

dispergirali u vodenoj otopini kalijevog sulfita i natrijevog sulfida i zatim dodali fotodepozicijom *in situ* na rutenijski kokatalizator. Obasjavanjem smjese vidljivim svjetlom sulfidni i sulfidni ioni predaju elektrone vodikovim ionima, pri čemu nastaje plinoviti vodik. Znanstvenici smatraju da bi takve sulfidne krute otopine mogle poslužiti u praktične svrhe za fotokatalitičku proizvodnju vodika, ako bi se mogla znatnije pojačati aktivnost i iskorištenje. Potencijalna prednost postupka za okoliš bilo bi iskorištavanje neželjenih nusprodukata kemijske industrije i energetskih pogona, kao što su sumporovodik i sumporov dioksid, kao sirovina za sulfide i sulfite. M.-B. J.

Objašnjenje okusa češnjaka

Češnjak je vrlo popularan kao dodatak hrani i biljni lijek. Ipak, malo se zna o izvoru njegove izražene jetkosti. Sada su znanstvenici iz Scripps Research Institute i Genomics Institute of Novartis pokazali da je izvor karakterističnog peckavog i oštrog okusa češnjaka u sumpornom spoju alicinu. Alicin se proizvodi kad se sirovi češnjak reže ili drobi, a ta se molekula veže uz kanale neurona u ustima i jeziku, koji su odgovorni za osjet boli. Istraživači smatraju da češnjak kod prženja gubi oštrinu, jer se enzim odgovoran za sintezu alicina inaktivira zagrijavanjem. M.-B. J.

zaštita okoliša

Uređuje: Vjeročka Vojvodić

Može li biogorivo zadovoljiti potrebe za energijom?

Biogorivo je najavljivano kao povoljno rješenje za rastuće potrebe za energijom iako se odnedavno nalazi pod vatrom kritika da je postalo neprijateljsko za okoliš i da doprinosi svjetskoj krizi nestašice hrane. U Velikoj Britaniji Vlada je 15. travnja uvela obavezu upotrebe biogoriva za prijevoz (Renewable Transport Fuel Obligation-RTFO). U dokumentu RTFO-a pokazano je da se 2,5 % od ukupno prodanog goriva odnosi na biogorivo te da udio do 2010. treba porasti na 5 %. Ta se Vladina inicijativa podudara s postavljenim ciljem EU da udio biogoriva do 2020. bude 20 %.

Biogorivo predstavljeno kao povoljno rješenje koje će zadovoljiti sve veće potrebe pojednostavljeno se može definirati kao gorivo proizvedeno iz nežive organske tvari ili biomase. Proizvodnja biogoriva vrlo je dinamična, sve razvijenija industrijska grana, a proizvodnja i korištenje biogoriva u posljednjem desetljeću u neprekidnom je porastu. U Europi i SAD-u proizvodnja biogoriva se financijski podupire s ciljem obuzdavanja emisija stakleničkih plinova nastalih izgaranjem fosilnih goriva te s ciljem osiguravanja energetske sigurnosti primjenom alternative ugljikovodicima. Smatra se da povećana upotreba takozvane bioenergije može pomoći raznolikosti poljoprivrednih i šumarskih aktivnosti, doprinosti održivom razvitku i ublažiti klimatske promjene zamjenom fosilnih goriva koja emisijom stakleničkih plinovima doprinose globalnom zatopljenju.

Proizvodnja biogoriva imala je značajnu potporu vlada i industrija kao i mnogih zagovornika koji su u tome vidjeli mogućnost smanjene emisije stakleničkog plina CO₂. Dok je emisija stakleničkih plinova iz ispušnih cijevi nastala izgaranjem biogoriva vrlo slična onoj iz fosilnih goriva, ušteda na emisiji ugljika postiže se na način da zasađene biljke iz kojih se dobiva biogorivo adsorbiraju tijekom rasta istu količinu CO₂ iz atmosfere koliko se u atmosferu otpusti tijekom izgaranja održavajući tako bilancu ugljika neutralnom.

