

Jednoduché aplikácie IT/CI produktov v ekonomickej edukačnej sieti

Simple applications of IT/CI products in economic educational network

Ladislav Andrášik

Abstract:

Thanks to rapid progress in Information Technologies, (IT) and Computational Intelligence (CI) there emerging very effective possibilities for cultivation of education processes. The author focuses attention to the process of hybridisation of economic educational networks by simple IT/CI devices and services. Conventional educational network for economics in this way, which is endowing its one by softbots, myslits and shortly speaking by experimental entities living in virtual laboratories achieving qualitatively very high level of didactics with empowering of constructive character of education. Based on several years' experience with simple IT/CI devices in social sciences and economics education the author is lays stress on such devices that can be construct in current software like Simulink, STELLA, iDMC, Vensim, SWARM and also in Excel. In this context is valid the claim "in simplicity is hidden the power". Therefore, it is no need to toil and moil after sophisticated achievements of IT/CI devices rather to consistently put into effect simple easily manageable devices, tools, methods and services. The author is brings examples of using mentioned devices for hybridisation of educational network predominantly for elementary economics in university level.

Keywords:

Constructive versus Instructive and/or Declarative approaches, Educational networks for economics, Experimentation in VirtLabs, Hybridization of network by Softbots and/or by Virtual laboratories, Storytelling's assisted by STELLA,

ACM classification: I.2, J.1, J.4, K.6

■ Úvod

Pri štúdiu ekonomických predmetov sa vynára pred študentmi úloha porozumieť viacerým komplexným dynamickým procesom na čo ešte väčšina z nich nie je vedomostne ani čo sa týka potrebných analytických zručností pripravená. Často sú postavení zoči-voči mentálnym modelom prevedeným do matematického formalizmu ktorým z hľadiska ich vysokej abstraktnosti nedokážu dať zrozumiteľný výklad a nevedia odhaliť ich potenciálne skryté komplexné dynamické vlastnosti. Ťažkosti vznikajú aj z toho dôvodu, že základné ekonomické predmety sú zaradené spravidla do prvých dvoch semestrov, takže sú paralelné s výučbou matematiky. Takto sa stáva,

že niektoré z mentálnych modelov si vyžadujú vedomosti a zručnosti z matematiky už skôr než prídu na rad v matematických predmetoch.

Našťastie pokrok v IT, v programovaní a existencia konkrétnych produktov počítačnej inteligencie (CI – computational intelligence) prichádzajú na pomoc vo viacerých takých prípadoch. Pozoruhodné je najmä to, že už relatívne veľmi jednoduché produkty, resp. služby tohto druhu vedú výrazne pomôcť hlbšiemu porozumeniu komplexnej ekonomickej dynamiky. Preto zaradenie takýchto produktov do ekonomickej edukačnej siete predstavuje významný pedagogický a didaktický pokrok a znamená vyššiu efektivitu pri získavaní vedomostí aj vďaka tomu, že má pozitívny psychologický vplyv na študentov v tom, že sa odbúravajú averzie voči abstraktným konštrukciám. Ďalším pozitívnym prínosom je to, že študenti majú možnosť okrem deklaratívnych a inštruktívnych postupov používať konštruktívne metódy a nástroje pre virtuálne experimentovanie, čím sa čiastočne odstraňuje nedostatok ekonómie spočívajúci v nemožnosti prirodzeného experimentovania v objektívnej sociálno-ekonomickej realite.

Medzi softvérmi, ktoré sa nám dlhodobo osvedčili v edukačnom procese na STU¹⁾ a v súčasnosti sa ich snažíme zavádzať aj na EUBA²⁾ patria Simulink MATLABU, STELLA, iDMC a samozrejme nevynímajúc osvedčený bunkový procesor Excel. Konštruktívne myslenie výrazne podporuje najmä Simulink a STELLA, resp. Vensim a podobné softvéry, napríklad SWARM. V tomto článku zameriavame pozornosť predovšetkým na využívanie jednoduchých a ľahko ovládateľných didaktických postupov podporovaných zmienenými softvérmi, osobitne so softvérom STELLA, iDMC a samozrejme aj Excel, ktorý je medzi ekonómami azda najobľúbenejší pomocník. Pomocou nich sa snažíme hybridizovať konvenčné edukačné siete pre ekonómov.

1. Hybridizácia konvenčnej edukačnej siete produktmi typu VirtLab

S nástupom IT a osobitne Internetovej revolúcie vznikli úplne nové a vysoko efektívne možnosti pre tvorbu edukačných sietí. Týka sa to tak inštitucionalizovaných ako aj spontánnych sietí a pre ekonómiu je to veľká výhoda z viacerých dôvodov najmä preto, že nemá možnosť experimentovať v objektívnej realite. Nanešťastie v našich podmienkach sa na vysokých školách pri výučbe ekonomických predmetov tieto produkty a služby sa nevyužívajú v takej miere ako by si to zaslúžili, ale najmä v miere, ktorá je nevyhnutná na hlboké porozumenie komplexných dynamických javov v hospodárstvach v podmienkach globálnej vedomostnej spoločnosti. Iniciatívnejší študenti spontánne hľadajú na Internete možnosti dozvedieť sa viac o úlohách, ktoré ich hlbšie zaujímajú. Je to pozitívny jav ale bolo by ešte lepšie, keby mali priamu možnosť získavať hlbšie poznatky na inštitucionálnych edukačných sieťach vybavených špecifickými IT/CI produktmi. V 6. RP EK sa začala širšie realizovať stratégia NoE (Network of Excellence). V rámci nej sa autor tohto článku zúčastnil ako koordinátor za SR na projekte NoE DIME (Dynamics of Institutions and Market in Europe), ktorý bol ako otvorená sieť oficiálne zavŕšený v januári 2013. Stratégia NoE, ktorá aj v podobe DIME ďalej pokračuje je veľmi vhodnou platformou na tvorbu hybridizovaných edukačných sietí pre ekonómiu aj ďalšie ekonomické odbory, prípadne aj ďalšie *spoločenské a kognitívne vedy*. Žiaľ v našich podmienkach sme v tejto oblasti nezaznamenali prílišný entuziazmus najmä u učiteľov ekonómie, kde by to bolo azda najviac potrebné. Dosť výrazne a dlhodobo pretrvávajú zotrvačnosť v používaní konvenčných pedagogických a didaktických prostriedkov, nástrojov a metód, hoci práve ekonómia sa dostáva pod silnú paľbu kritiky pre svoju neschopnosť vidieť hlbšie procesy v komplexnej dynamike hospodárskeho diania v podmienkach globálnej vedomostnej spoločnosti. Kritika sa výrazne zostrila v ostatných rokoch pod vplyvom finančných machinácií v USA, ktorých negatívne dôsledky sa rýchlo preniesli

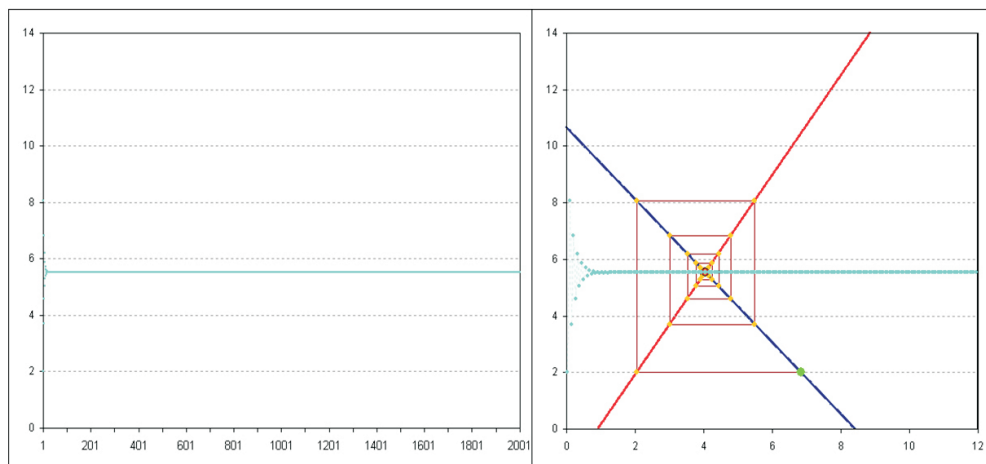
1) Slovenská technická univerzita.

2) Ekonomická univerzita v Bratislave.

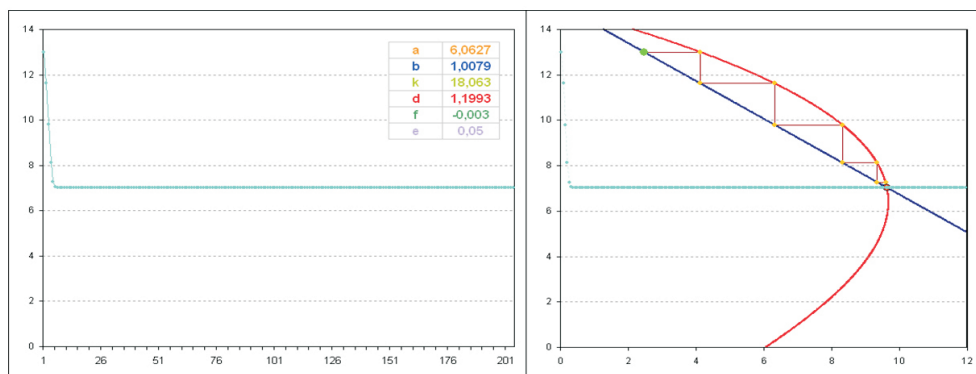
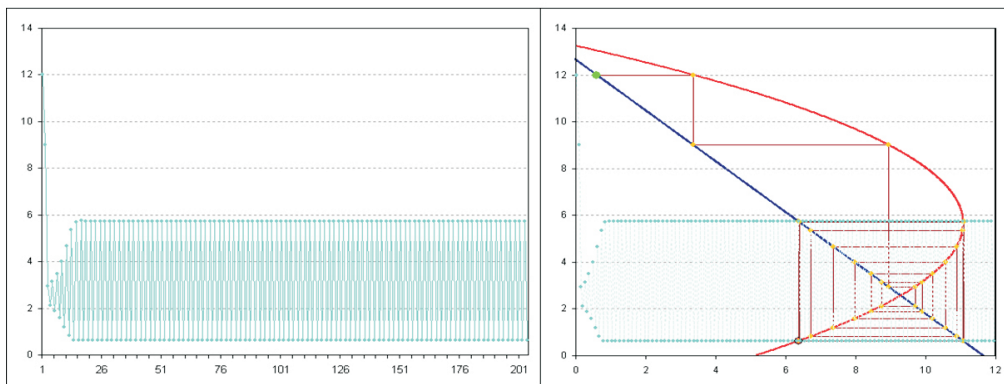
do svetovej ekonomiky a nie celkom správne či presne sa označujú pojmom kríza. Ide o to, že v ekonomickej terminológii sa kríza používa na označenie jednej z fáz *ekonomického cyklu*. Predmetný proces má skôr *charakter katastrofy* v zmysle *matematickej teórie katastrof*. Žiaľ aj v hovorovom zmysle tohto pojmu ide viac o katastrofu než o krízu. Kríza má v dohľadnom horizonte východisko, pretože je to cyklus, ale katastrofa, v tomto prípade tzv. špičková katastrofa (*cusp catastrophe*) v dôsledku toho, že obsahuje veľkú hysteréznú slučku má silnú tendenciu uviaznuť v nej ako v pasci na veľmi dlhú dobu. Metaforicky by sa to dalo vzťahovať aj na katastrofické deje v Eurozóne, ktoré sa sotva dajú riešiť konvenčnými nástrojmi. Práve možnosť nasadiť postupy a nástroje IT/CI na riešenie podobných úloh sľubuje vniesť viac svetla do takých zvláštnych veľmi komplexných dynamických procesov, pravda to nie je ambíciou tohto článku, ktoré je zamerané úzko na kultiváciu edukačných procesov v ekonómii s využitím IT/CI. Skúsenosti, ktoré sme získali po desaťročiach aktívnej výskumnej a pedagogickej práce v tejto oblasti nás utvrdili v tom, že pre rané štádiá získavania ekonomických vedomostí a zručností na vysokých školách sa osvedčila práca s *mentálnymi modelmi budovanými odhora nadol*, čo je prípad takmer všetkých mentálnych modelov v ekonómii následne pretransformovaných do matematických formalizmov. Pokročilejšie aktivity, resp. vedecko-výskumné či vedecké kvalifikačné aktivity môžu lepšie využiť *modelovanie odspodu nahor*. V prípade tých prvých ide vlastne o analýzu mentálnych modelov menovitého tvorca a nie o analýzu ekonomickej reality, tak ako napríklad *ekonometria* takisto neanalyzuje objektívnu sociálno-ekonomickú realitu priamo lež určitý súbor minulých čísel vyňatých zo štatistickej databázy vyťaženej z objektívnej reality, ktorá je pôvodným tvorcom udalostí a entít, ktoré reflektuje štatistika. Modely budované odspodu nahor na *základe princípu minima* predpokladov tvorca *evoluujú virtuálny svet* a až ten sa analyzuje a porovnáva s dejmi v objektívnej realite.

