucije danes je t.i. neodarwinizem. Za neodarwiniste so organizmi prekompleksne entitete, zato za osnovno enoto opazovanja vzamejo posamezne gene, nedeljive in osnovne dele, ki opisujejo zgradbo organizma. Organizmi tako postanejo le "stroji za preživetje genov" (Dawkins 1990). Neodarwinisti vidijo evolucijo kot tekmo "sebičnih" genov (Dawkins 1992) za ostanek v *genskem bazenu* (ang. gene pool). Kompleksne heterogene sisteme, kot je npr. deževni gozd, opisujejo kot homogeno juho genov, ki jih meša in premeša razmnoževanje organizmov. Zanima jih le delež določenih genov v celotni populaciji in opazujejo, kako na ta delež vpliva naravna selekcija. Tako množico posameznih organizmov zamenja homogena zbirka "povprečnih" posameznikov. Ta model je linearen, saj predpostavlja, da je učinek posameznega gena enak pogostosti tega gena v genskem bazenu, in gradualističen. Bojni krik neodarwinistov je *natura non facit saltum*.

Teorija nelinearnih dinamičnih sistemov pa je spremenila tudi naše razumevanje evolucije. Sewall Wright (1986) je v študij evolucije uvedel pojem *pokrajine prilagojenosti* (ang. fitness landscape). Pokrajina prilagojenosti je površina, ki kaže, kako je prilagojenost organizma odvisna od njegovih značilnosti, genov. Višje kot je, bolj je organizem prilagojen na okolje. Pokrajina prilagojenosti je torej fazni prostor organizma. Nelinearnost tu pomeni, da so Wrightove pokrajine polne "gora", "gričev" in "dolin" in ne linearne ravne ploskve neodarwinistov. Prilagoditev je proces "plezanja" proti vrhovom, kamor jih "vleče" naravna selekcija.



Slika 4: Pokrajina prilagojenosti (po Stewart 1998, slika 45).

Leta 1972 sta Niles Eldredge in Stephen Jay Gould (1972) predstavila kontroverzno teorijo *prekinjenih ravnovesij* (ang. punctuated equilibria). Evolucija naj bi potekala z delitvijo vrste na dve novi vrsti zaradi genske izolacije dela populacije. Delitev in nastanek nove vrste ne poteka postopoma, temveč v hitrih "skokih". Neodarwinisti so na to teorijo usmerili topovske salve kritike, vendar s stališča kompleksnih dinamičnih sistemov ni nič posebnega.

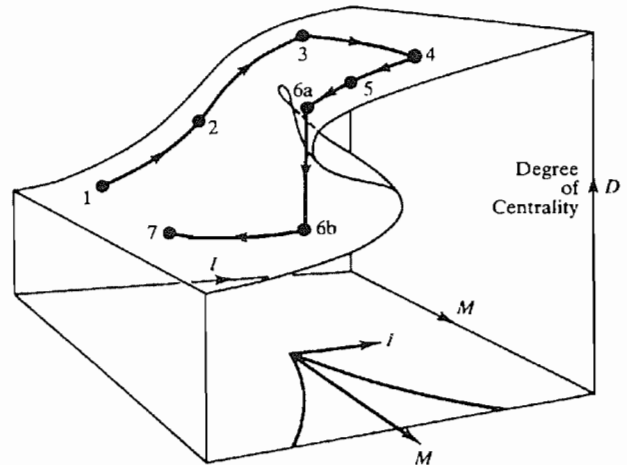
V šestdesetih letih je študij bifurkacij z novimi idejami iz matematike osvežil Thom (1972), Zeeman pa jih je poimenoval "teorija katastrof". Topografija pokrajine prilagojenosti je lahko taka, da nekatere prilagoditve kratkoročno prispevajo k večji prilagojenosti, a so dolgoročno lahko pogubne za neko vrsto. Še več, do "katastrofe" lahko pride naglo. Thom (1972) je pokazal, da obstaja le omejeno število poti, po katerih pride do katastrofe.