Nedavno je objavljeno mišljenje znanstvenika da postoji nekoliko stvarnih dobrobiti u primjeni biogoriva, a posebno u načinu na koji se danas biogorivo proizvodi.

Oponenti s druge strane ističu smanjenu bioraznolikost i nestašicu hrane kao glavnu nepogodnost proizvodnje biogoriva. Poljoprivredne površine nekad korištene za proizvodnju žitarica lako se mogu prenamijeniti za uzgoj kultura iz kojih se dobiva biogorivo, dok se šumska staništa razaraju do čistih površina pogodnih za uzgoj istih kultura. Prema političkom savjetniku u Oxfamu Robertu Baileyju štete nastale uzgojem kultura za biogorivo nepovratne su (Oxfam predstavlja skupinu nevladinih organizacija s tri kontinenta koje se širom svijeta bore protiv siromaštva i za pravdu).

Kad se sječom uništi tropska šuma, to se učini zauvijek. Kad netko izgubi mogućnost dobave hrane, postaje gladan i neuhranjen, pogoršava se fizičko i mentalno stanje i može umrijeti. U obje organizacije, u Oxfamu i Greenpeaceu odluka EU nazvana je nepromišljenom, budući da dobavljači biogoriva još uvijek nemaju obavezu dobivanja biogoriva putem održive sadnje.

Svjetska banka nedavno je izvijestila da je cijena hrane u posljednje tri godine porasla 83 %, a porast cijena žitarica dovest će do nestašice hrane širom svijeta. Prema Organizaciji za hranu i poljoprivredu u okviru UN-a te su činjenice dovele do ozbiljnih napetosti i pobuna u zemljama u razvoju uključujući Indoneziju, Filipine, Haiti i Egipat. Porast cijena i hrane i goriva za prijevoz hrane može se činiti kao uzročnik nestašice hrane, ali opseg u kojem proizvodnja biogoriva sudjeluje u porastu troškova hrane našao se na udaru kritike.

Uloga biogoriva u porastu cijena hrane može se dobro vidjeti u pitanjima opskrbe i potreba. Dok je potreba za žitaricama u posljednjih sedam godina premašila proizvodnju, na pogoršanje problema utjecalo je usmjerenje prema povećanoj proizvodnji biogoriva i udaljšavanje od potrošnje za ljudske prehrambene potrebe. Prema podacima Oxfama ostvarivanje ciljeva vezanih uz biogorivo u EU doveli su do nereda u opskrbi u zemljama u razvoju dovodeći tako u opasnost osiguranja hrane za neke u svijetu najugroženije grupacije ljudi, a posebno u zemljama koje ovise o uvozu. U zemljama, kao što je na primjer SAD, koje su glavne izvoznice žitarica vidljiv je značajni pomak prema povećanoj proizvodnji. Ove će godine više od 18 % žitarica biti prerađeno u biogorivo, a u posljednje dvije godine u SAD-u je iz 60 milijuna tona hrane proizvedeno biogorivo. Predsjednik Bolivije Morales te pe-

ruanski predsjednik Alan Garcia napali su upotrebu biogoriva zbog uloge koju ima u porastu cijena hrane.

Međutim, neki su odmah istaknuli da je uloga biogoriva u porastu cijena hrane ograničena. Spominju se i drugi razlozi koji utječu na opskrbu hranom navodeći primjere katastrofalne suše koja je pogodila Australiju i Daleki Istok, koji je učinio rižu toliko dragocjenom da se riža u ljusci u Tajlandu čuva pod oružjem, dok je izvoz iz Kine i Indije znatno smanjen. Problemu također doprinose i porast cijene nafte potrebne za proizvodnju i prijevoz kao i povećane potrebe za žitaricama za hranjenje stoke, a posebno se ističe značajno povećana potražnja životinjskih proizvoda u gospodarstvima u razvoju, čije je stanovništvo postalo bogatije.

