

SÚVISLOSTI VIRTUÁLNEHO ŽIVOTA A PERPETUALÓGIE

(Úvod do náuky o sebazachovaní virtuálnych entít v počítačoch)

LADISLAV ANDRÁŠIK, Katedra ekonómie a manažmentu EF STU, Bratislava

ANDRÁŠIK, L.: Virtual Life and Perpetualogy
FILOZOFIA 53, 1998, No 1, p. 15

The conditions of selfpreservation had been examined especially in inanimate nature. In animate nature one had to wait for the results of its future evolution. The development of computational technology and, first of all, the progress made in software opened new ways for experimentations. The author is searching for unifying analogies and metaphors as the basis for his conception of "perpetualogy". He sees the endurance as a common characteristics of all three differentiated levels of being. He proofs his hypotheses by experiments conducted on simulating models. As their results show, the principles and laws of the material, spatial, energetic, informatic and temporal unity of selfpreservation apply also in those levels of being. The new finding is, however, that their validity is maintained also in "virtual" life.

The first part of the paper is an introduction to the issue. In its second part some results of the experiments conducted on untraditional simulating models of economy are presented. It is obvious, even at this first stage of experiments, that the experiments, e.g. with the models of the universal economic equilibrium, can be used as strong verification means not only on the level of the mental models of economic reality but especially on the level of the economical-mathematical neoclassical models. His conclusion is that the results of computer experiments could be an attractive subject of further philosophical-methodological analyses and falsification tests.

1. Úvod. Vieme, že podobne ako v neživom svete aj v oblasti bielkovinového života platia princípy a zákony, ktoré zodpovedajú za jednotu materiálnych, priestorových, energiových, informačných a časových podmienok sebazachovania entít. Už menej známy je fakt, že rovnaké princípy a zákony musia platiť aj v prípade nebielkovinových foriem života.

Jedna z prvých nebielkovinových foriem života, s ktorou sa stretávame stále častejšie, je softvérový život v prostredí (vo vesmíre) vytvorenom v zariadení, ktoré dosť nešťastne nazývame počítačom. Stvoriteľom takého života je (môže byť) len človek, ktorý pochopil, že každá entita, ak má trvať vo svojom vesmíre, musí mať vlastnosti sebazachovania. Táto požiadavka pre stvoriteľa znamená, že živej entite, ktorú chce stvoriť, musí dať okrem jej telesnosti aj nástroj jeho pretrvania v neurčitom prostredí. Vieme, že týmto priam božským nástrojom je evolúcia. Jedine evolúcia dokáže oddeliť už stvorenú entitu od svojho stvoriteľa a zabezpečiť jeho pretrvávanie v pretržitosti. Smrteľnosť autentického jedinca z línie nultého prarodiča (akási protoaméba) je predpokladom nesmrteľnosti líniového jedinca ako takého (t.j. jedinca ako ostatného pravnuka v línii) v premenlivo neurčitom (neurčitý vývoj neurčitosti) prostredí.

Súčasní stvoritelia umelého života sa mýlia predovšetkým v tom, že by chceli sami do detailov skonštruovať niektorý koncový produkt celej doterajšej evolúcie v jeho už neopakovateľnej jedinečnosti. Taký cieľ je nad sily ľudského génia. Chcem tým len

naznačiť, že sotva možno skonštruovať veľmi zložitý¹ systém takpovediac zo zadu (ako film na premietačke s reverzným smerom otáčania kotúča), pretože okrem iného zložitý systém a predovšetkým živý organizmus je evolučne ireverzibilný.²

Každý koncový produkt danej evolúcie je iný aj napriek tomu, že všetky mohli vychádzať z rovnakých štartovacích podmienok. Je to tým, že život jedincov populácie daného druhu je zásadne diskretný, ale línia tvorí pevné vlákno, ktoré má podobnú štruktúru, akú má bavlnená niť po mykaní a spradení - totiž tri aj viac za sebou nasledujúcich generácií danej rodiny, rodu sa v čase prekrývajú. Tým sa však život populácie stáva spojitým v rovine genetickej i memetickej. Preto je v určitom zmysle populácia daného druhu nesmrteľnou. Každá bifurkácia (počatie a narodenie nového jedinca) je však tehotná novou bifurkáciou, čím vzniká zložitý stromovitý vetvenie už v časovom rozsahu trojgeneračnej rodiny (strom života). Toto vetvenie možno smerom dozadu síce analyzovať, ale nemožno ho rekonštruovať. Ešte menej však možno rekonštruovať zložitú interakciu prispôsobujúcich sa jedincov a ich skupín neurčitému a ustavične sa meniacemu prostrediu. Preto kladím dôraz na to, že tu nejde tak ani o **adjustáciu** a **adaptáciu** jedincov (fitness - prežitie najlepšie prispôsobených)³ na podmienky prostredia, ale o **sukcesiu**.

Gén ani mém však nepracujú v žiadnom racionálnom režime predvídania, nekonajú ani v zmysle racionálnych očakávaní a podobných predsudkov, ktoré sa v súčasných teóriách umelo imputujú agentom. Nepracujú dokonca ani v režime krátkozrakého predvídania, ale sú slepé. Nedá mi, aby som sa aj pri tejto príležitosti neodvolal na Dawkinsa, na jeho slávnu knihu *Slepý hodinár*.⁴ Všetko závisí od toho, či

¹ Čo je zložitost', to je sama osebe veľká otázka. Filozofiou všeobecnej zložitosti *per se* sa dnes zaoberajú viacerí filozofi. V súvislostiach tohto príspevku nás bude zaujímať predovšetkým zložitost' *per se* uplatnená v perpetualogickej oblasti. Ide predovšetkým o súvislosti učenia evolúciou, simulačného modelovania umelého života atď. Na tomto mieste nebudem komentovať ani uvádzať rozsiahlu literatúru na danú tému, pretože to presahuje priestorové možnosti state, ako aj vlastný obsah témy, ktorú chcem rozvíjať. Zainteresovaného čitateľa by som však chcel upozorniť na najčerstvejšie internetové články a knihy takých stredísk, ako je U-Santa Fé, MU-Manchester, SPRU U-Brighton, IASA-Luxemburg atď.