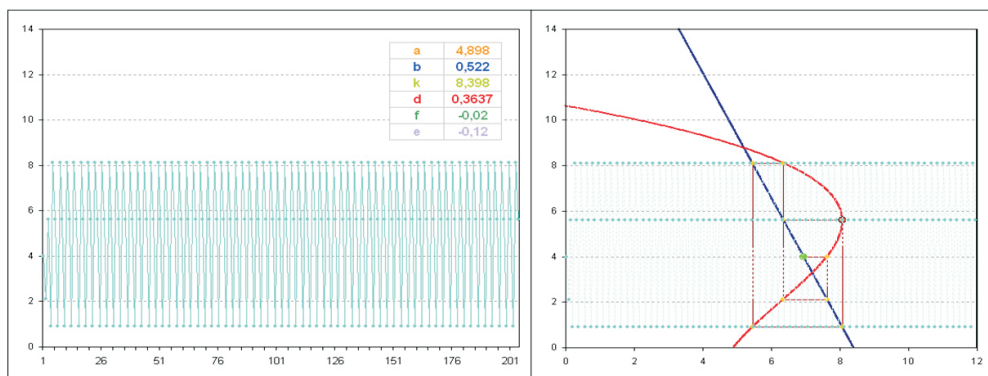
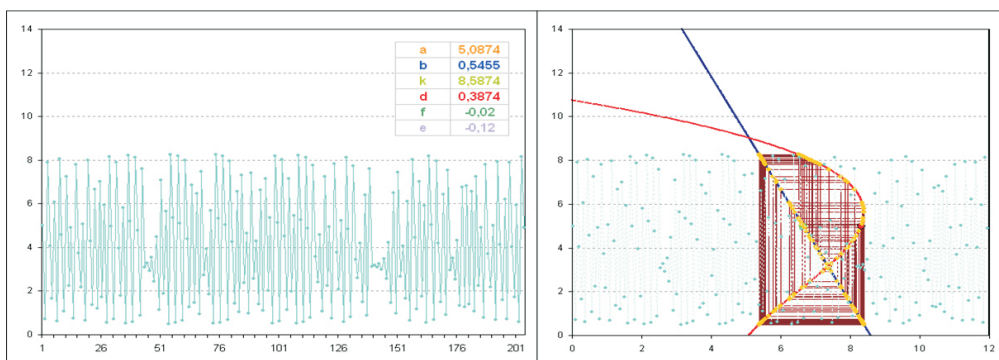
2. Obyčajné IT/CI produkty na hybridizáciu ekonomickej edukačnej siete

Na hybridizáciu konvenčných edukačných sietí sa môžu úspešne použiť aj veľmi jednoduché produkty, ako sú napríklad *aplety*. Viaceré z nich sa celkom spontánne objavujú na Internete a tak sa aj používajú, teda z pohľadu vzdelávacích inštitúcií neintencionálne, ba niektoré vysoké školy direktívne zakazujú niektoré produkty podobného druhu používať. Ani autor tohto článku ich nepreferuje pre vkladanie do inštitucionálnych edukačných sietí avšak z iného dôvodu, totiž vzhľadom na ich fixovanú konštrukciu študenti s nimi nemôžu konštruktívne pracovať, ale iba ťažiť z nich to, čo do nich vložil ich autor. Reálny prínos v zmysle hybridizácie vidíme v možnosti konštruktívneho dialógu študenta s produktom charakteru IT/CI. Tento účel plnia už aj najjednoduchšie mentálne modely vytvárané napríklad v bunkovom procesore Excel. Na konštrukciu jednoduchých experimentálnych nástrojov nepotrebuje mať študent programátorské zručnosti ba ani len vo *Visual Basicu*. Ukážeme to na bežnom príklade modelu tzv. *pavučinového trhu*, ktorý je štandardným prvkom predmetu ekonómia. V učebniciach sa zvyčajne uvádza kresba pavučiny na dvoch spojitých priamkach, pritom však trhové procesy sú komplexnejšie a prinajmenšom ich treba vyjadriť krivkami a nie priamkami. V tom prípade však potenciálna dynamika trhu môže byť natoľko komplexná, že bežný študent nie je vybavený na to, aby si také situácie vedel zmysluplne predstaviť. Nižšie uvádzame niekoľko výstupov zo simulačných experimentov realizovaných v Excele, pretože inak sa to pri tlači na papier vlastne ani nedá, práve to ilustruje jeden z veľkých nedostatkov konvenčného prístupu v edukácii.

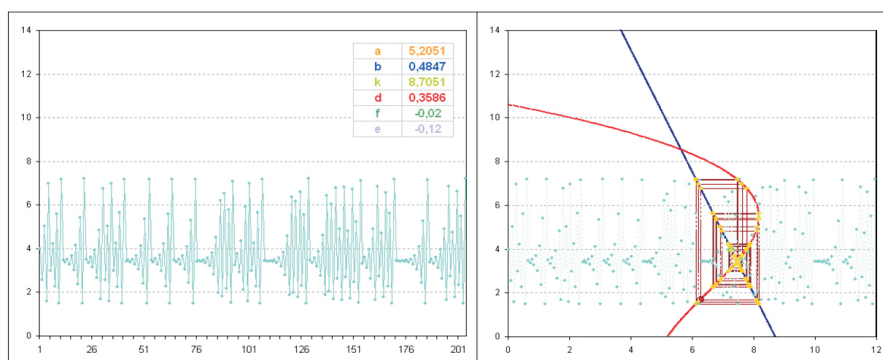
Obr. 1 Typická pavučina predstavuje konvergenciu k rovnováhe trhu

Na snímke obr. 1 je ako prvý príklad uvedený s priamkou dopytu a priamkou ponuky. Študent má možnosť meniť hodnoty štyroch parametrov priamok a zadať východiskovú cenu a sledovať dôsledky týchto zmien na diskretnú dynamiku daného virtuálneho trhu. Na snímke obr. 2 je výsledok experimentu realizovaného v hornej časti *sigmoidnej* krivky, ktorá vznikla pridaním dvoch nelineárnych členov k pôvodnej lineárnej rovnici grafu ponuky.

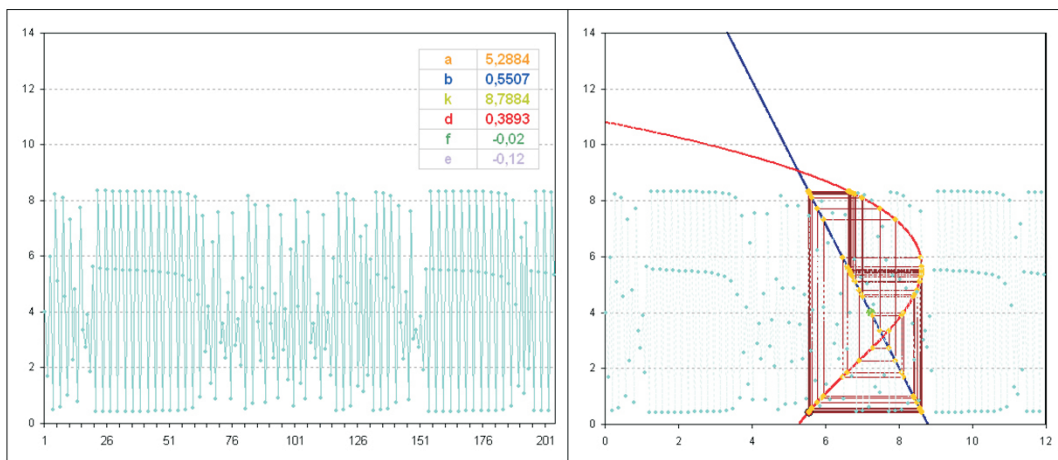
Obr. 2 Konvergencia k trhovej rovnováhy pri dozadu ohnutej krivke ponuky**Obr. 3** Emergencia 2-periódového cyklu

Obr. 4: 3-periódový cyklus v hornej polohe krivky ponuky**Obr. 5:** Deterministický chaos v hornej polohe krivky ponuky

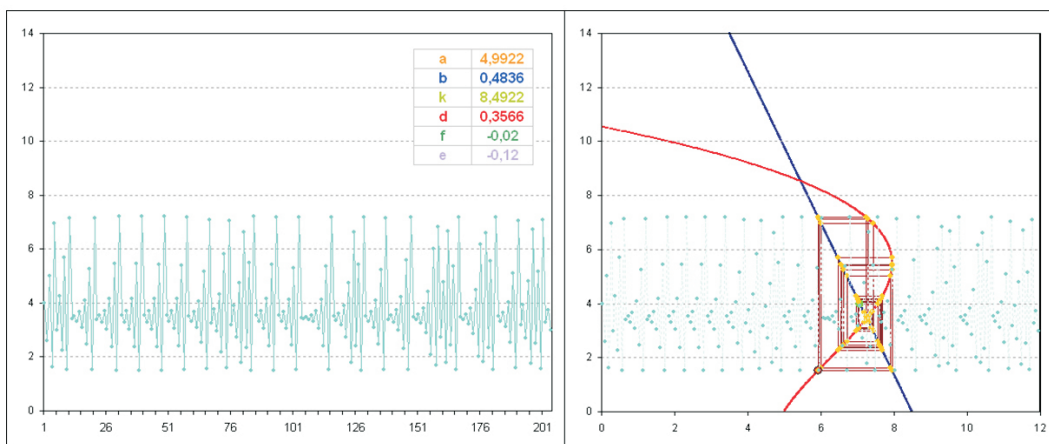
Túto aj iné podobné operácie môže bez ťažkostí urobiť každý študent na rozdiel od appletov na Internete, kde sa to nedá pretože sú autorsky zafixované. Nie je na to ani zmysluplný dôvod, pretože už jednoduchšie činnosti v Excele umožňujú efektívnejšie a efektnejšie riešenia. To dokumentujeme nasledovnou sériou snímok z experimentov v Excele. Zavedením nelineárnych členov vznikla v hornej časti kubickej krivky tzv. *backward bending supply curve*. V tejto polohe krivky môže študent experimentovať tentoraz až s hodnotou šiestich parametrov a tiež so začiatkovou cenou. Keďže vo väčšine prípadov dozadu stočenej krivky ponuky sa má na mysli *trh pracovných síl*, lepšie by sa hodilo hovoriť o mzdovej sadzbe. To čo v tlačenej podobe zaberá veľa miesta, študent pri experimentovaní vidí priamo v pohyboch (posunoch) čiar a v zmenách ich zakrivenia a najmä vidí pohyb stavového bodu.

Obr. 6: Deterministický chaos - rezonancie rovnovážneho bodu

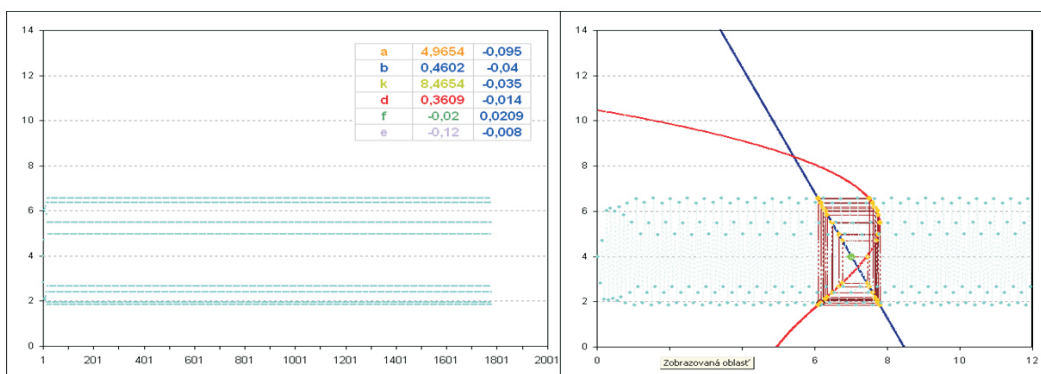
Obr. 7: Kombinácia deterministického chaosu s 3-periódovou rezonanciou