Do koje se mjere biogorivo može optuživati za smanjenje količina hrane i sljedom toga porasta cijena hrane? Organizacija The Economic Co-operation and Development (OECD) prošle je godine objavila da je biogorivo bilo jedno od glavnih pokretača za predviđanje porasta cijene hrane od 20–50 % do 2016. godine. Prema organizaciji The International Food Policy Research Institute oko 30 % od sadašnje inflacije cijene hrane može se pripisati proizvodnji biogoriva.

Važan argument koji daje prednost biogorivu, a u posljednje vrijeme je pod znakom pitanja je redukcija globalnog zatopljenja koja se ostvaruje smanjenjem za okoliš štetne emisije stakleničkih plinova. Naime, znanstvenici su pronašli da uzgoj kultura za biogorivo može zapravo povećati proizvodnju CO₂ i ostalih stakleničkih plinova zbog promjena u tlu nastalog uglavnom krčenjem šuma. Krčenjem se oslobađaju površine za uzgoj kultura kao sirovine za proizvodnju biogoriva. Prema podacima iz Greenpeaca računa se da u ukupnoj emisiji stakleničkih plinova krčenje šuma sudjeluje s udjelom od 50 %. U ovom trenutku razaranjem šumskih tresetišta

poticanog širenjem nasada za biogorivo iz palminog ulja Indonezijske sudjeluje s oko 4 % u ukupnoj emisiji stakleničkih plinova. Na svaki način, 17–420 puta više CO₂ može biti otpušteno u atmosferu pripremom tla za razvitak kultura za biogorivo kao što su soja, šećerna trska i kukuruz.

Jedan od glavnih problema s biogorivom u etičkom smislu je neodrživa priroda proizvodnje. Neki vjeruju da će jednom, kad pitanje prihvatljivosti proizvodnje bude riješeno, biogorivo zaista postati ekološki prihvatljivo, zeleno rješenje i bez drugih pritisaka vezanih na opskrbu hranom, biogorivo možda neće imati toliko utjecaj na cijenu hrane. Njemački ministar za pitanja okoliša Sigmar Gabriel vjeruje da postavljeni cilj EU može biti ostvaren bez dodatnog podizanja cijena i krčenja šuma. Također je izjavio da se u EU može postići proizvodnja koja bi osigurala udio biogoriva u ukupnoj potrošnji od 10 % i koja ne bi bila u konfliktu s proizvodnjom hrane i šumskim područjima, a govorio je i o vanjskim granicama na sastanku ministara za okoliš u Sloveniji. Na kraju je zaključio da je vjerojatno da će šire rješenje možda iziskivati uključivanje svjetskog tržišta i da se neće zaobići ovisnost o izvozu iz zapadnog razvijenog svijeta.

Premda koraci prema povećanju prihvatljivosti biogoriva mogu smanjiti negativne utjecaje, samo će vrijeme pokazati kakve će posljedice imati na okoliš i svjetsku populaciju povećana proizvodnja i korištenje biogoriva.

(Izvor: članak prenesen iz Sustainable Development International u Environmental Expert Com, Macpress Europa; original objavljen u travnju 2008.)

Slijedi prikaz knjige na temu predkazivanja globalnog zatopljanja koji je za naše čitatelje napisao akademik V. Pravdić. Zahvaljujemo!