² Zdôrazňujem, že aj proces degenerácie organizmu je nezvratnou evolúciou. Súvisí to so solitónovým charakterom života v rieke fyzikálneho času. Informačný solitón sa valí v čase jednosmerne - totiž do budúcnosti. Týka sa to nielen genetickej, ale aj memetickej informácie. Možno vari nesúhlasíť s podobnosťou Dawkinsa o rieke opúšťajúcej Raj? Rieka DNA tečie v čase, a nie v priestore - tečie ako informácia podobnou technológiou, ako je osmóza, ba ešte názornejšie - valí sa ako vzhrukový solitón v nervovom vlákne.

³ V najnovšej literatúre sa kladie dôraz na to, že fitness replikátora (génového alebo mémového) často závisí od viacerých vzájomne odlišných činiteľov. Niektoré z týchto faktorov sú dôležité, pretože sú zodpovedné za veľkú časť premien prispôsobenia, kým iné činitele nie sú zaujímavé, pretože majú len nepatrný vplyv na fitness, prípadne preto, že sa v rámci hraníc systému, ktorý sa analyzuje, významne nemenia. V systémoch, ktoré sú príliš komplikované na to, aby sme ich mohli analyzovať podrobnejšie, môže byť užitočné sústrediť pozornosť na činitele, ktoré najviac vplyvajú na prispôsobenie. Najdôležitejšie činitele sa v literatúre ujali pod pojmom determinanty prispôsobenia.

⁴ Ako vieme, Dawkins napísal za posledných dvadsať rokov viacero závažných diel, ktoré hlboko zasiahli do predmetnej problematiky.

sa agenti "trafia" do práve existujúceho neurčitého prostredia. Ak nie, ich informácia vymizne z genofondu a memofondu. Inými slovami, ide tu o technológiu, s ktorou pracuje kognitívna biológia: hypotézami na fylogenetickej úrovni sú osoby populácie samotné.

Daná populácia sa môže až natoľko dobre prispôbiť svojmu prostrediu, že prostredie strati svoju štruktúrnú stabilitu a skokom zmení svoju kvalitu. Zmenu prostredia skokom však dobre prispôbený druh nedokáže adaptačne zvládnuť a práve pre svoju vysokú prispôsobivosť sa stáva vlastne svojím vlastným hrobárom (prikladom sú predkambriové sinice). Už z našich doterajších úvah je zrejmé, že umelý život treba konštruovať, presnejšie stvoriť odpredu, a to s minimálnymi predsudkami vyplývajúcimi z našich znalostí o koncovom produkte evolúcie pri "hnetení" protoaméby.

Perpetuológia je predobrazom budúcej disciplíny, ktorej predmetom by malo byť skúmanie analogických vlastností pretrvávania neživých, živých (bielkovinových) a umeloživých, človekom stvorených nebielkovinových entít. Kladie výslovný dôraz na trvanie v jednosmernom toku fyzikálneho času. Trvanie v priestore je sekundárnou alebo aj celkom nepodstatnou otázkou. V prípade jedného i druhého života ide teda o intertemporálne, (časovo vertikálne) dopredné valenie sa informačného vlnového balíka (solitónu), pričom **hrebeňom evolúcie je prítomnosť**.

V tejto úvahe sa pokúšam sústrediť pozornosť čitateľa na predmet novej náuky prostredníctvom podobenstva o kognitívnom príbehu s modelovaním správania učenívého hospodárstva [1]. Jej základom sú prednášky a referáty, ktorými som informoval odbornú verejnosť o danej problematike.

Umelé učenívé hospodárstvo je "elementárny tvor, ktorý sa stvoril sám osebe (seba sa) a žije" v programe počítača. Štruktúra "učenívého hospodárstva" v prvej vrstve sa skladá z dvoch subsystémov: je to vlastne hybrid dvoch počítačových "subtvorov". Prvý z nich je umelý učenívý agent a druhým je tzv. skrytá ekonomika.

Agenti majú schopnosť rozmnožovať sa (tvoriť populáciu), a to na základe ich úspešnej adaptácie na premenlivé podmienky neurčitého sveta a na meniace sa podmienky v skrytej ekonomike, ktoré aj sami pretvárajú svojimi rozličnými stupňami aktivít učenia a aktivít podnikania. Preto je populácia (druh) neurčitejšia ako svet.

Kognitívny proces preto prebieha na dvoch úrovniach. Na úrovni jednotlivých agentov ako ontogenéza a na úrovni populácie ako fylogenéza. Navyše má skrytá ekonomika ešte väčšiu neurčitosť. Túto neurčitosť tretieho druhu do nej vnášajú legislatívne a výkonné orgány štátu a meniace sa inštitucionálne prostredie. Dlhodobým cieľom učenívého hospodárstva, ako aj každého jednotlivého agenta ako jeho súčasti je prežiť v autogenerovanom prostredí troch hladín neurčítostí a masívnych perturbácií. Simulačný model učenívého hospodárstva slúži pre rozličné počítačové experimentovanie.