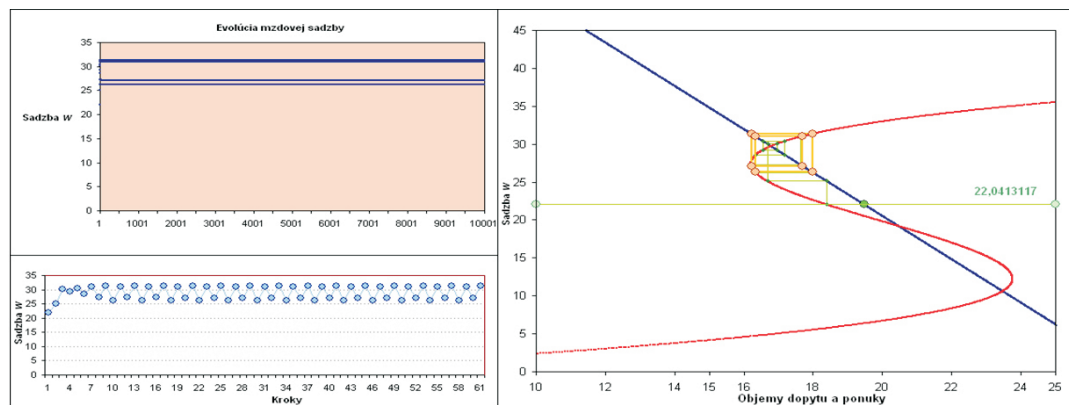
Obr. 8: Hustá chaotická frekvencia v hornej časti krivky ponuky



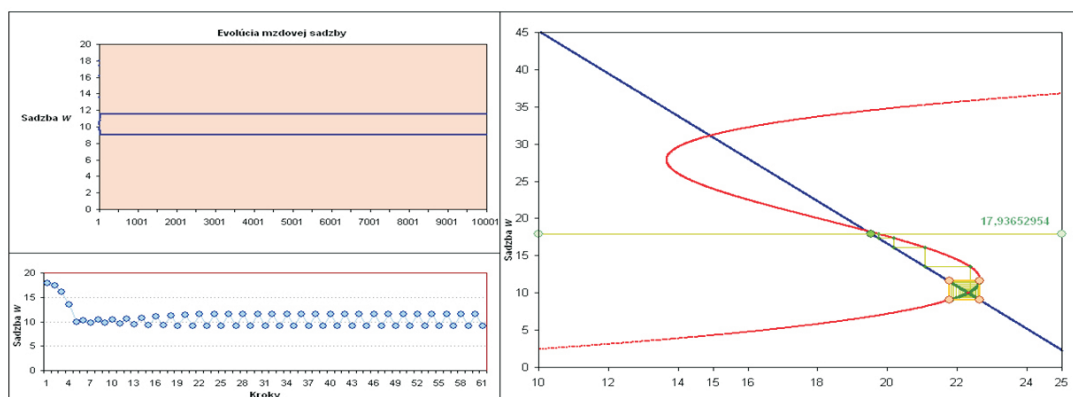
Obr. 9: Cyklus s ôsmimi periódami



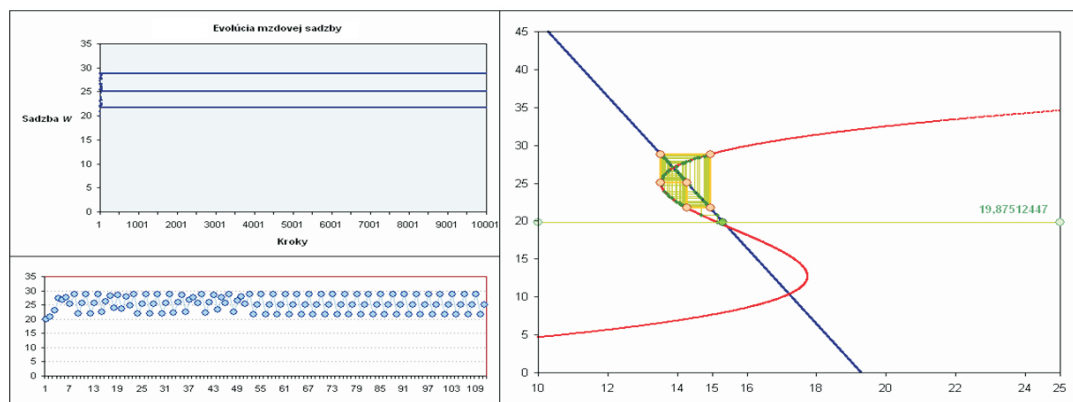
Obr. 10: Snímka experimentu s úplnou sigmoidnou krivkou v prvom kvadrante



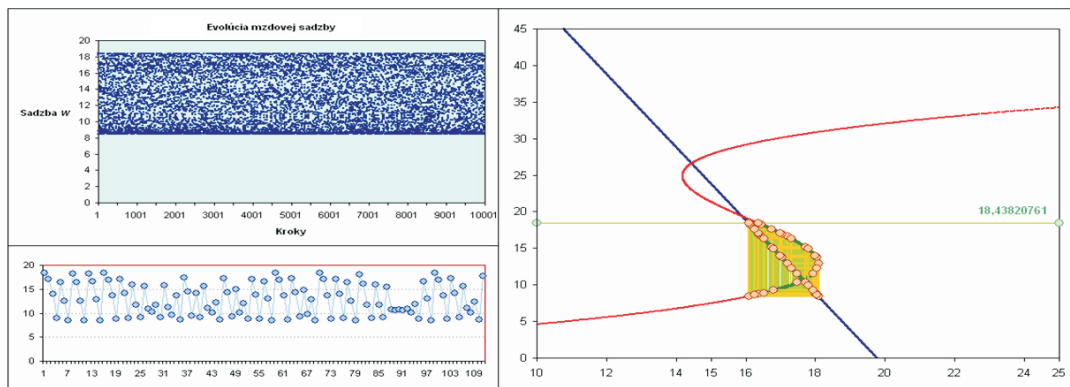
Obr. 11: 2-periódový cyklus v spodnej časti sigmoidnej krivky



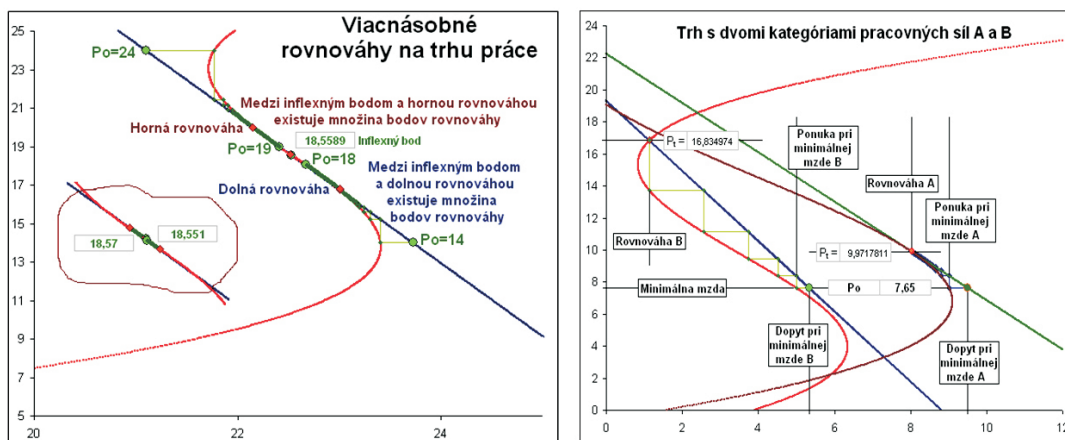
Obr. 12: Po začiatčnom chaose sa rýchlo dosiahla 3-periódová sukcesia



Obr. 13: Deterministický chaos v spodnej časti sigmoidnej krivky



Obr. 14 Situácie získané experimentom v Excele dodatočne vybavené verbálnymi legendami



Tak ako sme poznamenalí už skôr *mentálne modely* budované *zhora nadol* sa pomocou experimentovania vo virtuálnom laboratóriu podrobujú analýze, ako subjektívny produkt kohosi, v danom prípade konkrétne M. Ezeziela a ďalších ekonómov. To je pre študenta inšpiratívne v tom, že aj on môže konštruovať svoje vlastné mentálne modely a podrobovať ich kritickej analýze s asistenciou produktov a služieb IT/CI. V ďalšom štádiu štúdia potom, keď nadobudne patričné matematické vedomosti a zručnosti pristúpi k analýze na vyššej vedeckej úrovni, čo je prednosťou matematiky. Matematika, kybernetika, synergetika a teória dynamických systémov je najvyššia úroveň kultivácie vedeckého myslenia aj v ekonómii a nie je to samoúčel akýchsi matematických a počítačových čudákov, ako si to žiaľ viacerí ekonómi nesprávne vykladajú.

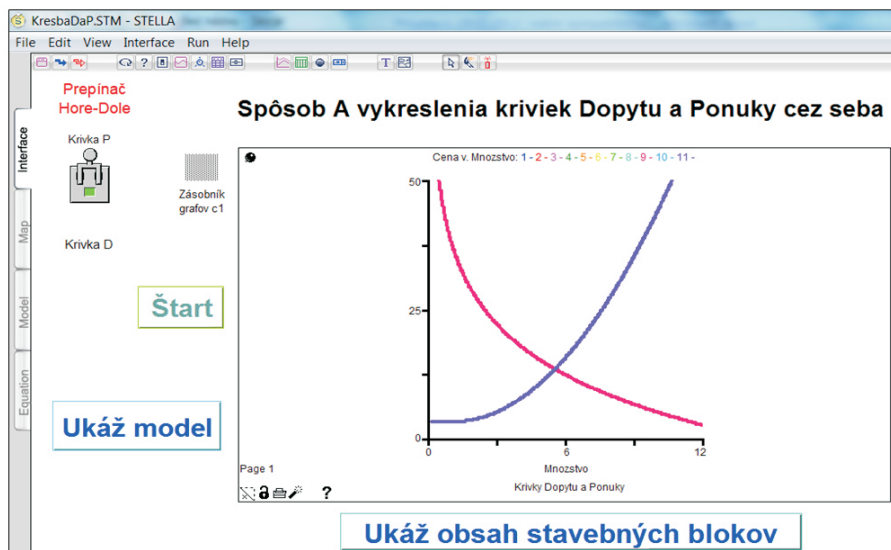
Pavučinové modely opisujú procesy na *virtuálnom trhu* veľmi názorne. Presvedčili sme sa o tom v prípade trhu s priamkami dopytu a ponuky, ale aj v prípade trhu pracovných síl, keď krivka ponuky pracovných síl bola spätne zakrivená (*backward bending curve*, resp. *backward sloped curve*) ako aj v modeli so *sigmoidnou krivkou ponuky*, ktoré sme predstavili v jednoduchom laboratóriu vytvorenom v Excele. V skôr predstavených prípadoch sa však nebrali do úvahy očakávania trhových subjektov týkajúcich sa vývoja ceny. Použitý pavučinový model opisoval časovú rovnováhu (nerovnováhu) na jednotlivom trhu keď sa pri danej cene ponuka oneskorovala o jeden časový dielec. Tento model zaviedol v 30-tych rokoch už skôr spomínaný Mordechai Ezekiel (1938) [11] a veľmi sa osvedčil aj v učebniciach ekonómie – stal sa vlastne učebnicovou vzorovou úlohou pri výklade diskkrétnej ekonomickej dynamiky (matematicky ide

o topologické projekcie uskutočňované paralelne na dvoch čiarach, čo sa však v učebniciach neuvádza). Presnejšie povedané, spravidla sa v takých prípadoch predpokladá, že keď subjekty (hráči) na strane ponuky postupujú podľa modusu „naivných očakávaní“ a čiary dopytu a ponuky sú v matematickom vyjadrení monotónne, môžu sa vyskytnúť len tri prípady dynamiky a to:

- konvergencia k stabilnému rovnovážnemu bodu (atraktorom systému je teda jedinečný bod, t. j. equilibrium ...E),
- konvergencia k postupnosti dvoch úrovní cenových bodov (Max a Min sa striedajú pravidelne), ide teda o cyklus s dvomi periódami, a napokon tretí prípad,
- explozívne vzdiaľovanie sa od začiatkovej ceny, t. j. amplitúda medzi horným a dolným bodom sa ustavične v každom nasledujúcom kroku zväčšuje.