Teorija kompleksnih dinamičnih sistemov je pokazala, da se lahko vsak sistem spreminja bodisi postopno bodisi trenutno. Trenutne spremembe imenujemo bifurkacije (glej zgoraj). Neravnovesno vedenje je lahko vzrok za samoorganizacijo in za kvalitativno prestrukturiranje sistema, ko ta evolvirava v novo stanje. V tej luči evolucija postane serija prehodov med neurejenimi in urejenimi stanji, kjer zaporedne bifurkacije generirajo nove urejenosti in strukture. Ključno vlogo pri vodenju evolucije igrajo interakcije med endogenimi perturbacijami in naključnimi fluktuacijami okolja (McGlade 1995).

Trenutno najprodornejše raziskave evolucije potekajo na področju "umetnega življenja" (cf. Levy 1992, Forst in Reidys 1996), simulacij organizmov ali skupnosti – ekosistemov ali družb *in silico* (Epstein in Axtell 1996).

Ekologija, arheologija in kompleksnost

Zgodnji sistemski pristopi v arheologiji so privilegirali koncept funkcionalne prilagoditve sistema na okolje. Pomemben segment raziskav je predstavljal študij okolja, t.i. ekološki pristopi. Arheologija si je pri obravnavanju vprašanj odnosov med ljudmi in okoljem izposajala modele iz družbene ekologije in ekološke antropologije. Ti pa so si koncepte sposojali iz ekologije, predvsem ekologije, ki je temeljila na Odumovem (1959) razumevanju ekosistemov, ki ni bilo nikoli popularno v ekologiji, zato pa toliko bolj v antropologiji in arheologiji. Odumovi ekosistemi se s pomočjo negativnih povratnih zank ohranjajo v ravnovesju "naravnem ravnovesju", konceptu, ki je od antike sem dobil status aksioma.



Slika 5: Katastrofa kolaps sistema (po Renfrew 1979, slika 2).

V luči družbene ekologije je narava statična, pasivna scenografija kulturnih sprememb. Poudarjala je dihotomijo med nedotaknjeno in od ljudi degradirano naravo in idejo, da so človeški vplivi enolinijski in naravo degradirajo (npr. koncept "regresivnih sprememb" (Šercelj 1996)).

Temelj ravnovesnega pogleda na naravo je koncept rastlinskih združb, ki pravi, da obstajo stabilne, ravnovesne skupnosti rastlin, ki se pojavljajo v krajini. Palinološke raziskave so pokazale, da so v preteklosti obstajale drugačne združbe kot danes in obratno. Na konceptu rastlinskih združb temelji tudi popularen koncept nasledstva in klimaksa združb. Združbe naj bi preko progresivnega nasledstva napredovale proti hipotetičnemu ravnovesnemu stanju, klimaksni skupnosti, motnje regresivne spremembe (naravne katastrofe, škodljivci, človekovi posegi...) pa naj bi sistem vmili v starejše razvojne faze, iz katerih se preko sekundarnega progresivnega nasledstva vračajo v klimaksno ravnovesje (cf. Šercelj 1996). Model je linearen, progresiven in spada v množico podobnih evlucijskih modelov, ki so jih različne discipline izoblikovale konec prejšnjega stoletja na osnovi Spencerjevega modela kulturne evolucije. Poleg tega, da model ne zdrži teoretske kritike, se je pokazal za nerealen tudi v praksi. Umetno vzdrževanje "klimaksnih

skupnosti" v ameriških naravnih parkih v drugi polovici dvajsetega stoletja je povzročilo serijo katastrofalnih požarov in spremembo politike s stalnim režimom motenj, predvsem manjših požigov (Minnich 1983).