Experimentátorom môže byť:

- a) v školstve a vede 1. teoretizujúci ekonóm, 2. učiteľ, 3. študent;
- b) v praxi 4. subjekty hospodárskej politiky, 5. podnikatelia, 6. orgány a úrady štátnej správy.

* * *

2. Učennivý agent. Telesnosť agenta sa skladá z identifikačnej karty, "nádžže" na vitálnu energiu (VE), "mozgu", pričom mozog sa skladá z nádžže na získané vedomosti a zo správcu "mozgu", ktorý má vstavaný generátor náhodných čísel (metóda hádzania mince, resp. nejaká iná elementárna podoba bayesovského učenia). Po narodení má agent úplne práždnú nádžž na vedomosti. Implicitne sa predpokladá, že agent disponuje primitívnym pohybovým aparátom.

V začiatočných štádiách simulovania sa však nepočíta so senzormi. Inými slovami, autor modelu cieľavedome konštruuje agenta ako úplne primitívneho tvora, ktorý až v priebehu simulácie na základe evolučného výberu získava (ak vôbec) nové orgány. Morfogenéza sa teda nepredpokladá, alebo sa predpokladá až na vyššom stupni evolúcie populácie ako celku (genofond).

Agent po nazhromaždení vyššej hladiny vitálnej energie môže splodiť potomka. Pre jednoduchosť sa predpokladá, že k tomu dôjde delením, pričom rodičovi zostáva polovica VE a vedomosti sa nedelia, ale sa prekopírujú na potomka, t.j. potomok má už po narodení rovnaké vedomosti ako jeho "dospelý" rodič.

Proces učenia sa metaforizuje ako prenasledovanie cieľa na rozbalenom povrchu toroidu. Dosiahnutie cieľa sa chápe ako nájdenie toolkitu a kľúča k nemu. Kľúčom sa otvorí jednak toolkit s parametrami, a jednak skrytá ekonomika, v ktorej už potom agent operuje. Výsledkom ekonomických aktivít agenta je príjem (osobný dôchodok), ktorý sa pretransformuje na VE a proces pokračuje ďalej.

Osobitosťou modelu je fakt, že agent môže použiť dve stratégie: 1. pasívnu, t.j. hybernizačnú stratégiu a 2. aktívnu stratégiu. Prvú stratégiu používa vtedy, keď je neurčitosť sveta taká veľká, že predpokladané príjmy z aktivít s určitosťou nedosahujú náklady na učenie a ekonomické aktivity. Druhá stratégia sa použije vtedy, keď sa očakáva možnosť kladného prírastku VE (prítoku nad hladinou VE) v nádžži. Obsah nádžže VE podlieha aj prirodzenému rozpadu. Výsledkom učenia a aktivít agenta v skrytej ekonomike je to, že hladina VE v zásobníku kolíše podľa parciálnej úspešnosti agenta v jednotlivých režimoch jeho aktivity.

Táto dvojprocesovosť je kľúčovým poznatkom, bez ktorého nemožno pochopiť nielen ekonomické procesy, ale procesy života vôbec. Jemné rozlíšenie medzi 1. rozdeľovaním a používaním už existujúceho portfólia a 2. budúcim potenciálnym výsledkom (prírastkom k terajšiemu portfóliu) na základe preddávkovania časti terajšieho portfólia na vyššej úrovni hladiny neurčitosti prostredia je tým, čím sa tento proces odlišuje od obvyklého chápania podnikateľských investícií. Ide o autentický, psychologicky zložito štruktúrovaný proces zážitku sprítomnenia budúcnosti, ktorý nie je neprenosný ani v priestore a čase, ani z osoby na osobu. Podobne nie sú prenosné ani informácie a poznatky z takto zažitého príbehu. Zárodoky pochopenia tohto javu nachádzame v rakúskej škole, ale presné kontúry mu dal J. Zapletal vo svojej koncepcii autoorganizácie. Napríklad bez tejto teórie nemožno pochopiť záhady súčasných privatizačných procesov, korupčných afér, javu tunelovania, predprivatizačnú agóniu a pod.

Ďalšou osobitosťou v správaní agenta je to, že môže pracovať v režime (investatívneho) učenia a v stereotypnom režime. O tom, v ktorom režime bude fungovať, sa tiež rozhodne na základe hádzania mincou, resp. iným bayesovským učením.

V prípade bifurkácie správania do stereotypného režimu sú tu opäť dve možnosti využitia nadobudnutých vedomostí. Prvá z nich je náhodnou voľbou a druhá je výberom z vedomostí usporiadaných podľa úspešnosti pri dopĺňaní zásobníka VE.

Postupnosť uskutočnených učenlivých a ekonomických aktivít (použitie buď stereotypných, alebo "tvorivých", t.j. novonájdených riešení), ich náklady a výsledky rozhodujú o kolísaní hladiny VE v nádrži každého agenta. Agent, ktorý vyčerpá svoj zásobník VE, časom zaniká a naopak agent, ktorý dosiahne vyššiu hladinu VE, pretrváva po viac cyklov ekonomických aktivít.

3. Populácia agentov, spoločensvá. Agent, ktorý je natoľko úspešný, že splodí potomka, zakladá subpopuláciu druhovo (poddruhovo, resp. v širšej štruktúre ide o triedy, čeľade, rody, rodiny atď.) identickú so sebou samým (keďže sa a priori prijal predpoklad o vegetatívnom množení; ide tu teda vlastne o klonovanie). Počet subpopulácií v začiatkovej etape simulovania (v rodičovskej generácii) je ohraničený počtom pôvodných agentov, ktorý zadal experimentátor.