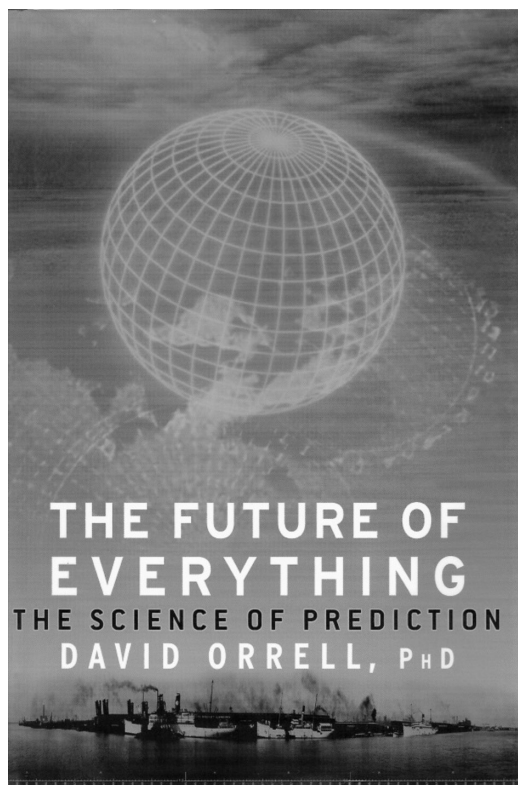
David Orrell

The Future of Everything – The Science of Prediction

Thunder's Mouth Press, Avalon Publ. Group, New York, N.Y. 2007. ISBN-13: 978-1-56025-975-6; 449 stranica, rječnik s tumačenjem upotrebljavanih 66 termina; 9 poglavlja teksta s 525 anotiranih napomena, više od 600 literaturnih referencija, te 15 str. abecednog kazala. (210 kn, knjižara Algoritam, Zagreb).

U svom izdanju od 15. svibnja 2008. časopis *Nature* (453, 268) objavio je napis o upravo završenoj četverodnevnoj konferenciji svjetskih klimatologa i njihovo traženje velikih investicija u nova super-računala i istraživačke resurse. Tim investicijama svrha bi bila revolucija u stvaranju probabilističkih modela za pretkazanje klimatskih promjena, onakvih kakva su danas kratkoročna pretkazanja promjena vremena. Klimatolozi kažu da je to potrebno zato što danas nismo u stanju stvoriti vjerodostojni model predviđanja posljedica promjena klime.

Klimatolozi plaše čovječanstvo već dulje vrijeme pretkazivanjima katastrofa u stilu biblijskih proročanstava o sudnjem danu. Četiri jahača Apokalipse Albrechta Dürerra s kraja 15. stoljeća, danas su klimatolozi zamijenili strahotama kao što su globalno zatopljenje, porast razine oceana i mora, i olujnim nevremenima (uraganima). Četvrti jahač Apokalipse je svakako neki suvremeni klimatolog – katastrofičar. I naravno, jedini spas je u tome da državne institucije daju klimatolozima dodatni novac, kojim će nabaviti nova super-računala i nastaviti istraživanja modela pretkazivanja katastrofa. Suprotstavite li se tome, makar samo intelektualno, proglašete vas neznanicom, plaćenikom velikih energetske kompanija, ili – po starom komunističkom modelu – neprijateljem naroda. Kao da je modeliranje vjersko pitanje.



Potaknut recenzijom ove knjige u časopisu *Ecological complexity* (A. R. Bell, 5 (2008) 69) pokušao sam saznati što o tome misli David Orrell, kanadanin iz Alberta, matematičar s doktoratom Oxfordskog sveučilišta, istraživač s dvadesetogodišnjom praksom u futurologiji i nizom radova, znanstvenik koji danas živi i radi u Vancouveru, Kanada (→ www.apollosarrow.ca).

U daljnjem tekstu pokušat ću kazati što je Orrell napisao u svojoj knjizi, jasno i čitljivo i to, za jednog matematičara iznimno, bez upotrebe matematičkih izraza. (Napomena: Ako i dalje želite ostati pravovjerni poklonik (*a true believer*) modeliranja, prestanite čitati ovaj tekst – sada).