V današnji ekologiji koncept ravnovesja zamenjuje nelinearen pogled na naravo. Narava ni več stabilna, v "naravnem ravnovesju", temveč kompleksna in kaotična, v stalnem procesu nastajanja. Ekologi so spoznali, da so motnje pogoste tudi brez prisotnosti ljudi. Gozdni požari, izbruhi bolezní in škodljivcev, naravne katastrofe so pogoste motnje. V tej luči ekosistemi postanejo "odvisni od motenj", saj njih nastajanje vzdržujejo in oblikujejo motnje.

Modernejši pristopi v ekologiji prepoznavajo vlogo motenj kot ene ključnih komponent pri oblikovanju evolucije ekosistemov, njihove zgodovine. So nujna komponenta pri vzdrževanju ekološke raznovrstnosti in integritete sistema. Ekosistemi so tako v osnovi metastabilni; t.j. posedujejo več območij privlačevanja (atraktorjev) in ne le eno samo stabilno klimaksno, torej ravnovesno stanje.

Tu se dotaknemo vprašanja povratnih učinkov. Odu-mova ekologija in družbena ekologija sta poudarjali vlogo negativnih povratnih učinkov pri vzdrževanju stabilnosti sistema. Nasprotno pa praktikante nelinearnega pristopa zanimajo predvsem vloga pozitivnih povratnih zank kot generatorjev nestabilnosti. Samoojačujoče lastnosti pozitivnih povratnih učinkov lahko sistem porinejo skozi zaporedje nestabilnih prehodov in prestrukturiranj bifurkacij. Sistem tako spontano preide v novo stanje urejenosti. Taka sprememba se lahko zgodi popolnoma neodvisno od zunanjih vplivov; je lahko popolnoma endogena (McGlade 1995; Blumler 1996).

Arheologija in kompleksnost

V kontekstu kognitivne procesne arheologije je postala razvpita uporaba teorije katastrof, predvsem skozi delo Renfrewa, Cookea in Zubrowa (cf. Renfrew 1978, 1979). Arheolog John Cherry (1983) je pokazal, da se pojav palačne družbe minojske Krete ne da razložiti z

običajnimi gradualističnimi razlagami, zato si je pri Gouldu in Eldredgu sposodil koncept prekinjenih ravnovesij. Počasne spremembe znotraj tisoč let naj bi vodile k naglemu prestrukturiranju minojske družbe konec tretjega tisočletja pred našim štetjem. Biolog P.M. Allen (1982) je s pomočjo koncepta samoorganizacije poskušal razložiti nastanek in razvoj urbanih centrov. Nastanek in evolucija vedno bolj kompleksnih enot naj bi bila posledica prehodov skozi točke bifurkacije, ko posamezna naselja postajajo čedalje bolj specializirana.

Zahtevno matematično modeliranje, težka matematika, ki je v ozadju teh modelov in omejen dostop do računalniških zmogljivosti sta vzrok, da je na tem polju delovalo zelo malo raziskovalcev. Tudi arheološka teorija je ubrala svojo pot in čeprav je kognitivna arheologija ponudila mnogo svežih idej, je počasi izumrla. S teorijo kompleksnih sistemov se je arheologija zopet srečala preko ekologije (cf. McGlade 1995). V novejšem času na tem polju deluje zanimiv projekt ARHEOMEDES (McGlade 1996), ki se ukvarja z vzroki za degradacijo in desertifikacijo Sredozemlja. Teoretski referenčni okvir projekta je t.i. *družbena ekodinamika* (McGlade 1995), ki predstavlja integracijo nelinearne dinamike in teorije kompleksnih sistemov s sodobno družbeno teorijo. Izjemen pomen projekta je v povezovanju preteklosti s sedanostjo, saj imajo rezultati izrazito aplikativno vrednost. V praksi je uresničena tudi pluridisciplinarnost, saj je bilo mnogo energije vložene v spodbujanje razumevanja in grajenja sinergij med mnogimi disciplinami. V zadnjem času pa smo pričali tudi obujanju zanimanja za teorijo kompleksnih sistemov pri razumevanju dolgoročne dinamike družbenih sistemov (cf. McGlade in van der Leeuw 1997b).