V prvej generácii potomkov je množina poddruhov závislá od toho, koľkí z pôvodných agentov sa stali rodičmi v ďalších generáciách potomkov. Preto je populácia v neskoršom štádiu evolúcie veľmi heterogénna. Okrem toho niektorí rodičia naďalej úspešne prežívajú spolu so svojimi potomkami (overlapping generation), z ktorých už rodia ďalších potomkov, preto sa heterogenita subpopulácií ďalej rozširuje.

Na základe tohto dedičného procesu sa rozširuje znalostný genofond (resp. memofond - ako fond modulusov správania) populácie. Na druhej strane však rastie v prípade úspešnosti prežívania (pretrvávania) agentov a ich poddruhov (subpopulácií) aj celkový počet agentov v populácii. Inými slovami, populácia ako celok sa zahusťuje. Zahusťovanie populácie má niekoľko veľmi závažných dôsledkov. Spomeniem len niektoré:

- absencia (relatívne zmenšovanie) priestoru na povrchu toroidu;
- difúzna konkurencia medzi agentmi pri čerpaní primárnych zdrojov "sveta";
- nerovnováha medzi tempom čerpania primárnych zdrojov "sveta" a tempom ich prirodzenej obnovy (problém obnoviteľných a neobnoviteľných zdrojov tu teraz ponechávam bokom);

- v skrytej ekonomike sa hustota agentov a ich heterogenita v modoch správania prejaví v rozširovaní vejára "ekologických" vzťahov: konkurencia, symbióza, parazitizmus, vzťahy typu dravec-korist' a ďalšie;

- menia sa energetické, materiálové, informačné a znalostné toky vo vnútri odvetví (intraindustry relation and/or trade) a medzi odvetviami (interindustry relation and/or trade) v rámci celkovej skrytej ekonomiky atď.

4. Skrytá ekonomika. Populácia agentov je vnorená do "skrytej ekonomiky" a takto skonštruovaný hybrid v podobe vyššieho učenlivého celku žije v počítačovom programe (v jazyku BorlandC++, EXCEL 7, Visual Basic). Pre agentov je skrytá ekonomika neurčitým prostredím v dvojakom zmysle. Prvú hladinu neurčitosti pre agentov generujú trhy v konvenčnom zmysle slova a druhú jej hladinu legislatívne a inštitucionálne prostredie, príp. konkrétne štátne orgány a osoby svojou aktivitou. Na

druhej strane však agenti svojou činnosťou generujú neurčitost' pre ekonomiku ako celok, pre orgány štátnej správy a pre konkurentov a partnerov.

Aby sme mohli vhodne, jednoducho a transparentne ilustrovat' rozdiely medzi konvenčným, hlavne neoklasickým teoretizovaním a modelovaním ekonomických javov a procesov a medzi prístupom, ktorý tu prezentujem, zvolil som si za skrytú ekonomiku model, ktorý má väčšinu atribútov súčasnej main streamovej ekonómie. Podrobnejšie opisujem túto ekonomiku vo svojom článku *Animated economy* (Ekonomický časopis SAV, č. 1/1997). Preto uvediem len jej najzákladnejšie charakteristiky. Skrytá ekonomika sa skladá predovšetkým z týchto častí:

1. **Subjekty, orgány a inštitúcie:** a) časť vlastníkov portfólia, ktorí sú zároveň podnikateľmi so svojim portfóliom, ako aj konečnými spotrebiteľmi výrobkov a služieb; b) časť výrobných podnikateľov, ktorí sú zároveň spotrebiteľmi prvotných faktorov z portfólia vlastníkov, dodávateľmi, odberateľmi a spotrebiteľmi medziproduktov a hlavnými dodávateľmi tovarov a služieb na spotrebiteľský trh; c) časť štátnych orgánov, inštitúcií, úradov a bánk.

2. **Trhy, stavy a toky aktív a pasív:** a) trh prvotných činiteľov; b) trh hotových výrobkov, služieb a medziproduktov; c) zahraničný kapitál; d) svetový trh v podobe vývozných a dovozných cien produkcie a služieb, ktoré dodáva "zbytok sveta", resp. pri dvojkrajinovom svetovom hospodárstve je to tzv. druhá krajina.

3. **Rovnice, nerovnice, funkcie a funkcionály, premenné, koeficienty, parametre atď.:** a) výrobné, spotrebné, užitočnosťné, ziskové, príjmové (dôchodkové), ponukové a dopytové funkcie a vzťahy; b) ceny faktorov, hotových výrobkov, medziproduktov a služieb, svetové ceny; c) dane, clá a iné odvody a platby, výnosy z nich a ich distribučné vzťahy, (transferové platby); d) podmienky a vzťahy substitúcie medzi primárnymi faktormi, medzi prácou a voľným časom, medzi priemyselnými odvetviami atď.; e) podmienky trhovej rovnováhy.

4. **Ohraničenia kladené na parametre a premenné atď.**

5. **Fungovanie simulačného modelu.** Model ako celok funguje úplne autonómne, bez zásahov alebo len s minimálnymi zásahmi jednak konštruktéra modelu, a jednak experimentátora, t. j. finálneho užívateľa modelu. Významným metodologickým predpokladom modelu je práve minimalizácia prvotných predpokladov o subsystémoch a funkčných častiach modelu, aby sa predišlo subjektivistickým predsudkom a avanturizmu konštruktéra, ktoré by mohli nepriaznivo falzifikovať "realitu" v umelej ekonomike žijúcej v programe osobného počítača. Počítačové experimentovanie so simulačným modelom má teda veľmi blízko k experimentovaniu v prírodných vedách, čo v ekonómii nie je nateraz možné pre veľké spoločenské riziká, sociálne a politické následky (zažili sme to jednak pri experimentovaní v rámci "budovania socializmu" a stále to zažívame v rámci budovania "kapitalizmu").