Osnovna je kritika Orrella usmjerena na rad na pronalaženju determinističkih modela slijedom redukcionističkih metoda klasične fizike. Za klimatologe područje istraživanja usmjerava se na generalni cirkulacijski model (*General circulation model – GCM*), na kojem se istražuje, kaže Orrell, posljednjih nekoliko desetljeća. Rezultat su masivni matematički modeli globalne klime, koji ne pretkazuju gotovo ništa s dovoljnom vjerojatnošću. Teorija kaosa i Lorenzov model leptira pokazali su, kaže Orrell, samo to da je osjetljivost pretkazivanja na početne uvjete mnogo manja nego što su to pogreške ili nedostaci modela. Nemogućnost imitiranja prirodnih fizikalnih procesa u modelu unaprijed onemogućava postizanje iznahašća koje očekujemo od modela. Kod toga se javnosti subjektivne procjene prodaju pod okriljem lažne objektivnosti. Modelima je nesavladivo postojanje kompleksnih neravnotežnih sustava i pojava diskontinuiteta (usp. recenziju knjige: G. Harris, KUI 57 (5) 277 (2008)). To jednako vrijedi za pretkazivanje socioloških kretanja, kao i za modele gospodarskog razvitka, odnosno pretkazivanje ponašanja burze.

Knjiga je podijeljena na četiri okvirna dijela: Uvod; Prošlost – poglavlja 1 – 3; Sadašnjost – poglavlja 4 – 6; i Budućnost – poglavlja 7 – 9.

U *Uvodu* Orrell pokazuje da su tri područja u kojima se od pamtivjeka nastoji ostvariti pretkazivanje – vrijeme^{*}, zdravlje i stvaranje bogatstva usko povezana. Danas je pretkazivanje vremenskih uvjeta "*multi-billion dollar business*", posao u koji se ulažu milijarde dolara. Još je veći posao pretkazivanje ekonomskih događanja, u kojem vitalne interese imaju kompanije, vlade i sveučilišta širom svijeta, a u njemu aktivno sudjeluju međunarodne institucije kao što su Međunarodni monetarni fond i Svjetska banka. Veliki uspjeh u determinističkom modelu mikrosvijeta potaknuo je mnoge da se istom metodom pokušaju snaći u realnom makrosvijetu. U spomenutim trima područjima znanstvenike je poticalo uvjerenje da se sustavi mogu kvantificirati i da su podesni za kompjutersko modeliranje. Pretkazanje vremena neosporno napreduje, ali ni danas uspješna pretkazivanja ne prelaze razdoblje od tri – četiri dana.

U odjeljku *Prošlost* Orrell pokazuje svoju erudiciju i donosi mnogo o starim grčkim filozofima, posebno o Pitagori, Sokratu i Platonu, sve stavljeno u kontekst teme o pretkazivanju budućnosti. Orrell duhovito povezuje početke matematičke biologije, koja se zasniva na problemima epidemije kuge, od koje je Atena stradavala, posebno 430. godine prije nove ere. Po prognoze su odlazili u Delfe, poznato starogrčko središte pretkazanja. Orrell napominje da je Aristoteles s jedne strane unaprijedio znanost, osnivanjem kategorije racionalnog, logičnog zaključivanja. S druge strane Orrell dokazuje da je Aristoteles zakočio primjenu tih istih metoda na proučavanju prirode: to je sputavalo znanost više od 1000 godina. Dotičući i Kopernikanski obrat u naziranjima o geocentričkom modelu, Orrell mnogo više prostora posvećuje *Malom ledenom dobu* (približno od polovice 16. do polovice 19. stoljeća). Orrell je sklon hipotezi da globalno zagrijavanje, koje je naznačilo svršetak malog ledenog doba u sjevernoj hemisferi, traje

i danas i da je čovjekov utjecaj na zatopljenje tek jedan od mogućih činilaca.