Zaključek

Teorija dinamičnih sistemov lahko prispeva k našemu razumevanju nastanka družbenih procesov kot nelinearnih evolucijskih pojavov. Seveda pa se je potrebno zavedati omejitev analogij in metafor, izposojenih iz naravoslovja. Človeške skupnosti, čeprav v marsičem

podobne biološkimi pojavom, niso organizmi. Ljudje smo sposobni tudi radikalnih sprememb vedenja, namenov in motivov akcije, kar družbene sisteme naredi za bistveno kompleksnejše od preprostih fizikalnih in bioloških sistemov.

Z evolucijske perspektive to pomeni da proces sprememb strukture lahko povzroči množico evolucijskih vzorcev, od preprostih stabilnih stanj do kompleksnih, kaotičnih nestabilnih trajektorij na drugi strani. Kaos je potencialno prisoten tudi v najeenostavnejših sistemih, v družbenih sistemih, katerih evolucijo vodi množica samoojačujočih se povezav, kot so reprodukcija, kooperacija in tekmovalnost (akcije agentov), v katerih so nepredvidljiva in neperiodična vedenja prej pravilo kot izjema. Pojasniti je potrebno stabilnost, in ne spremembe (McGlade in van der Leeuw 1997a; 19-20).

Težava torej ni v izposojenih konceptih, temveč v epistemološkem okviru izposojevalca. Znotraj naivnih pozitivističnih in redukcionističnih epistemologij procesne arheologije tovrstni pristopi niso mogli prinesiti ničesar novega. Novi pristopi pa lahko pomenijo referenčni okvir kamor, lahko postavimo naše razumevanje kompleksnih pojavov, evolucije in odnosov med ljudmi in okoljem. Pristope, kjer je osnovna enota analize sistem, počasi zamenjujejo pristopi, ki za osnovno enoto opazovanja jemljejo posameznika ali bolje, interakcije med posamezniki (t.i. *bottom-up* pristopi ali modeli, ki temeljijo na agentih, ang. *agent based models*; cf. Epstein in Axtell 1996). Poudarek ni na sistemu kot celoti, temveč na interakcijah med posamezniki in dolgoročno dinamiko sistema, ki je nepričakovana posledica teh interakcij. Taki pristopi so blizu pristopom v družbeni teoriji, npr. Giddensovi teoriji strukturacije, kot tudi implicira Giddensevo poudarjanje rekurzivne narave družbenih sistemov (Giddens 1979, 75). Ti pristopi priznavajo vlogo posameznika pri oblikovanju dolgoročne dinamike in možnost, da akcije posameznika spreminjajo družbo in naravo, hkrati pa se izognejo pasti metodološkega individualizma. Družbe ne vidijo kot sistem, v katerem so posamezniki le kmetje v veliki igri, temveč kot nepričakovano posledico interakcij med posamezniki agenti.