Zložité procesy adaptácie, adjustácie, investigatívneho a vikariózneho učenia sa virtualizujú pomocou samoučiaceho programu. Parciálne časti môžu mať charakter neurónovej siete, genetického programu alebo autoorganizujúcej štruktúry, ktorej teoretické základy vypracoval J. Zapletal. Takto virtualizované umelé hospodárstvo vykazuje pozoruhodné vlastnosti veľmi blízke správaniu živých jedincov a druhov (populácií) či spoločenstiev v objektívnej realite.

Základom autoorganického fungovania modelu ako celku je beh učeníveho režimu. V tomto režime každý jedinec nájde alebo nenájde riešenie svojho individuálneho prežitia tým, že pohybom na povrchu toroidu nájde isté riešenie ako vchod do skrytej ekonomiky. Ak je napríklad agentom priemyselný podnikateľ, nájde v skrytom štvorčeku kľúč k svojmu podnikateľskému plánu (predmet podnikania, resp. priamo druh výrobku, jeho cenu, technologické nároky atď.) a môže vstúpiť do skrytej ekonomiky a začať nakupovať prvotné faktory, vyrábať a predávať svoje tovary a služby.

Určitý počet úspešných učenívých agentov takto spustí chod ekonomiky na jedno hospodárske obdobie. Prebehnú všetky dôležité vnútorné procesy reprodukcie ekonomiky, stanovia sa dôležité ekonomické veličiny (HDP, HNP, miera zamestnanosti faktorov, inflácia, vývoz a dovoz, kurz meny, príjmy štátneho rozpočtu, veľkosť angažovaného zahraničného kapitálu atď.) a čistý výnos VE každého jednotlivca sa pridá k obsahu jeho nádrže VE zmenšenej o náklady učenia a o amortizáciu (prirôdzenú disipáciu VE).

6. Interpretácie výsledkov teoretizovania a simulácií. Výsledky simulácie sú veľmi premenlivé a závisia od toho, v akom štádiu evolúcie sa simulačný model pri počítačovom experimentovaní práve nachádza. V modeli prebieha ustavičné vetvenie budúcich vývojových línií. Ide výslovne o bifurkačný typ rozhodovacieho správania. Zoradenie bifurkačných krokov je nezvratné, má teda **fabulárny charakter** v tom zmysle, že ide o ucelenú postupnosť skutkových, dejových a príbehových udalostí v prísnom časovom a príčinnom usporiadaní. Je napríklad vylúčené, aby sa dávali do funkčných súvislostí udalosti z rozličných časových úsekov, ako je bežné v tradičnej ekonómii a ekonometrii. Preto nás nemôže prekvapiť, že napríklad ten istý subjekt môže v inom čase, ale vo veľmi podobných podmienkach konať úplne inak, ako by sa očakávalo podľa vyhodnotenia jeho minulého správania. Práve nedodržiavanie príkazov a záväzkov predpisovaných učebnicami a teóriami (napr. teóriou racionálnych očakávaní) vedie k tomu, že sa vytvárajú postupne v dôsledku ontogenetického a neskôr aj fylogenetického a sociogenetického učenia primitívne formy interakcií - podobne ako v evolučnom procese v biologicky osnovaných (uhl'ovodíkových, bielkovinových) spoločnostiach a spoločenstvách za predpokladu istej hladiny neurčitosti. V umelej ekonomike teda prebiehajú viaceré, nie len dva (prípadne tri) kognitívne procesy. Ich počet zhora je vlastne neobmedzený, resp. je obmedzený len výkonom použitého počítača.

"Zahusťovanie" populácie agentov redukuje možnosti voľného správania agentov. Podobne aj "zahusťovanie" procesov v skrytej ekonomike zužuje priestor pre subjektívne rozhodovanie agentov, a to aj v prípade, že by mali veľmi veľké rozhodovacie právomoci a silné výkonné nástroje. Príkladov by sme mohli uviesť zo socialistickej reality veľa (viď príklad GOELRO, výstavba metalurgických gigantov, cementární a pod. v zaostalej agrárnej ekonomike, takmer panensky čistej v zmysle priemyslu). Celkom iná situácia však zavládla, keď sa prvé grandiózne plány výstavby komunizmu splnili. Naraz nikto dosť dobre nevedel, čo robiť. Vznikajúca potreba lepšej koordinácie vyvolaná novými, kvalitatívne zložitejšími podmienkami pre rozhodovanie subjektov sa utápa v subjektívizme, nezodpovednosti až voluntarizme výkonnej a politickej moci bez kontroly a účinnej spätnej väzby. Preto nemôžu vznikáť a plniť svoju funkciu

rozmanité ekologické vzťahy potrebné na to, aby agenti mohli koexistovať v spoločnom priestore či prostredí. Ak sa tomu chceme vyhnúť, nemožno vynechať štádium evolúcie, ktoré takéto ekologické vzťahy vytvára (konkurencia, parazitizmus, symbióza, vzťahy typu dravec-korist' a pod. či vzťahy opísateľné aparátom teórie hier (hry typu vážňova dilemma, diferenciálne hry prenasledovania a unikania atď.).