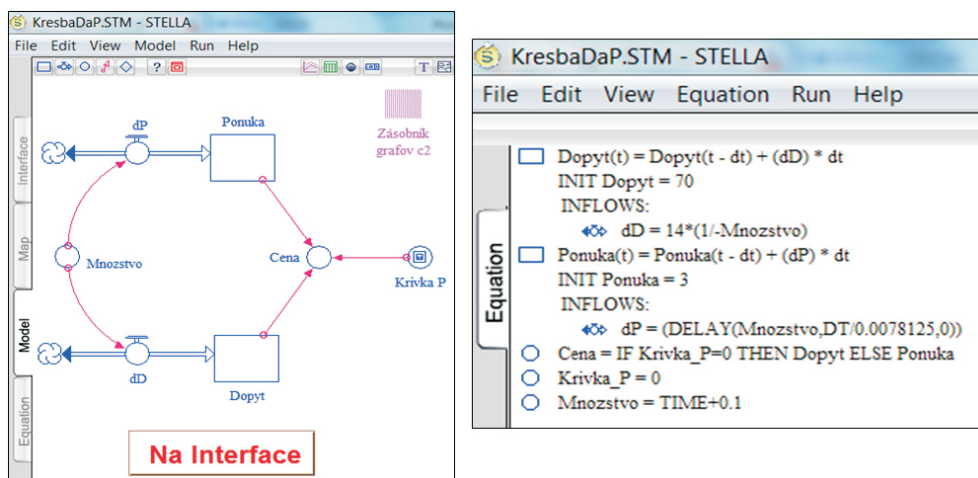
Isteže, nemalo by sa pustiť zo zreteľa, že aj prvý prípad je vlastne cyklus (v prípade totožnosti začiatkovej ceny s rovnovážnou cenou je rozpätie medzi Max a Min nulové) v ostatných prípadoch ide o tlmenú osciláciu, ktorá končí v E. Väčší dôraz sme však položili na nemonotónnu krivku ponuky, pretože ako sme videli v tých prípadoch je dynamika komplexnejšia a môže sa objaviť aj deterministický chaos. Trh práce, resp. *pracovnej sily*³⁾ sa vyznačuje niektorými zaujímavými a zároveň aj veľmi dôležitými špecifikami. Najcharakteristickejšou črtou tohto trhu je *dozadu sa odkláňajúca krivka ponuky práce*, t. j. *backward bending*, či *backward sloping supply curve*, o ktorej sme referovali už skôr. Pre porovnanie s výsledkami dosiahnutými v Excele uvádzame príklady s modelom trhu aj v STELLE a iDMC.

Obr. 15: Pavučinový model trhu realizovaný v STELLE: nemonotónne krivky

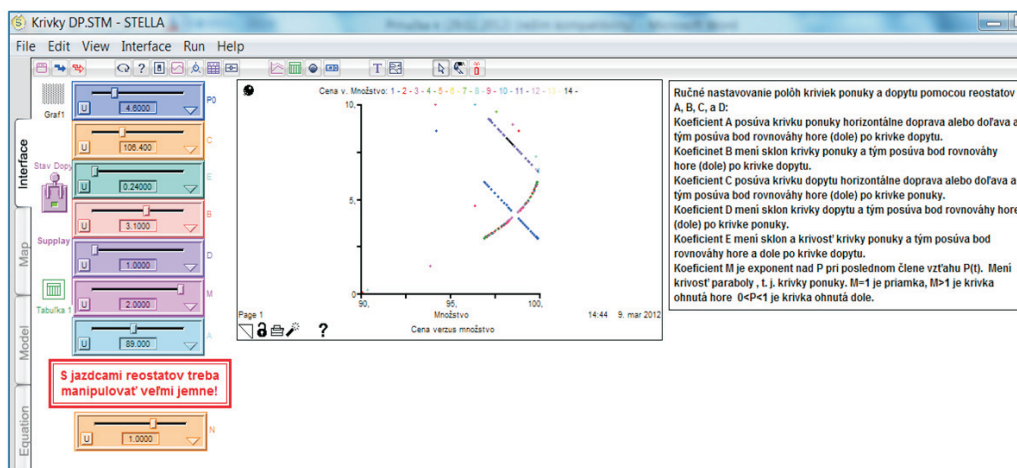


- 3) Dôsledne vzaté, na trhu nevystupuje práca, ale pracovná sila, t. j. *potenciálna práca*. To, čo sa implicitne predpokladá, čiže *práca* sa udeje až v *pracovnom procese*, kde sa potenciál premieňa na reálny výkon. Na trhu sa teda obchoduje s potenciálom a práca je výsledok pracovného procesu, čo je veľký rozdiel. Pri kúpe pracovnej sily sa výrobcovia snažia tlačiť ceny dole a pracovníci hrajú mimikry, či rituály o svojich vysokých schopnostiach, aby dosiahli čo najvyššiu cenu. V *pracovnom procese* je to presne naopak: manažér chce z nakúpenej pracovnej sily (pri zminimalizovanej cene) vyžmýkať čo *najviac výsledkov*, t. j. práce a pracovník sa snaží svoju pracovnú silu (ktorú predal za maximálnu cenu) čo najviac šetriť, t. j. odovzdať čo *najmenej práce* (Jeremiáš Bentham – *kalkul slasti a strasti*). Preto až *kvalita manažmentu rozhodne o skutočnej hodnote práce a nie trh pracovnej sily*. Trh rieši len vzťah medzi kvantitou ponúkanej pracovnej sily a kvantitou dopytovanej pracovnej sily, pomocou pohybu ceny, t. j. mzdovej sadzby (*wage rate*). Naozajstnú a konečnú hodnotu práce určí až trh hotových výrobkov, t. j. až keď sa na trhu realizujú ako tovary. Ak sa výrobok nestane tovarom práca bola premrhaná a cena zaplatená za pracovnú silu je čistá strata navyše umocnená tým, že sa premrhal aj materiál, palivá a energia, a amortizácia strojov a zariadení (HIM, NIM a DIM) vynaložené na vyhotovenie produktu.

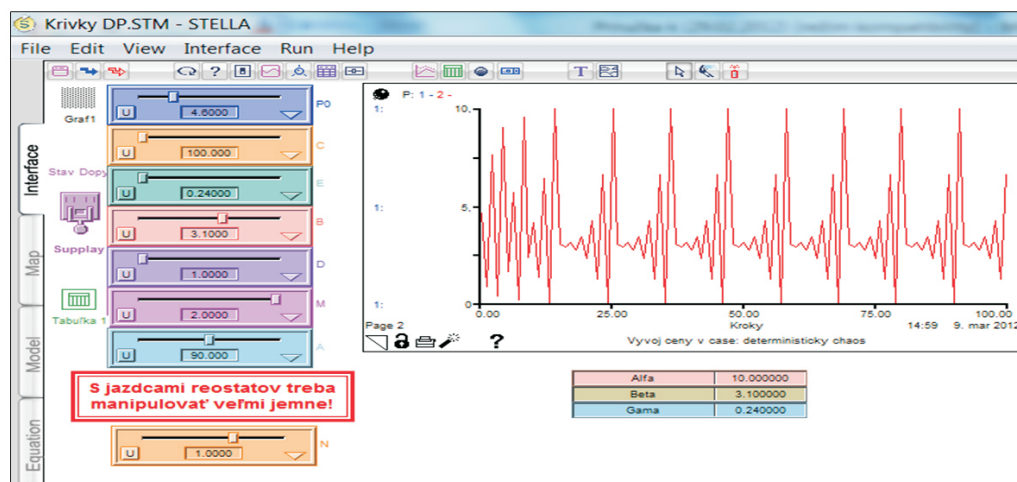
Obr. 16: Pavučinový model trhu nemonotónnych kriviek: bloková a principiálna schéma



Obr. 17: Pavučinový model trhu pracovných síl (zaklonená krivka ponuky)

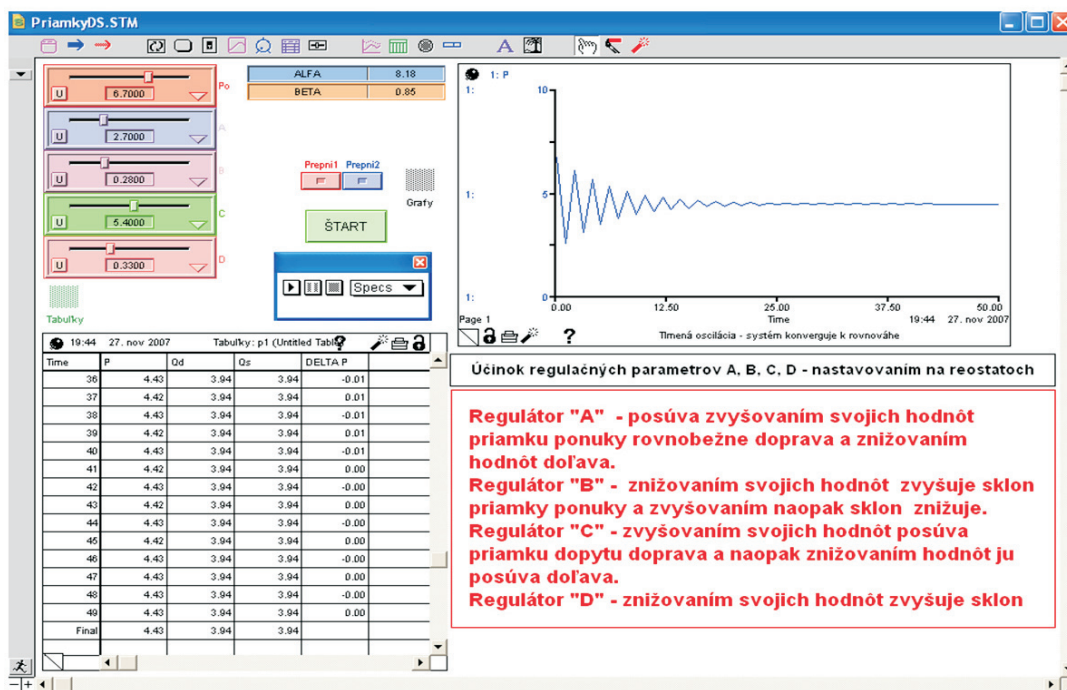


Obr. 18: Pavučinový model trhu pracovných síl: kroková evolúcia viedla k chaosu



Najčastejšie sa tento tvar krivky vysvetľuje tým, že pri vysokých cenách práce ponúkaná práca nemá dostatočnú kvalitu, resp. nie je primerane kvalifikovaná a keďže niektorí pracovníci chcú túto cenu dosiahnuť, musia si zvýšiť kvalifikáciu. Títo potenciálni pracovníci však v dôsledku toho nie sú na trhu, musí sa čakať kým potrebnú kvalifikáciu dosiahnu a preto v takýchto vyšších cenových vrstvách sa krivka stáča dozadu, t. j. doľava – takže v dôsledku toho *pri raste ceny v tejto vrstve ponuka práce klesá*. Po dosiahnutí vyššej kvalifikácie prichádzajú s časovým odstupom naspäť na trh pracovníci, ktorí sa vzdelávali čo je typická situácia v ére globálnej vedomostnej spoločnosti. Keď študenti použijú na rovnakú úlohu rutiny, ktoré sú predprogramované v prostredí iDMC, napríklad rutiny *Bifurcation*, môžu získať celé spektrum kvalitatívnych udalostí vo zvolenom intervale konkrétneho parametra. Dokonca môžu použiť experiment s dvomi parametrami voči sebe a tak dostať kvalitatívne diverzifikovanú takmer spojitú plochu ktorá prináša informácie o periodicite patriacej ku každému bodu na 2D ploche, t. j. súradnice začiatočného bodu potenciálnej trajektórie stavového (resp. fázového) bodu na ploche $\zeta_{parA} \times \zeta_{parB}$.

Obr. 19: Konvergencia k rovnováhe na trhu



Inak ako v skôr demonštrovaných prípadoch sa mentálny model bude správať, ak sa doň zaviedú *subjektívne očakávania aktérov na trhu*. To demonštrujeme v nasledovnej časti článku, ktorý opierame o idey Carsa Hommesa [15]. V tomto prípade sme sa opierali o asistenciu softvéru iDMC⁴⁾. Tentoraz ešte pred vytvorením laboratória v iDMC použijeme aj trochu

- 4) Tento softvérový nástroj umožňuje efektívne a s vysokou názornosťou skúmať stabilitu ustálených stavov a emergenciu *periodických orbít*, vrátane *deterministického chaosu* (napríklad pomocou pavučinového znázornenia), na základe štandardných numerických simulačných techník, ako sú časové rady, vykresľovanie fázových a *bifurkačných diagramov* (resp. portrétov a máp), *Ljapunovových exponentov* a 2D L-máp, vykresľovanie bazénov atraktorov, resp. repulzorov, vytváranie mnohovariantných (variovanie s jedným parametrom pri konštantnosti ostatných) grafov a podobne. Pre predstavenie možností tohto systému sme zámerne vybrali pomerne ľahkú ekonomickú úlohu *adaptívnej cenovej tvorby producenta*, resp. podnikateľa. Na takomto modeli totiž môžeme predviesť takmer všetky možnosti, ktoré ponúkajú u nás dostupné softvéry pre kvalitatívne experimentovanie so simulačnými modelmi.