Slučaj Galilea Galilea Orrell uzima kao paradigmatički primjer kako se nova saznanja i nove ideje teško probijaju, čak i kroz znanstvene strukture. Dio otpora Orrell prikazuje na slučaju Williama Tyndalea iz sredine 16. stoljeća, koji je prijevodom Biblije na običan engleski jezik ugrozio svećenicima monopol na tumačenje Biblije napisane bilo na latinskom ili grčkom jeziku. Ne bez aluzije, jer se današnji matematički modelari smatraju jednim upućenima, koji problem klimatskih promjena mogu tumačiti javnosti i političarima.

Mnogo je stranica posvećeno Isaacu Newtonu i njegovoj fizici. Orrell ne zanemaruje ulogu koju je redukcionizam imao u razvitku znanosti. Ipak kaos u znanostima nastaje onda kada Aristotelesova logika uzroka i posljedice, ono što zovemo linearizacijom, počne zatajivati u kompleksnim sustavima. Primjena teorije kaosa ukazuje na to da iako postoji precizni model nekog jednostavnog sustava, to nije dovoljno za pretkazivanje njegovog budućeg razvoja. Na nekoliko primjera virusnih epidemija Orrell pokazuje da se priroda nerado, možda nikad, ne ponavlja, i da je svaka nova epidemija drugačija po svojim obilježjima. Stoga prognoze tipa "sudnji dan" imaju vrlo malo logičke osnove.

U odjeljku *Sadašnjost* Orrell napominje da se još i danas crvenilo neba na horizontu navečer ili po noći poima kao pretkazivanje dobrog vremena. Galileo je izmislio prvi termometar, a njegov sljedbenik Torricelli prvi barometar. Time je započela kvantifikacija promatranja vremena. Prvim zastupnikom modeliranja vremenskih pojava Orrell smatra Engleza, matematičara Lewisa Frya Richardsona, koji je u ratu na zapadnom bojištu 1916. napisao rukopis knjige, koja je kasnije izašla pod naslovom: "Pretkazivanje vremena numeričkim procesima". Za izračunavanje pretkazivanja za predstojećih šest sati trebalo mu je oko šest tjedana računanja. Richardson je pretpostavio da bi mu za izračunavanje prognoza trebalo 64.000 računala, ljudi koji bi računali! Očito je da značajan pomak u pretkazivanju vremena modeliranjem nije bio moguć prije stvaranja moćnih računala 1960-tih godina 20. stoljeća. Od tada se time bave vremenski prognostičari i klimatolozi. Vremenski prognostičari, potpomognuti velikim brojem promatračkih stanica i mjeritelja mogu prognozirati precizno do nekoliko dana, a približno do nekoliko tjedana. Sve što su klimatolozi uspjeli postići su modeli, zasnovani na linearnim ekstrapolacijama povijesnih analiza. Orrell smatra da je osnovni napredak u pretkazivanju vremena stvaranje GCM-a i tumačenje globalnog utjecaja pojave El Niña. Današnji modeli služe se s oko 10 milijuna varijabli, ali time postižu tek kaotične rezultate neviđenih proporcija. Mandelbrot je uvođenjem pojma kaosa i primjenom na nelinearne sustave otvorio nove puteve modeliranju, kojima Orrell ipak uskrađuje priznanje da su unaprijedili točnost pretkazivanja. Lorenzov model leptirovih krila kao inicijalnog uzroka nesigurnosti modela Orrell ne priznaje, već ukazuje na to da se uzrok netočnostima mora tražiti u neodgovarajućoj strukturi modela.