Táto evolúcia v umelej ekonomike, ako aj jej základ - experimentovanie s učiteľnými modelmi na osobnom počítači - ukazujú, že takto sformulované alebo skonštruované celky sú buď schopné, alebo neschopné žiť či prežiť čiže dlhodobo pretrvávajú tak, že nestratia svoju štruktúrnu stabilitu, alebo sa aspoň udržia v ustálenom stave alebo v stave podobnom ustálenosti. Menej silnou, alebo druhou najlepšou (second best) podmienkou, ktorú sme vyčítali z výsledkov simulácií, je fakt, že umelá ekonomika dovolí agentom dosahovať svoje alternatívne ciele za prítomnosti iných agentov a ich príslušných aktivít v primerane hustej populácii, pričom sa nedostanú do príkreho rozporu s nárokmi hodnotového systému definovaného experimentátorom, napr. s požiadavkami Paretovho optima.

Výsledky zo simulačných behov môžeme študovať podobne, ako sa študujú štatistické databázy o hospodárstve v objektívnej realite. Navyše možno nazrieť do "vnútra" umelej ekonomiky, dokonca až do mozgov a pamäti jednotlivých agentov, čo pri práci s reálnou ekonomikou nie je možné.

Na rozdiel od konvenčného, napr. klasického prístupu tzv. matematickej ekonómie, v ktorej sa pracuje kybernetickou metódou čiernej skrinky, s funkciami a modelmi, ktoré sú vlastne abstraktnými matematickými formalizmami, vopred falzifikovanými predstavami a predsudkami ekonóma, tu máme do činenia so "živým" telom ekonomiky, ktoré vzniklo bez nášho priebežného zasahovania, a to evolučným výberom v pravom zmysle slova a môžeme ho "pitvať" bez sociálno-ekonomických a politických následkov. Mnohokroková a mnohogenračná evolúcia subjektov (agentov) a mnohočetné hospodárske roky prebehnú aj v menej výkonnom počítači za niekoľko minút. Samozrejme, ak chceme pracovať s databázami reálnej ekonomiky, počítačový čas sa úmerne tomu predlžuje. Možno si však predstaviť aj situáciu, že by sme mohli študovať spontánne správanie umelej ekonomiky, ktorá by bola úplne naplnená údajmi a vlastnosťami reálnej ekonomiky. Pre superpočítač by to zrejme nebola nesplniteľná úloha.

Konkrétne výsledky simulovania sú do veľkej miery kompatibilné s pozorovaniami reálneho správania ľudí v záťažových ekonomicko-rozhodovacích situáciách a sú v súlade aj s historickými analýzami vývoja jednotlivých národných hospodárstiev. Navyše zisťujeme veľkú podobnosť v správaní superzložitých prírodných systémov, ako je napríklad tropický dažďový prales, savana, rastlinné spoločenstvá v miernom zemepisnom pásme atď. Pokiaľ ide o ekologické a etologické pozorovania, umelí jedinci a umelé populácie, ako aj ich spoločenstvá sa správajú na vysokej úrovni vzájomných analógov.

Aj keď som nevymenoval všetky dôsledky, ktoré nastanú v evolučnom procese celkovej umelej ekonomiky, vidíme, že je tu veľmi veľa závislostí, ktoré zrejme nemožno ponechať v dlhodobom pláne (horizonte) evolúcie napospas spontaneite. Je teda zrejme, že treba riešiť otázky "spoločenských vzťahov", zákonov, tabu, inštitúcií a pod. - prípadne aj vonkajším zásahom (zásahmi), t.j. zásahmi vyššej moci, napr. štátu a pod.

Zdôrazňujem, že ide o veľmi vážny vedecký problém, ktorý však nemožno riešiť v rámci tejto prednášky. Zostanem aspoň pri konštatovaní, že existujú dve ďalšie významné cesty výskumu: a) pripustiť zasahovanie vonkajšej vyššej moci (vonkajších démonov); b) vystačiť so spontaneitou (napr. synergéjou) a dovoliť emergenciu vnútornej vyššej moci (vnútorných démonov), napr. pripustiť synergetický "slaving principle".

Hľadanie odpovedí na podobné otázky má v dnešnom svete nepochybne ešte väčší sociálno-ekonomický, politický, sociálno-psychologický atď. význam než napr. v časoch, keď Hobbes písal svojho *Leviathana*.

V tejto súvislosti upozorňujem najmä na skutočnosť, že po rozpade bipolárneho sveta sa ekonomická teória v postkomunistických krajinách stala ešte dôslednejšie janičiarskou (pápežskejou atď.), než bola za totality, ale v presne opačnej polarite. Inými slovami od mantinelu ekonomickej ideológie prešla k absolutizácii tzv. čistej ekonómie (economics), t.j. ekonómie bez prívlastku politická (ekonómia). Svedčí o tom napríklad fakt, že tí istí ľudia, ktorí predtým zbožňovali a zbožšťovali marxisticko-leninskú politickú ekonómiu socializmu, v okamihu urobili salto mortale a rovnako sa začali klaňať novej "posvätnéj krave" - Samuelsonovej a Nordhausovej učebnici *Economics*. Lenže práve prechod od bipolarity, t.j. od relatívnej pravidelnosti limitnocyklového správania k chaotickému správaniu si vyžaduje akceptovať politickú dimenziu evolučného prechodového procesu.

V tejto súvislosti nezaškodí pripomenúť práve zložitú sieť argumentov, ktoré rozvinul Hobbes v *Leviathanovi*. Rozpracoval v ňom teóriu ľudskej prirodzenosti správania, v ktorej tvrdí, že motiváciou jedincov je hľadanie a dosahovanie vlastného dobra. Hobbes však zároveň tvrdí, že jedinci pri tejto svojej aktivite narážajú nielen na podmienky vonkajšieho sveta, ale aj na dôsledky toho, že existujú v spoločnosti, ktorú sami vytvárajú svojou existenciou a aktivitami. Preto podľa neho musíme anticipovať, že jedinec, ktorý hľadá a chce dosahovať svoje dobro (blahobyť, šťastie atď.), narazí skôr alebo neskôr na prekážky obmedzených zdrojov (na ich nedostatočnosť) a hlavne na problémy vzťahov s inými jedincami, ktorí sa tiež usilujú (individualisticky) o svoje dobro.