Literatura

- ADDISON, P. S. 1997, *Fractals and Chaos*. -Institute of Physics Press, Bristol.
- BLUMLER, M. A. 1996, Ecology, evolutionary theory and agricultural origins. -V: D. R. HARRIS (ur.), *The Origins and Spread of Agriculture and Pastoralism in Eurasia*. -UCL Press, London, str. 25-50.
- CLARKE, D. 1978, *Analytical Archaeology*. Druga, dopolnjena izdaja. -Methuen, London.
- CHERRY, J. F. 1983, Evolution, revolution and origins of complex society in Minoan Crete. -V: O. KRZYSZKOWSKA in L. NIXON (ur.), *Minoan Society. Proceedings of the Cambridge Colloquium 1981*. -Bristol Classical Press, Bristol, str. 33-45.
- DAWKINS, R. 1990, Sebični geni in sebični memi. -V: D. R. HOFSTADTER in D. C. DENNETT (ur.), *Oko duha*. -Mladinska knjiga, Ljubljana, str. 132-151.
- ELDREDGE, N. in GOULD, J. S. 1972, Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism. -V: T. J. M. SCHOPF (ur.), *Models in palaeobiology*, Freeman. -Cooper & Co, San Francisco, str. 82-115.
- EPSTEIN, J. in AXTELL, R. 1996, *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom-up*. -Princeton University Press, Princeton (NJ).
- FELLNER, R. 1990, The problems and prospects of cultural evolution. -*Papers from Institute of Archeology* 1, str. 45-55.
- FLANNERY, K. V. 1968, Archaeological Systems Theory and Early Mesoamerica. -V: B. J. MEGGERS (ur.), *Anthropological Archaeology in Americas*. -Anthropological Society of Washington, Washington, str. 67-87.
- FORST, C. V. in REIDYS, C. 1996, On Evolutionary Dynamics. *Alife* 5, <http://www.imb-jena.de/www-something/Publications/Zips/evodyn.ps.gz>
- GIDDENS, A. 1979, *Central Problems in Social Theory*. -Macmillan, London.
- GLEICK, J. 1992, *Kaos. Rojstvo nove znanosti*. -DZS, Ljubljana.
- GOULD, S. J. 1991, *Darwinova revolucija*. -KRT, Ljubljana.

- HABERMAS, J. 1970, *Towards a Rational Society: Student Protest, Science and Politics*. -Heinemann, London.
- HILL, J. N. 1977, Discussion. -V: J. N. HILL (ur.) *Explanation of Prehistoric Change*. -University of New Mexico Press, Albuquerque.
- LEVY, S. 1992. *Artificial life*. Jonathan Cape, New York.
- LORENZ, E. N. 1963, Deterministic nonperiodic flow. -*Journal of Atmospheric Science* 20, str. 131-141.
- MAY, R. M. in OSTER, G. 1976, Bifurcations and dynamic complexity in simple ecological systems. -*American naturalist* 220, str. 573-599.
- McGLADE, J. 1995, Archaeology and ecodynamics of the human-modified landscapes. -*Antiquity* 69, str. 113-132.
- McGLADE, J. 1996. Archaeomedes Research Programme. <http://www.ucl.ac.uk/archaeology/research/profiles/mcglade/glde9.html>
- McGLADE, J. in VAN DER LEEUW, S. 1997, Introduction: Archaeology and non-linear dynamics - new approaches to long-term change. -V: J. McGLADE. in S. VAN DER LEEUW (ur.), *Time, Process and Structured Transformation in Archaeology*, Routledge, London, str. 1-23.
- MINNICH, R. A. 1983. Fire mosaic in southern California and north Baja California. -*Science* 219, str. 1287-1294.
- ODUM, E. P. 1959. *Fundamentals of Ecology*. -Saunders, Philadelphia.
- RENFREW, C. 1978, Trajectory, discontinuity and morphogenesis: the implications of catastrophe for archaeology. -*American antiquity* 43 (1), str. 203-222.
- RENFREW, C. 1979, Systems collapse as social transformation: catastrophe and anastrophe in early state societies. -V: RENFREW, C. in COOKE, K. L. (ur.), *Transformations: Mathematical Approaches to Culture Change*. -Academic Press, New York, str. 481-506.
- RENFREW, C. 1981, Simulator as demiurge. -V: J. A. SABLOFF (ur.) *Simulating the Past*. -University of New Mexico Press, Albuquerque, str. 176-180.
- RENFREW, C. in BAHN, P. 1991, *Archaeology. Theories, Methods and Practice*. -Thames and Hudson, London.
- STEWART, I. 1988, *Life's Other Secret*. -Penguin, London.
- ŠERCELJ, A. 1996, Začetki in razvoj gozdov v Sloveniji. *Dela IV. razreda SAZU* 35.
- THOM, R. 1972, *Structural Stability and Morphogenesis*. -W. A. Benjamin, Reading.
- WRIGHT, S. 1986, *Evolution. Selected papers*, W. B. Provine (ur.). University of Chicago Press, Chicago.