matematického vyjadrovania. V prípade *naivných očakávaní* producent jednoducho predpokladá, že sa cenový trend zachová aj pre nasledovné obdobie, a preto formuje svoje očakávania v súlade s trendom. Zopakujeme najprv skôr demonštrovanú úlohu: producent adjustuje svoj výrobný proces na základe ceny na trhu existujúcej v mínus prvom období. Túto situáciu (ide o *konvenčnú koncepciu pavučiny* na trhu) môžeme na pripomenutie matematického pozadia mentálneho modelu zapísať nasledujúcimi jednoduchými funkciami

$$D_{(p_t)} = a - dp_t. \quad (\text{Dopyt}) \quad (1)$$

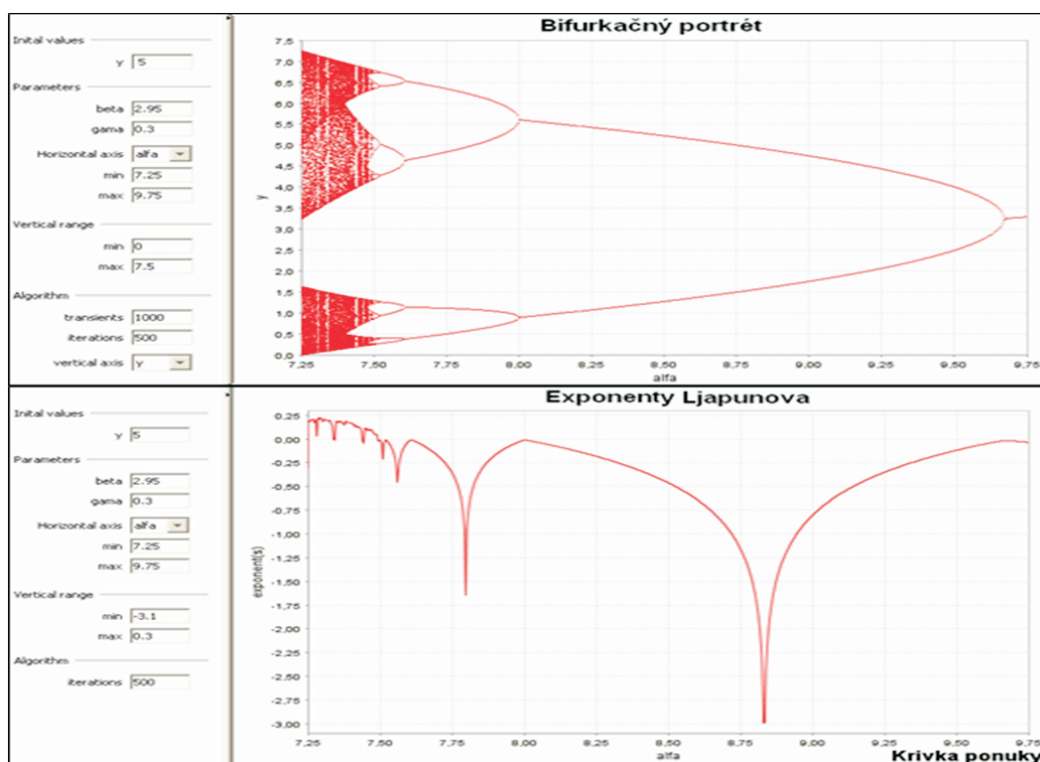
$$S_{(p_t^e)} = c + bp_{t-1}. \quad (\text{Ponuka}) \quad (2)$$

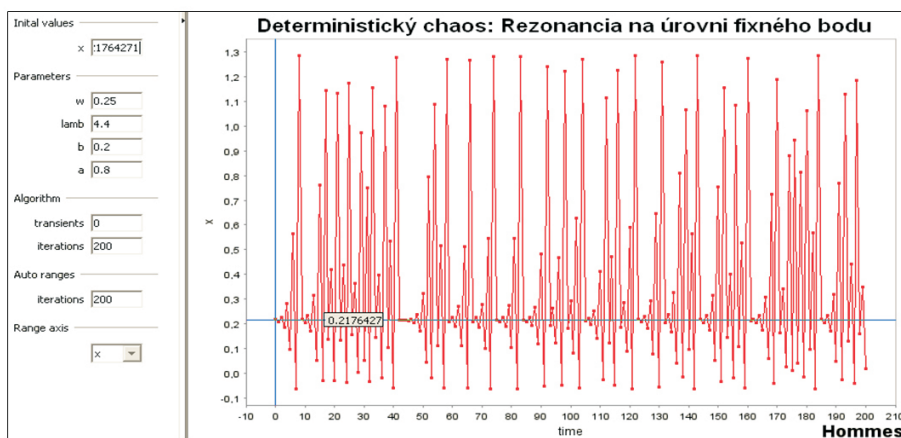
$$D_{(p_t)} = D_{(p_t^e)}. \quad (\text{Čistenie trhu}) \quad (3)$$

$$p_t^e = \frac{a-c}{d} - \left(1 - \frac{b}{d}\right)p_{t-1} + p_{t-1}. \quad (\text{Evolúcia ceny}) \quad (4)$$

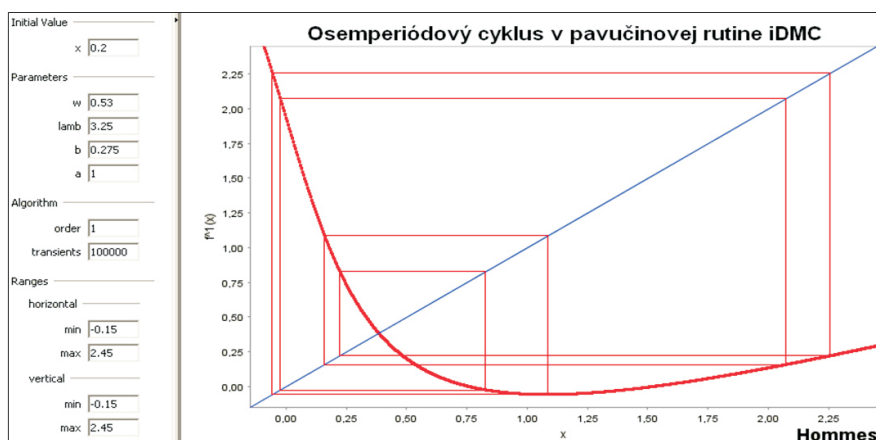
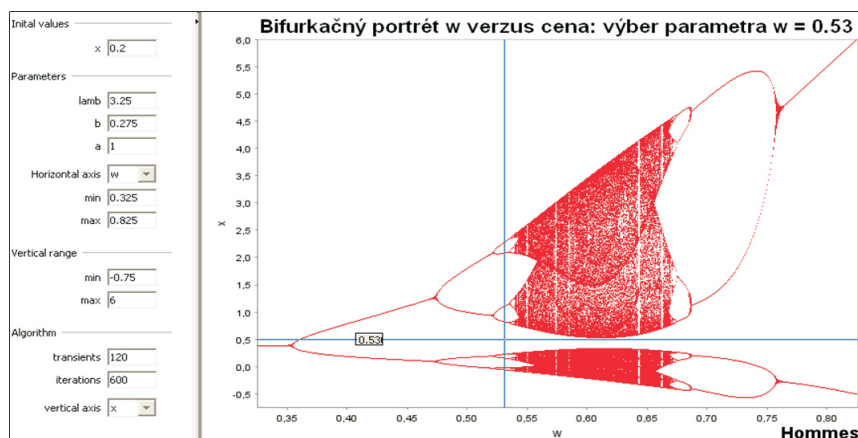
Vzťahy podobné ako (1) až (4) sme vlastne použili v rôznych podobách pri predchádzajúcich simulačných experimentoch. Rovnica očakávanej ceny alternatívne zapísaná ako je to v (4) sa bežne nachádza v učebniciach, ale tento zápis sme si požičali od Hommesa [15]. Snímky obr. 21 až obr. 27 vznikli pri experimentovaní s 1D model C. Hommesa v rutinách iDMC.

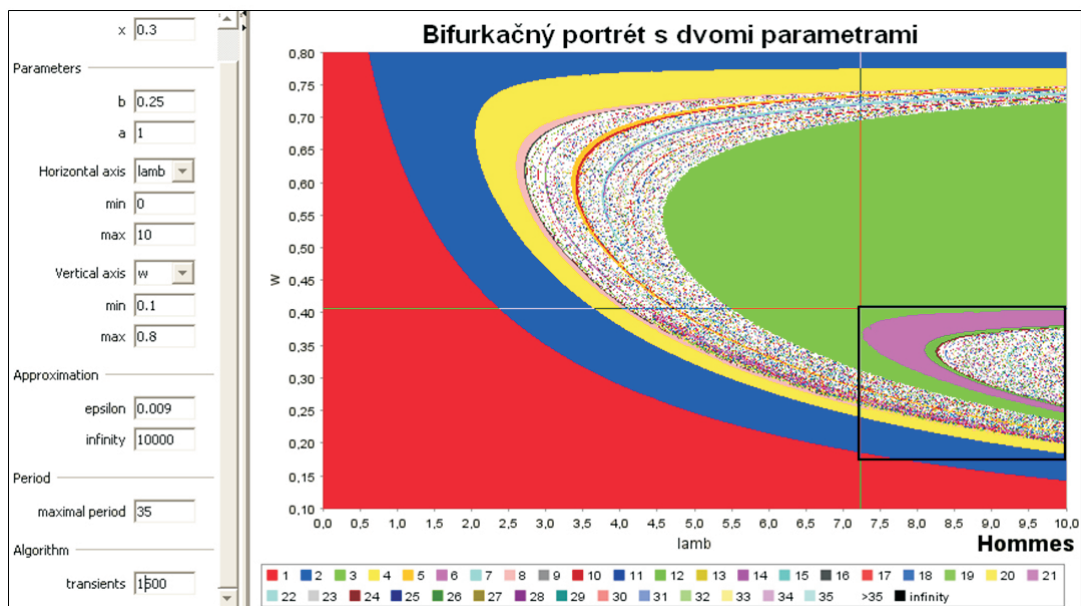
Obr. 20: Porovnanie bifurkačných hodnôt s exponentmi Ljapunova v iDMC



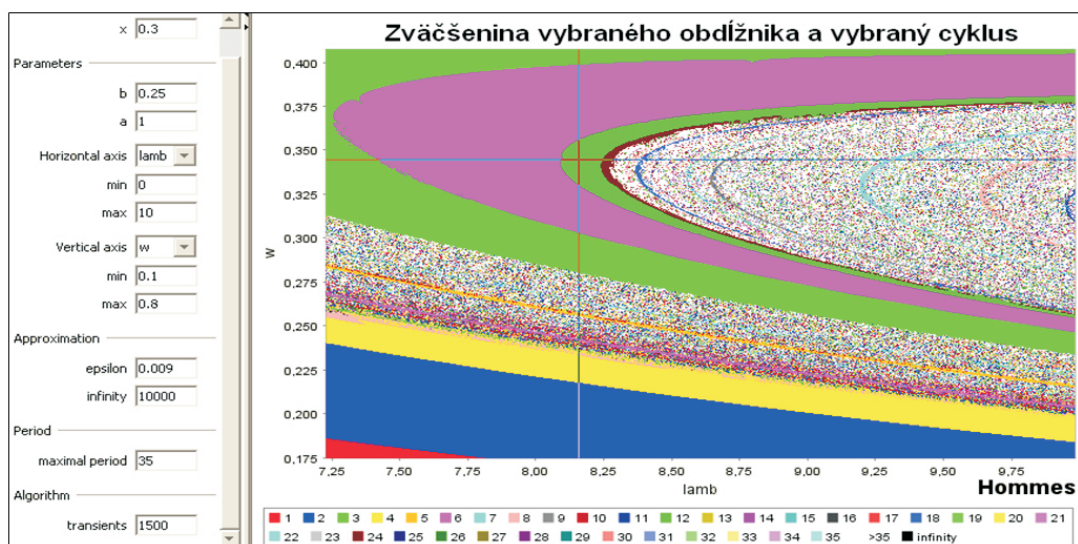
Obr. 21: Model Hommesa v 1D prevedení – časovo-kroková trajektória v iDMC

Stále preferujeme veľmi jednoduché prípady mentálnych modelov, aby bolo zrejmé, že už aj na takej úrovni môže nastať pre študentov ťažkosť pri imaginácii komplexnej dynamiky, v ktorých však môžu veľmi dobre pomáhať prostriedky, služby a metódy IT/CI.