Na rozdiel od A. Smitha a celej plejády jeho klasicko-neoklasických epigónov a učeníkov, ktorí všetci veria na všemocnosť "neviditeľnej ruky", Hobbes explicitne vyzdvihuje význam vnútrospoločenskej vojny, t.j. boja každého s každým pre stanovenie hodnotového kritéria usporiadania spoločenského hospodárstva. Hobbes ukazuje, že medziľudské vzťahy, v ktorých chýbajú obmedzenia individualistického správania (vyhranení egoizmus), smerujú skôr k biede ako k spoločenskému dobru, a to napriek tomu, že každý jednotlivец sa usiluje o dobro⁵ (podľa dnešnej terminológie blahobyť či blaženosť atď.). Pripomínam, že ani v najelementárnejšej rovine tu neprichádza do úvahy aditívnosť individuálnych úžitkov, a to ani vo funkčnej či funkčnej podobe (nemožno jednoducho sčítavať kardinálne alebo ordinálne úžitky z individuálnych funkcií užitočnosti, aby sme tak získali spoločenskú funkciu užitočnosti). Tento

⁵ V zmysle perpetuálnej je dobro stav, ktorý zabezpečí pretrvanie entity vo fyzikálnom čase či už v objektívnej alebo virtuálnej realite.

problém však nerieši ani lingvistická funkcia užitočnosti v rámci **fuzzy logiky**. Podľa Hobbesa na rozdiel od Mandevilla treba uzavrieť istý spoločenský mier (spoločenskú zmluvu) medzi jednotlivcami na základe uplatňovania zákonov, pravidiel hry, inštitúcií a pod. Tu sa však budem pridržať skôr "mandevillovskej" ekonomiky, pochopiteľne len z metodických a priestorových dôvodov.

Vzájomná prepojenosť ekonomických, spoločenských, politických, sociálno-psychologických transformačných procesov je taká úzka, zložitá a pritom organická, že z pohľadu ekonóma nemožno ich problémy riešiť iba na základe poznatkov **economics**, získavaných navyše na základe skúmania objektívnej ekonomickej reality v priemyselne (a dnes už aj ITT, GIS) vyspelých krajinách (preto pochopiteľne nevyjadrujú presne znaky prechodových ekonomík). Preto treba vypracovať "novú" politickú ekonómiu tranzitívnych procesov v transformujúcich sa postkomunistických krajinách. Prístup, ktorý predkladám a ktorý využíva súčasnú úroveň svetovej ekonomickej vedy a jej možnosti využitia pri hospodársko-politických opatreniach, sa opiera o nekonvenčné počítačové simulácie a môže byť základom teórie, ktorá dnes v ponuke ekonomickej vedy očividne absentuje.

7. Závěry pre ďalší rozvoj teórie, pre prax a význam pre vyučovanie ekonómie (simulačný model ako didaktický nástroj). Napriek tomu, že vopred vymedzené podmienky mi neumožnili do väčšej hĺbky a v potrebnom rozsahu prezentovať svoje nekonvenčné prístupy, nazdávam sa, že aj z tejto prvej informácie možno vyvodit' závery. Ide o to, že súčasné simulačné modely na báze umelej inteligencie, genetického programovania, kognitívnych prístupov a počítačové experimentovanie s nimi dáva veľké možnosti teoretikom, ako aj hospodársko-politickým pracovníkom, aby ho vo viacerých oblastiach ďalej rozpracovali. Je tu jednak široká škála možností využitia pre rozvoj všeobecnej teórie tranzitívnej ekonomiky, ako aj pre vedecké fundovanie reálnej hospodárskej politiky v tranzitívnom režime, pretože umožňuje predikovať budúce procesy nie iba na základe projektovania minulého, teda fakticky už mŕtveho (petrifikovaného) hospodárskeho procesu, ako je to napríklad v ekonometrických modeloch, ale na základe správania "živých" agentov v počítačovom programe.

V rámci ekonomickej teórie výsledky počítačového experimentovania so simulačným modelom ukazujú, že už sám tento prístup môže zohrať dôležitú úlohu pri pochopení a vysvetlení celkovej kompatibility medzi mikro- a makro-ekonómiou, čo sa doposiaľ tradičnej ekonómii nedarí. Možno to vysvetliť tým, že sa v modeli integruje ontogenetický, fylogenetický, sociogenetický pohľad s pohľadom vyššej úrovne (v rámci spoločenstiev národných ekonomík, ba aj vyšších celkov prostredníctvom evolúcie týchto celkov s teóriou ich sukcesie v širšom prostredí, t.j. v spoločenstve ekonomík). Na základe toho možno chápať umelú učentlivú ekonomiku ako vhodný prostriedok umožňujúci viaceré druhy autonómnych počítačových experimentov aj na základe databáz skutočnej ekonomiky a na základe minimalizácie subjektívnych predsudkov experimentátora. Výsledok takýchto experimentov môže byť užitočný pre mnohé ekonomické zovšeobecnenia získané z ekonometrického a štatistického experimentovania.