U ovom odjeljku pažnju mi je privukla rasprava pod naslovom *Mjerenje pogreške* (str. 149 – 155). Orrell naglašava kako su u povijesti sva proročišta trebala interpretirati za svoja proročanstva, primjer: Delphi. Mjerenje pogreške u pretkazivanju vremena, odnosno interpretacija pogrešaka u GCM-u, postavlja dodatni problem. Varijable su tlak, temperatura, jakost vjetera i niz drugih u trodimenzionalnom prostoru. Mjerne jedinice su različite: tlak se ne može direktno uspoređivati s temperaturom ili brzinom vjetera. Treba ih se ili prevesti na istu osnovu ili uspostaviti neke parcijalne mjerne jedinice. Meteorolozi taj problem rješavaju izborom *npr.* visine od 500 m. Oni uspješno čitaju meteorološke karte, ali prijenos podataka na površinu zemlje zahtijeva mnogo subjektivne interpretacije. Meteorolozi često upotrebljavaju tzv. naivna pretkazivanja. Srednje vrijednosti te perzistencija, uz niz ostalih svojstava, ulaze u domenu vještine prognozeri, kaže Orrell. Prognozeri ni danas ne uzimaju numeričku izlaznu vrijednost doslovno, već

* Hrvatski jezik ne poznaje razliku između dvaju značenja *vrijeme*: *weather* i *time*. U ovom tekstu *vrijeme* znači: *weather*.

primjenjuju subjektivno poznavanje materije kako bi značajno unaprijedili rezultat. Time, kaže Orrell, vješti ljudi – prognozeri, još se uvijek ne mogu zamijeniti strojevima (računalima). Sve ovo vrijedi i za klimatologe. Ako vjerujete Orrellu, ovo poglavlje opisuje njegov stav prema vrijednosti matematičkih modela. Pouzdanost, odnosno vrijednost modela zaostaje za brzinom računala, kao i za tehnologijom mjerenja, i to usprkos visokoj ekonomskoj vrijednosti preciznih pretkazivanja.

Kolike su katastrofalne bile posljedice pogrešnih klimatskih pretkazivanja, pokazuje primjer meteorologa Franza Baura, koji je Hitleru rekao da očekuje izrazito toplu zimu 1941./2. Kada su se Hitlerove armije smrzle, Baur je krivicu svalio na pogrešna promatranja i mjerenja. Uostalom, iako je GCM prisutan u znanosti posljednjih 50 godina, temu pogreške modela još se uvijek smatra "novim, neistraženim teritorijem".

Orrell zaključuje poglavlje sadašnjost jednom duhovitom opservacijom. Tri područja znanstvenog pretkazivanja – vrijeme, zdravlje i ekonomija – su poput braće. Imaju iste roditelje, odrasli su zajedno, i druže se s istim ljudima. Ipak, svako od njih ima svoj karakter. Vrijeme je najstarije, dominira nad ostalima zato što je najbliže zvijezdama i znade fiziku. Zdravlje, najmlađe od njih, mnogo puta ulazi u nevolje, ali je s druge strane najoptimističnije u fazi svog odrastanja. Ekonomija je narcisoidna, stalno se gleda u zrcalu, u oduševljenju svojom ljepotom i djelotvornošću. Stoga treba raspraviti što će se desiti ako to troje braće udruže svoje snage i uhvate se najvećeg izazova – budućnosti našeg planeta.

U četvrtom dijelu – *Budućnost* – upoznajemo što Orrell misli da disciplina modeliranja može postići za ta tri povezana područja. Jer ako je globalno zatopljenje, kaže Orrell, funkcija emisija ugljikova dioksida, onda je to ovisno o ekonomskim aktivnostima. Povezanost tih triju područja treba promatrati u keynesijanskom izrazu organske povezanosti ekonomije, sociologije i politike. Iako već u Uvodu Orrell kaže da uspješna prilagodba modela historijskim događanjima nije mjerilo njegove vrijednosti za pretkazivanje budućnosti, u ovom odjeljku ipak pribjegava tim usporedbama. Relativna stabilnost klime u posljednjih 10.000 godina pogodovala je razvitku poljoprivrede i razvitku civilizacije. Velik pri rast stanovništva doprinosi globalnom opterećenju zraka, vode i tla zagađivalima. Orrell dosta prostora u ovom dijelu posvećuje nepoznavanju uloge vode: od njezine cirkulacije, stvaranja leda i njegovog otapanja, padalina, isparavanja i uloge kao najvažnijeg stakleničkog plina. Strah od epidemija je također znatno smanjen iako se umjesto kuge i tuberkuloze pojavljuju influenza, AIDS, SARS i Creutzfeldt-Jakobova (prionska, a ne bakterijska ili virusna) infekcija. Orrell ih ipak smatra opasnostima koje su savladive. U pogledu uspješnosti pretkazivanja modela ekonomskih kretanja Orrell nije optimističan jer ukazuje na nepoznanicu utjecaja kineskog faktora – uzlaza jedne enormno velike ekonomije s velikim