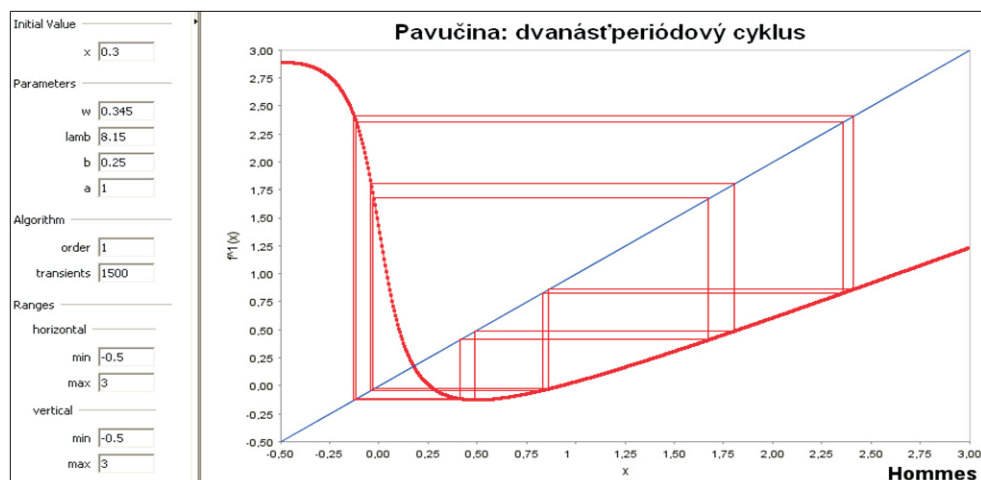
Obr. 22: Využitie rutiny iDMC Shifted plot- Cobweb animation**Obr. 23:** Bifurkačný portrét – variovanie s váhovým parametrom w 

Obr. 24: Bifurkačný portrét 2D – parametre l a w 

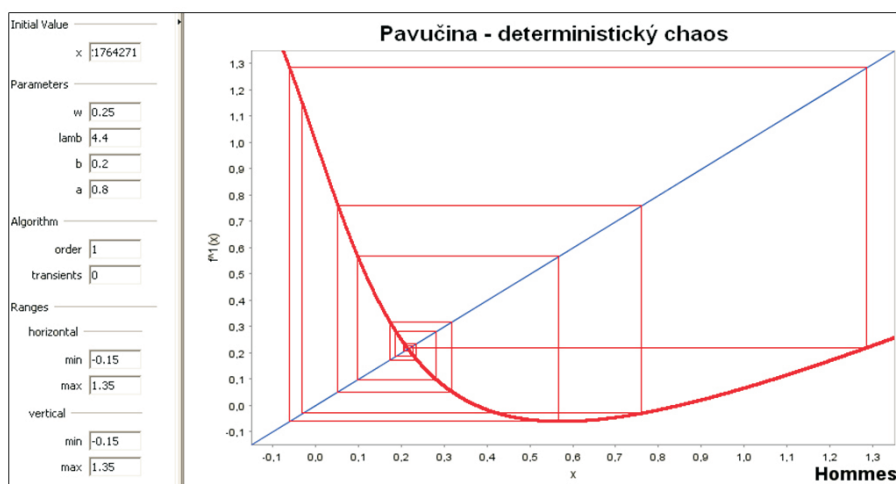
Obr. 25: Zväčšenina portréru z obr. 24 a vyznačenie bodu pre experiment



Obr. 26: Pavučinový experiment s vybraným bodom z obr. 25



Obr. 27: Pavučina s nepárnymi periódami



V obsahu tohto odseku sme sa zamerali na demonštráciu azda najjednoduchšieho a najčastejšie sa vyskytujúceho mentálneho modelu v elementárnej vysokoškolskej ekonómii. Išlo nám o tom aby sme aj na takomto jednoduchom modeli ilustrovali prednosti IT/CI postupov pri imaginácii komplexných dynamických procesov oproti konvenčným prístupom, resp. sme zároveň predstavili možnosti hybridizácie konvenčnej edukačnej siete VirtLabmi vytvorenými či už učiteľmi alebo, čo je určite ešte lepšie samotnými študentmi v troch prostrediach a to v Excele, v iDMC a v STELLE. Použitie mnohých výstupov z experimentov bolo dôležité preto, aby sa dali dostatočne ilustratívne demonštrovať nevýhody konvenčných metód edukácie oproti prednostiam edukačnej siete a služieb vyzbrojených už aj veľmi jednoduchými produktmi a postupmi IT/CI, nedostatky a nevýhoda tlače na papier vynikne pri sledovaní procesu v konkrétnom virtuálnom laboratóriu.

3. Komparácie modelov a VirtLabov z pohľadu možností hybridizácie siete

Na snímkach obr. 15 až obr. 19 sme na získanie všeobecnej predstavy o entitách vhodných na hybridizáciu edukačných sietí demonštrovali výsledky experimentov na účely komparácie

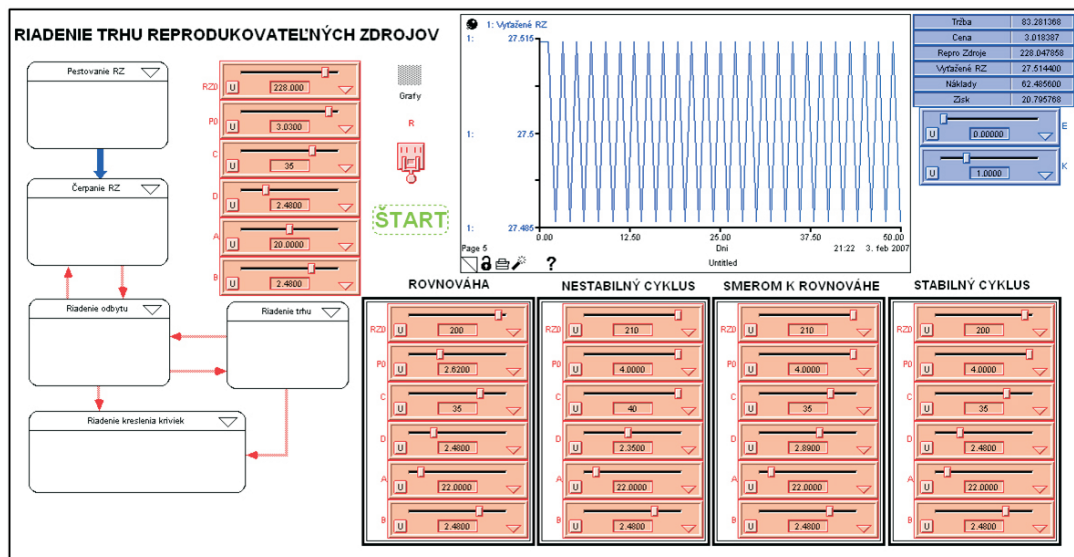
s podobnými experimentmi získanými v Exceli. Rovnako na porovnávanie takých entít sme na snímkach obr. 20 až obr. 27 demonštrovali možnosti niektorých y rutín vstavaných do prostredia iDMC. V tomto odseku predvedieme niektoré podrobnejšie pohľady na prípady, ktoré sme získali aplikáciou postupov a nástrojov STELLA, ako aj iDMC.

Obr. 28: Licenčný certifikát registrácie STELLY verzie 8.1.1, ktorú sme používali viac rokov



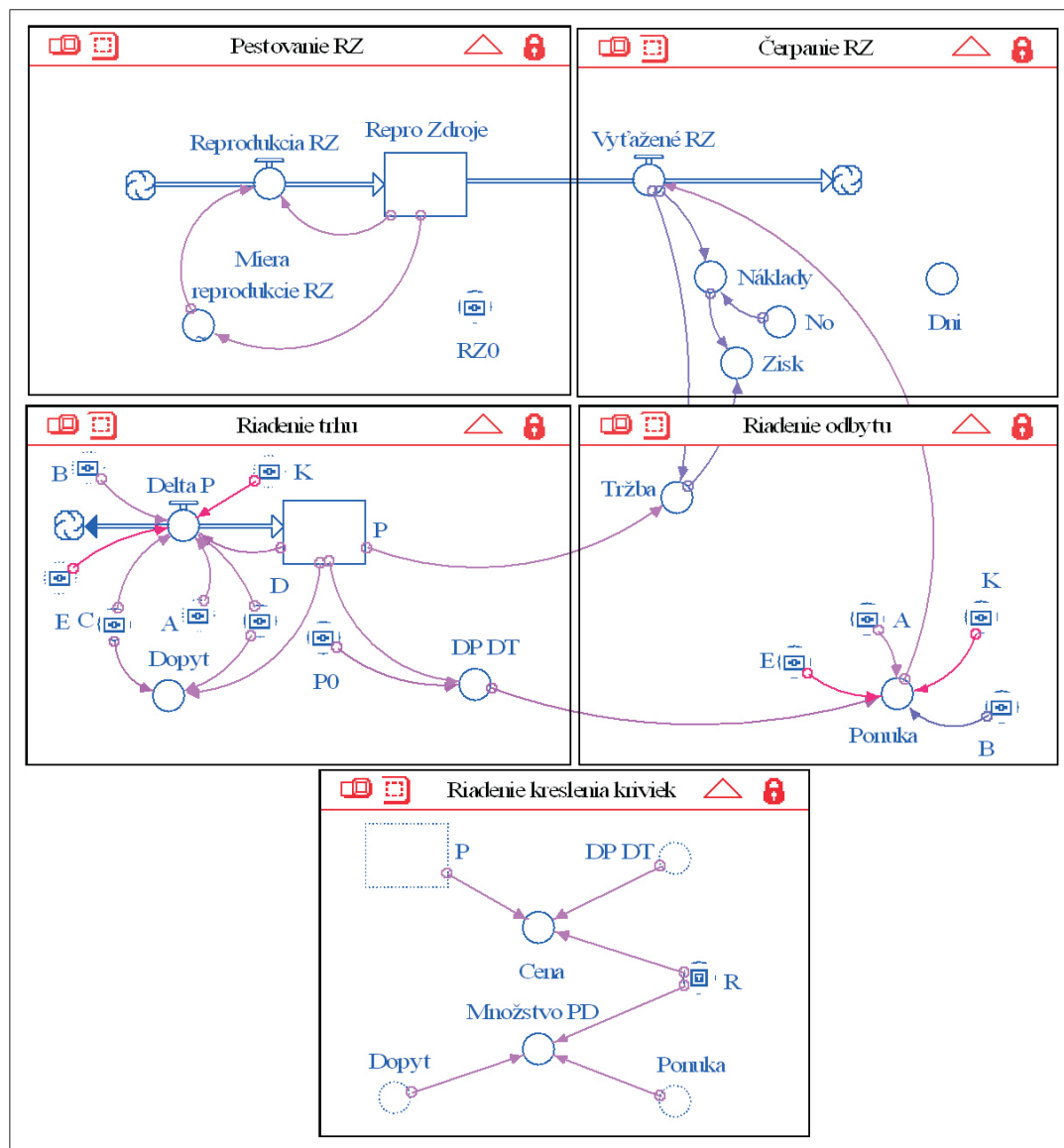
Už skôr sme naznačili, že softvér STELLA ponúka bohatú škálu konštrukčných možností podobného typu ako Simulink MATLAB-u, ale s oveľa jednoduchším a pohodlnejším kreslením blokových schém. Obsahuje mnoho vstavaných funkcií, ako aj rozličné techniky manipulovania grafmi, obrázkami a filmami. Veľkou prednosťou je tiež možnosť programovania príhod, takzvaný

Obr. 29: Pohľad na hlavnú pracovnú stránku experimentátora, ktorý nie je konštruktérom



Story-telling realizovaný v podobe živého procesu s priamou možnosťou spúšťania simulačných experimentov. Vzhľadom na obmedzenosť priestoru článku nemožno vo väčšom rozsahu demonštrovať všetky možnosti uvedených softvérov, takže na nasledujúcich stránkach sú len vybrané ukážky z niektorých produktov autora použitých v edukačnom procese na STU a z prednášok pre doktorandov na EUBA. Na snímkach obr. 28 a 29 je ukážka VirtLabu, ktorý sme vytvorili v STELLE na účely použitia v Story-tellingu o hospodárskom raste a evolúcie na trhu s reprodukovateľnými zdrojmi.