Počítačové experimentovanie so simulačnými modelmi, ktoré by využívali seba-tvorivé a samoučiteľné štruktúry, môžu podnikateľom i orgánom a zodpovedným predstaviteľom štátnej správy pomôcť predikovať budúce správanie ekonomických subjektov a ich reakcie na zámerne menené hospodárske prostredie napr. na základe uplatňovania určitej makroekonomickej politiky, peňažnej a fiskálnej politiky, colnej politiky a pod. Samozrejme, táto nová teória a ponúkané simulačné prostriedky nemajú nahradiť všetky doterajšie prostriedky a nástroje používané pri výkone hospodárskej politiky. Môžu ich však významne rozšíriť a zvýšiť ich efektívnosť.

Význam prezentovaných nových výsledkov som si osobitne overil v práci vysokoškolského učiteľa, kde sa rádovo zvyšuje efektívnosť práce pri príprave na výučbu a predovšetkým v samotnom procese výučby. Ekonómia, ktorá bola doposiaľ do veľkej miery odkázaná na verbálnu argumentáciu, získava dôležitý nástroj dokazovania a verifikácie na základe "živého experimentovania". Kvalita aktívnych zamestnaní, seminárov a cvičení sa tak dostáva na úroveň učebných predmetov prírodných a technických vied. Najväčší prínos svojho príspevku k rozvoju ekonomickej vedy a vyučovania ekonomických predmetov však predpokladám v samostatnej príprave študentov na semináre a skúšky. Pochopenie zložitých javov a procesov moderných hospodárstiev sa doposiaľ komplikovalo tým, že študent musel zvládnuť obrovské množstvo verbálnych a databázových znalostí a informácií, čo sa mu spravidla nedarilo a nenachádzal z nich žiadne východiská. Napokon sa dostával do situácie, že poznatky musel jednoducho prijať v podobe akýchsi predsudkov a vier a takto ich prezentovať nielen pri preverovaní svojich poznatkov, ale aj pri ich používaní v praxi. Samozrejme, že efektívnosť takýchto dnes už zastaraných didaktických a pedagogických postupov bola a je relatívne veľmi nízka. Používanie simulačných modelov a počítačové experimentovanie zásadne túto efektívnosť zvyšuje.

LITERATÚRA

- [1] ANDRÁŠIK, L.: Animated economy. In: Ekonomický časopis - Economic Journal 1997 č. 1. Bratislava, Vydavateľstvo SAV.
- [2] ZAPLETAL, J.: Autoorganika a ekonómia. Bratislava 1996.
- [3] ZAPLETAL, J.: Ekonómia ako prírodná veda. In: Filozofia, roč. 52, 1997, č. 1.

VÝBEROVÁ BIBLIOGRAFIA

- [1] BOYD, R. - RICHESON, P. J.: Culture and the Evolutionary Process. Chicago, University of Chicago Press 1985.
- [2] CAMPBELL, D. T.: Variation and Selective Retention in Socio-Cultural Evolution. In: Barringer, H. R. - Blanksten, G. I. - Mack, R. W. (Eds): Social Change in Developing Areas: A Reinterpretation of Evolutionary Theory. Cambridge, Massachusetts, Schenkman 1965.
- [3] BRAY, M. M. - SAVIN, N. E.: 1986. Rational expectations equilibria, learning, and model specification. In: Econometrica 54, s. 1129-1160.

- [4] DIXON, H. D. - MOSS, S. - WALLIS, S.: Axelrod meets Cournot: Oligopoly and the evolutionary metaphor Part 1. Centre for Policy Modelling Report no. 006, Centre for Policy Modelling, Aytoun Bld., Aytoun St., Manchester, UK 1995.
- [5] EDMONDS, B.: What is Complexity? The philosophy of complexity per se with applications to some example in evolution (v tlačí). (Internet cpm.mmu).
- [6] EDMONDS, B. - MOSS, S. J. - WALLIS, S.: Logic, Reasoning and a Programming Language for Simulating Economic and Business Processes with Artificial Intelligent Agents (Internet cpm.mmu) 1996.
- [7] KOZA, J.: Genetic Programming. Cambridge, MA, MIT Press 1992.
- [8] LENAT, D. B.: On the Thresholds of Knowledge. In: Artificial Intelligence, 47, 1991, s. 185-250.
- [9] MARIMON, R. - MCGRATTAN, E. - SARGENT T. J.: 1989. Money as a medium of exchange in an economy with artificially intelligent agents. In: Journal of Economic Dynamics and Control, 14, 1989, s. 329-373.
- [10] MOSS, S.: The economics of positive methodology. In: Blackwell, R. - Chatta, J. - Nell, E. (eds.): Economics as Worldly Philosophy. Basingstoke, Macmillan 1993.
- [11] MOSS, S. - KUZNETSOVA, O.: Modelling the Process of Market Emergence. MODEST '95 (Modelling Economic and Social Transition), Warsaw 1995.
- [12] PEARL, J.: On the Connection Between the Complexity and Credibility of Inferred Models. In: International Journal of General Systems, 4, 1978, s. 255-264.
- [13] POPPER, K.: Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge. New York, Harper Torchbooks 1965.
- [14] QUINE, W. V. O.: Simple Theories of a Complex World. In: The Ways of Paradox. New York, Random House 1960, s. 242-246
- [15] WALLIS, S. - EDMONDS, B. - MOSS, S. J.: The Implementation and Logic of a Strictly Declarative Modelling Language, Expert Systems '95, Cambridge. Published as Macintosh, A. - Cooper, C. (eds.): Applications and Innovations in Expert Systems III. Oxford, SGES Publications 1995, s. 351-360.

Prof. Ing. Ladislav Andrášik, DrSc.
 Fakulta elektrotechniky a informatiky STU
 Katedra ekonómie a manažmentu
 Ilkovičova 3
 841 04 Bratislava
 SR