zahtjevima za energijom i sirovinama, i s ogromnim emisijama otpadnih plinova, tekućina i krutog otpada.

Na stranicama 294 – 296 Orrell navodi 10 razloga optimizmu za pretkazivanje; na stranicama 302 i 303 navodi devet razloga skepticizmu.

U zaključku 7. poglavlja nalazi se Orrellova tvrdnja (koju mnogi današnji modelari izbjegavaju): ne znamo! On kaže da je znanost pretkazivanja i modeliranja pala u zamku pretpostavke da će budućnost nalčiti na prošlost. Svoju tvrdnju potkrepljuje sažetkom kritike u devet točaka (str. 311). U dva daljnja poglavlja, 8. "Nazad u planiranje" (*Back to the Drawing Board*) Orrell se zalaže (ne zaboravite: on je matematičar!) za potrebu blagog autizma (tzv. Aspergerov sindrom) kod vrhunskih znanstvenika, izoliranosti od šumova okoline, već zapaženo kod Einsteina, Newtona i Sokrata. Orrell se također prisjeća bune francuskih studenata na Sorbonni 2000. godine, u kojoj su zahtijevali odstupanje od imaginarnog svijeta, i napali nekontroliranu upotrebu matematike. Pokret, zastupnik *post-autističke ekonomije*, nije studentska kritika ljudi sa sindromom autizma, već povezanost prevladavajuće ekonomske teorije s ekstremnim mentalnim stanjem njihovih kreatora.

Orrell kao osnovne nedostatke teorije modeliranja globalnih pojava navodi neuključivanje povratnih veza (od kojih su mnoge nepoznate!), kao i pojave samoregularajućih sustava (*self-regulating system*). Linearna ekstrapolacija postojećih pojava, pa i modela, bez uvažavanja povratnih veza i samoregulacije, čini mnoge, masivne matematičke modele beskorisnima u pretkazivanju budućnosti. Rasprave između znanstvenika pristaša teorije o važnosti pojave globalnog zagrijavanja kao posljedice ljudskih djelatnosti i onih skeptika koji smatraju veliki utrošak sredstava u suzbijanju toga promašenim, Orrell smatra nepotrebnim. Kod toga se bolesnika, globalni ekosustav, promatra kao objekt, bilo medicinski, bilo ekonomski, i ostavlja u pogoršanim zdravstvenim uvjetima (str. 333 i 334.) Inzistiranje na nepobitnim i sigurnim dokazima, koji ne postoje, kontraproduktivno je. Jer, nepostojanje predskazivosti je osnovno svojstvo života. Balansiranje pozitivnih i negativnih povratnih veza, uvjetovano i neizračunljivim životnim procesima, čini kompleksne oblike života nepodesnim za matematičko modeliranje.

Posljednje, 9. poglavlje Orrell usmjerava na kritiku predskazivanja stanja globalnog prirodnog, zdravstvenog i ekonomskog sustava 2100. godine. Njegov je zaključak: to je tek pogled u kristalnu kuglu.

Prilozi tekstu, anotirani komentari, rječnik upotrebljenih termina, popis literaturnih referenci, i indeks, čine ovo djelo izrazito prikladnim, kako za stručnjaka iz futurologije, tako i za obrazovanog nestručnjaka. Neprikladno je samo za fanatičkog vjernika bilo koje orijentacije.

Velimir Pravdić