Obr. 29: Pohľad na stránku konštruktéra modelov



V nasledovnej trochu širšej demonštrácii opäť aj s prvkami matematiky ukazujeme, že vysokú citlivosť mentálnych modelov cyklického rastu na zmenu parametrov a začiatku (súradnice bodu) evolúcie možno názorne takisto demonštrovať experimentmi vo virtuálnych laboratóriách ak ich predtým než ich vložíme do vybraného softvéru prepíšeme do vhodného matematického formalizmu. Jeden z modelov, ktorý sa veľmi dobre hodí na tento účel sformuloval F. Westerhoff⁵⁾ [28], ktorý mierne modifikoval ranú koncepciu P. A. Samuelsona [24]. Ako je

5) Považujeme za korektné poznamenať, že v tejto aktivite nebol sám. Existuje široký zoznam mien, z ktorých však tu uvedieme len niekoľkých z tých, ktorý majú priamy súvis s našou problematikou, takže spomenieme aspoň A. Agliari, L. Gardini, C. Hommes, A. Medio, R. Day, R. Day a P. Chen, T. Puu, J. B. Rosser a I. Sushko.

známe aj z učebníc svoj zárodočný model ekonomického cyklu sformuloval do matematickej podoby P. A. Samuelson ešte v roku 1939 a ako taký sa dá na tento účel použiť aj priamo. Ani on však nebol v tých rokoch sám a patrí sa spomenúť aspoň J. Hicksa, R. Harroda a N. Kaldora. Jeho prístup je diskretný a pretože berie do úvahy hodnoty v troch časových inštanciách model sa ľahko stane nelineárnym. Symbolika bola v tých časoch už v makroekonómii ustálená, takže národný dôchodok v čase t , t. j. Y_t možno písať ako súčet troch zložiek a to spotreby C_t , úspor S_t , či namiesto nich priamo písať indukované súkromné investície I_t a napokon štátne výdavky G_t , takže formálne sa dôchodok rozdelí podľa vzorca

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \quad (5)$$

V súlade s Keynesovou analýzou multiplikátora sa predpokladá, že spotrebitelia konzumujú konštantnú časť ich minulého príjmu

$$C_t = aY_t, \text{ resp. pohodlnejšie } C' = aY \quad (6)$$

kde a z intervalu $0 < a < 1$ je spriemerovaný marginálny sklon k spotrebe. Nebudeme sa pohoršovať nad nereálnymi predpokladmi či už Keynesa alebo Samuelsona lebo veď nebyť ich, nemali by sme teraz podklady na kritické imaginácie. Ďalší nerealistický predpoklad sa týka investícií. Predpokladá sa, že indukované súkromné investície sú proporcionálne zmenám v spotrebe a teda aj zmenám národného dôchodku. S ľahkosťou im vlastnou sa títo ekonómi povznášajú nad komplexitami, ktoré sa vyskytujú pri bolestnej premene úspor na investície a tie na prírastok kapitálu. Veď už len to, že spotrebiteľ je psychologicky, či etologicky úplne iný subjekt ako investor je dôležitým zdrojom komplikácií a vedie k vážnym fluktuáciám v ekonomickej evolúcii. My však skúmame ich mentálne modely, takže nad nedôslednosťami oných ekonómov sa tiež musíme povzniesť lebo veď potom by naozaj nebolo čo analyzovať. Takže vzorec investícií sa píše v podobe

$$I_t = b(C_t - C_{t-1}) = ab(Y_{t-1} - Y_{t-2}) \quad (7)$$

Z učebníc vieme, že súčin ab z intervalu $0 < ab$ označuje kapitálový koeficient, t. j. pomer medzi zásobou kapitálu a tokom dôchodku je *zafixovaný*. Ďalší heroistický predpoklad, sic., podobne ako fixácia štátnych výdavkov na konštantu, nehovoriac o tom, že sa nerozlišuje medzi neproduktívnymi a produktívnymi výdavkami

$$G_t = \bar{G} \quad (8)$$

Teraz už možno vzorec národného dôchodku prepísať na

$$Y_t = \bar{G} + a(1 + b)Y_{t-1} - abY_{t-2} \quad (9)$$

Tu máme do činenia s rekurentným vzťahom v ktorom hodnoty v postupnosti určuje jednak diferenčná rovnica ale považujeme za dôležité zdôrazniť, že aj spojitá množina potenciálnych začiatočných bodov trajektórií, čo však oní ekonómi ani len netušili. Pre samu diferenčnú rovnicu našli rovnosť, ktorá určuje jedinečný fixný bod (v spojitaj analýze sa taký bod nazýva rovnováhou)

$$\bar{Y} = \frac{1}{1-a} \bar{G} \quad (10)$$

Dodajme, že čisto matematicky sa dajú odvodiť aj ďalšie vlastnosti napríklad podmienky stability a cyklický pohyb, ktoré označuje nerovnosť

$$0 < a < \frac{1}{b} < 1 \quad (11)$$

a tiež

$$a < \frac{4b}{(1+b)^2} \quad (12)$$

Pri platnosti nerovností (11) a (12) sa stáva fixný bod *atraktorom* a *stavový bod* ho po istom počte krokov dosiahne *tlmenou osciláciou* spravidla v dvoch periódach aj pri mierne odlišných hodnotách ale väčšie odchýlky vedú k *zdvojovaniu períód* až k *deterministickému chaosu*, čo neskôr priamo predvedieme (teda žiaľ iba grafické snímky z výsledkov experimentov, keďže tlačou na papier sme v tom veľmi limitovaní). Ukážeme, že vzájomná súhra a protihra *mediovaná multiplikátorom a akcelerátorom* rodí účinky, ktoré sa prejavujú v *cyklickom raste*, resp. v *komplexnej evolúcii*. V závislosti od zmien parametrov a , a b môže v ďalšom pokračovaní rekursu buď rásť alebo sa preklopiť na pokles, či ukážeme vo výsledkoch simulácie pomocou jednotlivých rutín vstavaných do softvéru iDMC, ale až na príklade Westerhoffovho mentálneho modelu.

Modifikácia ktorú zaviedol Westerhoff spočíva v tom, že pridal do modelu očakávania investorov. Potom v jeho koncepcii indukované investície určuje vzťah

$$I_t = b(E[Y_t] - Y_{t-1}) \quad (13)$$

To znamená, že indukované investície závisia od rozdielu medzi očakávaným národným dôchodkom v čase t a realizovaným národným dôchodkom v čase $t-1$, pričom $b \geq 0$. Otázkou teraz je čo a ako sa vyjadruje formovanie očakávaného dôchodku $E[Y_t]$? Westerhoff zvolil vyjadrenie *via formačného pravidla vážený priemer extrapoláčnych a regresných očakávaní*

$$E[Y_t] = W_t E^e[Y_t] + (1 - W_t) E^r[Y_t] \quad (14)$$

a to na základe empirickej evidencie ako to sám zdôvodňuje.

Podľa predstavy Westerhoffa (a nielen jeho) extrapolatívny prediktor je spriemerovaný agent, ktorý očakáva buď *konjunktúru* alebo *recesiu*, čo teda formálne možno zapísať aj takto

$$E^e[Y_t] = Y_{t-1} + c(Y_{t-1} - \bar{Y}) \quad (15)$$

kde c predstavuje kladný parameter extrapolácie a spoločenský produkt dlhodobej rovnováhy sa považuje za zlomok $\bar{Y} = \frac{\bar{G}}{(1-a)}$, pričom ho však možno považovať aj za voliteľný parameter experimentovania, čo aj neskôr urobíme. V súlade s touto predstavou ak je spoločenský produkt nad (alebo pod) hodnotou $\bar{Y}$, agenti sa správajú optimisticky (alebo pesimisticky) očakávajú, že produkt zostane na vyššej (alebo nižšej) úrovni. Naopak *regresné* očakávanie vyjadruje rovnica

$$E^r[Y_t] = Y_{t-1} + d(\bar{Y} - Y_{t-1}) \quad (16)$$

Priemerný *parameter reverze* z intervalu $0 < d < 1$ vyjadruje priemerným agentom očakávanú *adjustačnú rýchlosť* približovania sa hodnoty spoločenského produktu k úrovni dlhodobej rovnováhy $\bar{Y}$. Medzi tieto dva druhy očakávaní Westerhoff zavádza v čase sa meniaci váhový parameter W . Chápať ho treba tak, že priemerný agent prikladá tým menší vplyv na extrapoláčne pravidlo čím viac sa ekonomika vzdďaľuje od dlhodobej rovnováhy $\bar{Y}$. Zdá sa byť prirodzené predpokladať o agentoch, že nevnímajú situácie extrémnych ekonomických podmienok ako trvalé. Relatívny účinok extrapoláčného pravidla sa dá vyjadriť rovnicou

$$W_t = \frac{1}{1 + (Y_{t-1} - \bar{Y})^2} \quad (17)$$

potom by však relatívny účinok regresných pravidiel mal byť $(1 - W_t)$. Kombináciou a patričnou úpravou skôr uvedených vzorcov potom Westerhoff sformuloval rekurenčný vzťah pre premennú národného dôchodku v podobe

$$Y_t = \bar{G} + aY_{t-1} + \frac{bd(\bar{Y} - Y_{t-1}) - cd(\bar{Y} - Y_{t-1})}{1 + (\bar{Y} + Y_{t-1})} \quad (18)$$

ktorý je 1D nelineárnou diferenčnou rovnicou a za istých podmienok môže byť aj 2D topologickou projekciou inšpirovanou modelom cyklického rastu N. Kaldora, čo budeme demonštrovať neskôr. Vzorec (18) sme tentoraz zase vložili do softvéru iDMC a vytvorili sme tak virtuálne laboratórium pre experimentovanie s modelom Westerhoffa, viď nasledovný výpis

—@@

name = "Westerhoff-Samuelson"

description = "Pozri text Andrášik ...)"

type = "D"

parameters = {"G", "a", "b", "d", "Y", "c"}

variables = {"x"}

function f(G, a, b, d, Y, c, x)

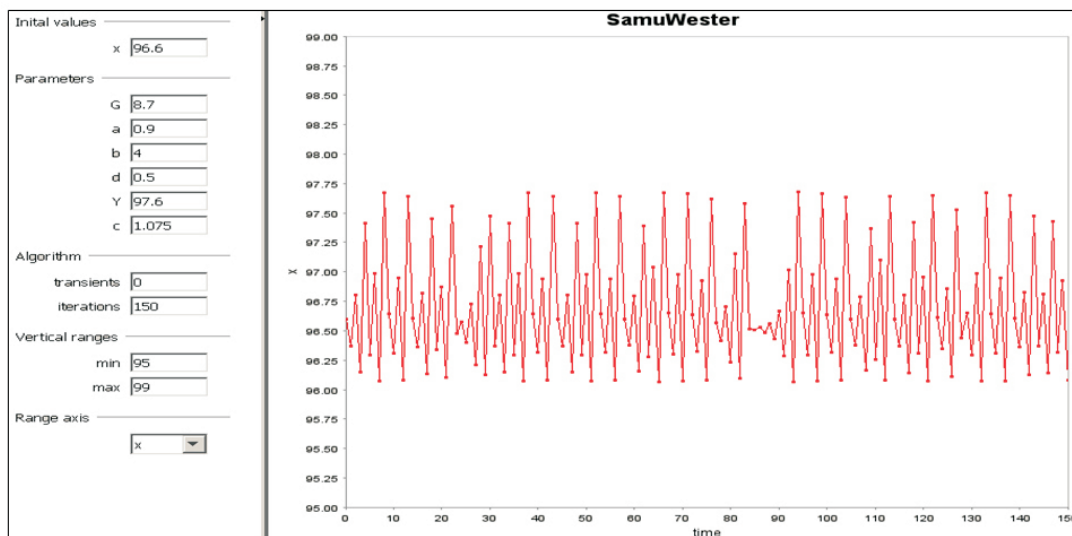
 x1 = G + a*x + ((b*d*(Y - x)^3) - c*d*(Y - x))/(1 + (Y - x))

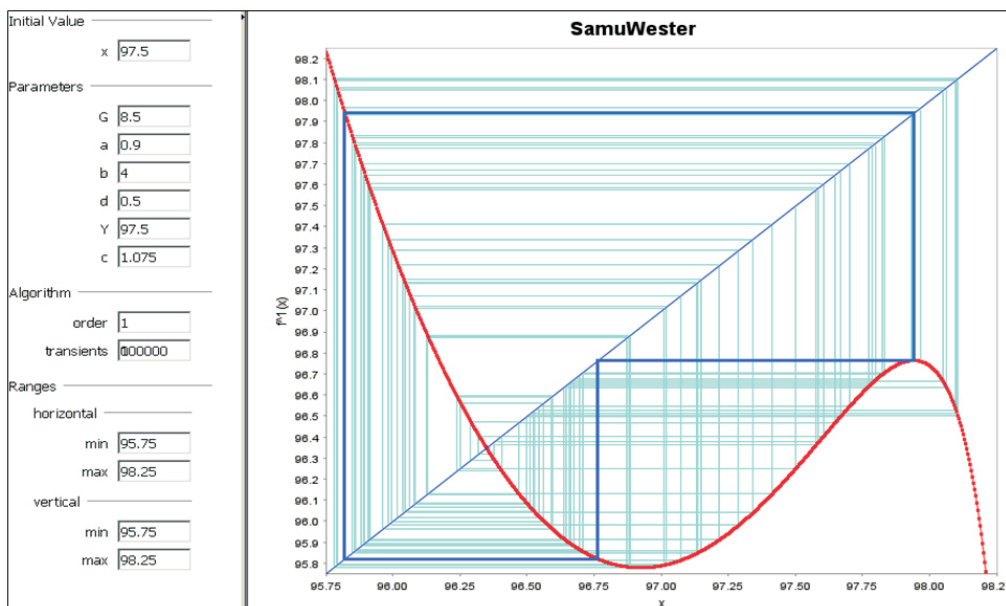
 return x1

end

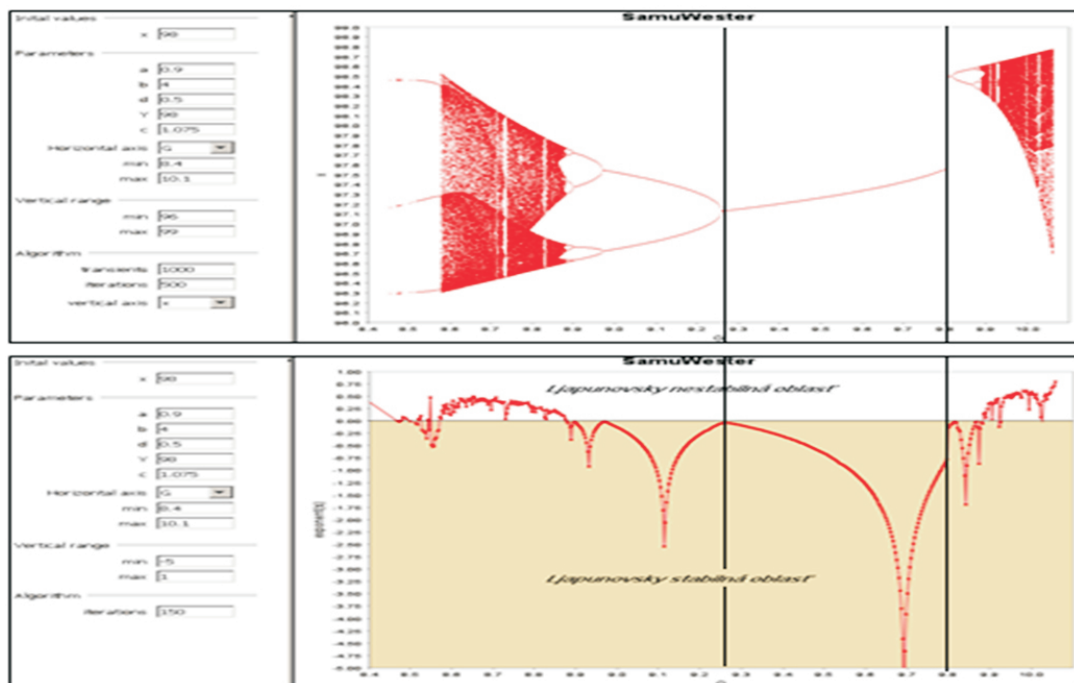
V tomto VirtLabe sme uskutočnili niekoľko experimentov na zviditeľnenie výrazného sklonu mentálneho modelu ku komplexifikácii evolúcie vo virtuálnej realite. Použili sme na to osvedčené rutiny vstavané do iDMC, podobne ako sme to urobili aj v skôr uvedených experimentoch, takže to už nebudem komentovať.

Obr. 30: Deterministický chaos v podobe časovo-krokovej trajektórie



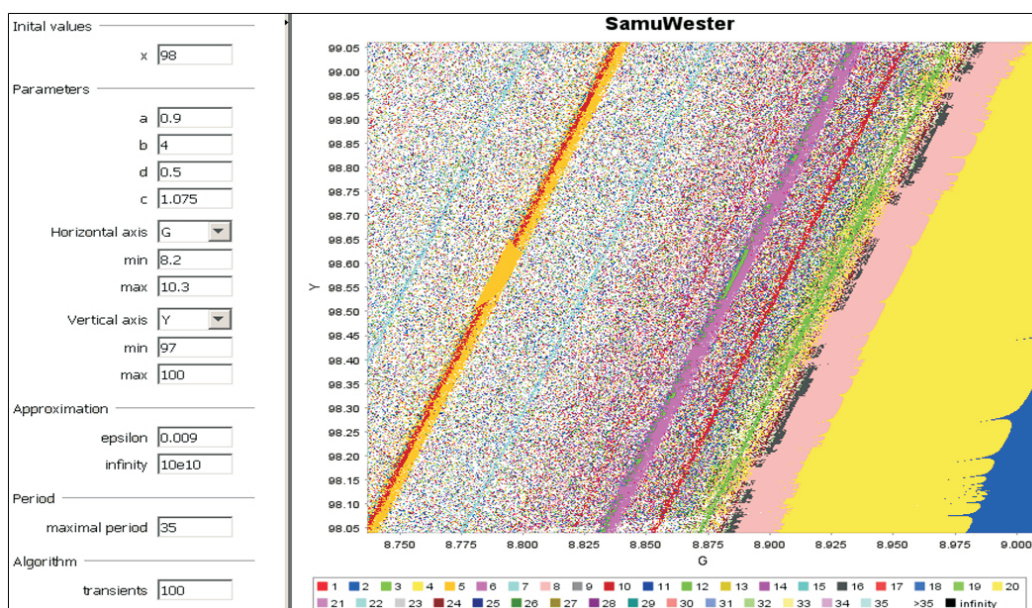
Obr. 31: Sprvu výrazne deterministicky chaotická pavučina sa uzavrela v 3-periódovom cykle

Okrem jednoparametrovej bifurkačnej simulácie sme urobili pokus aj s dvomi parametrami. Bifurkačný portrét označený symbolicky ako $2D_{\text{parameter}}$ je priestor v ktorom je kvázi spojitá množina bodov vyjadrená súradnicami dvoch zvolených parametrov. Na snímke obr. 32 je výsledok simulácie získaný rutinou *Bifurcation* v prostredí iDMC.

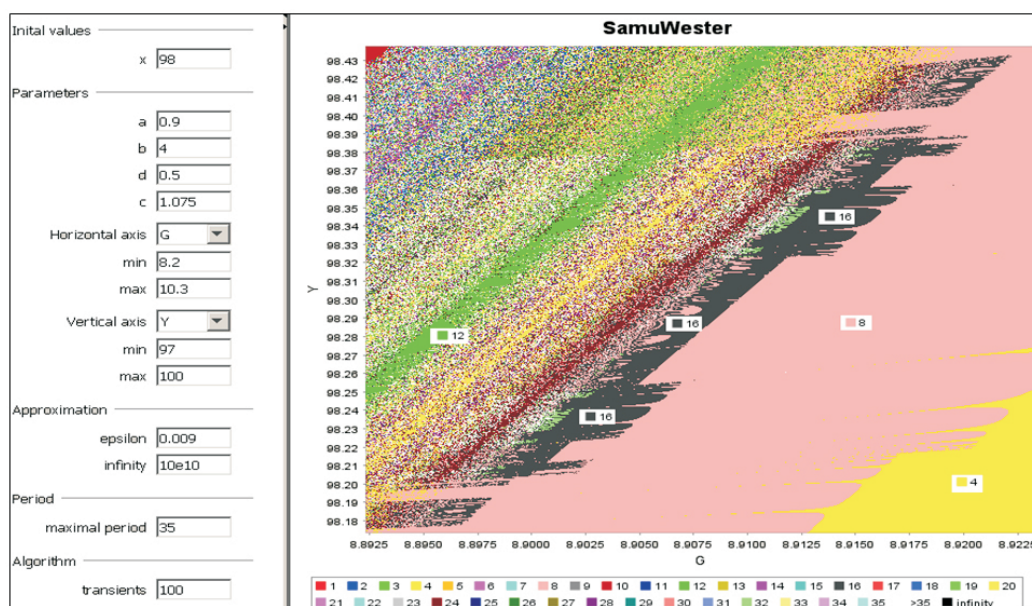
Obr. 32: Porovnanie periód zvoleného parametra v bifurkačnom a v Ljapunovovom portréte

Na snímkach obr. 33-34 predstavujeme možnosti tvorby bifurkačných portrétov s dvoma parametrami. Veľkou výhodou je, že program iDMC umožňuje „mikroskopovanie“ aj pomocou voľby malých obdĺžnikov parameter 1 krát parameter 2. Takto sa dajú s veľkou presnosťou zistiť bifurkačné oblasti, resp. tzv. Arnoľdove jazyky, ktoré ukazujú kvalitatívne bifurkačné vlastnosti analyzovaného modelu, t. j. periodicitu vyskytujúcu sa v rozličných pomeroch medzi dvomi zvolenými parametrami, ako aj početnosť orbit, resp. pomôžu pri zisťovaní tzv. rotačného čísla pri danom pomere medzi hodnotami parametrov.

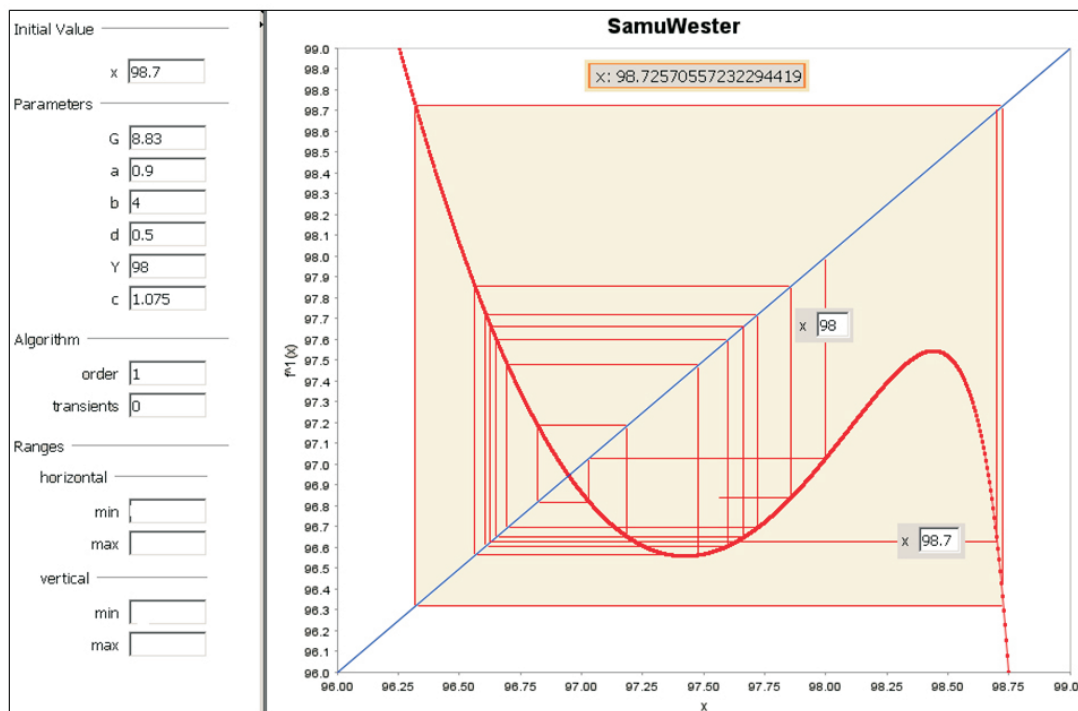
Obr. 33: Snímka bifurkačného portrétu $2D_{parameter} G \times Y$



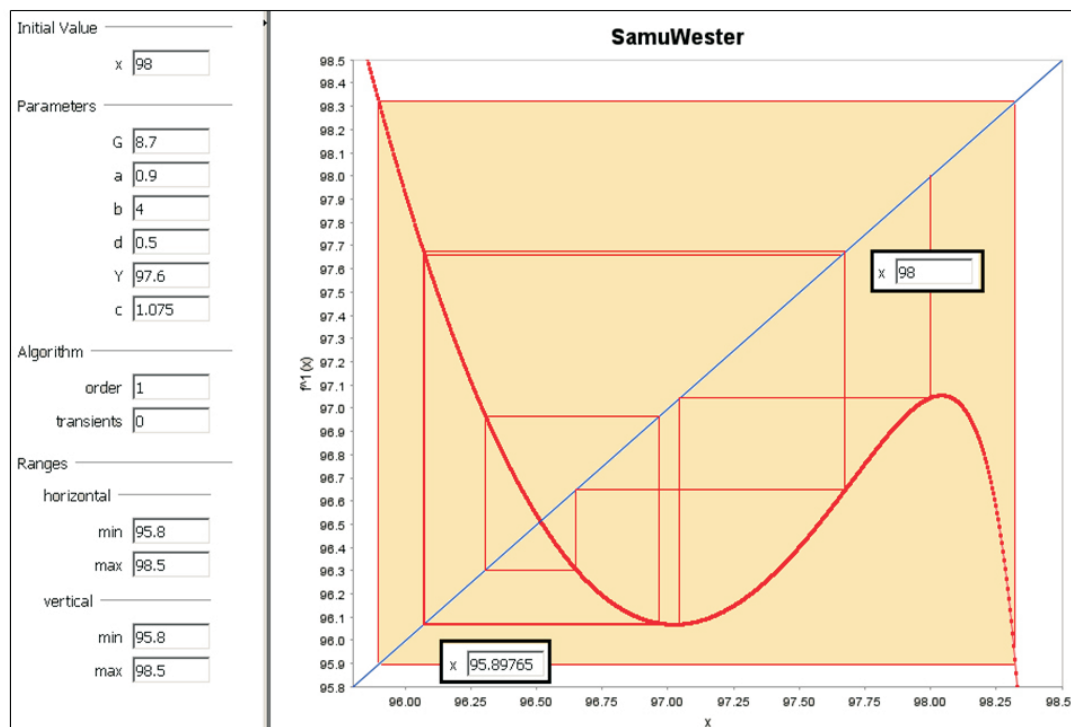
Obr. 34: Zväčšený malý výsek z bifurkačného portrétu na obr. 4

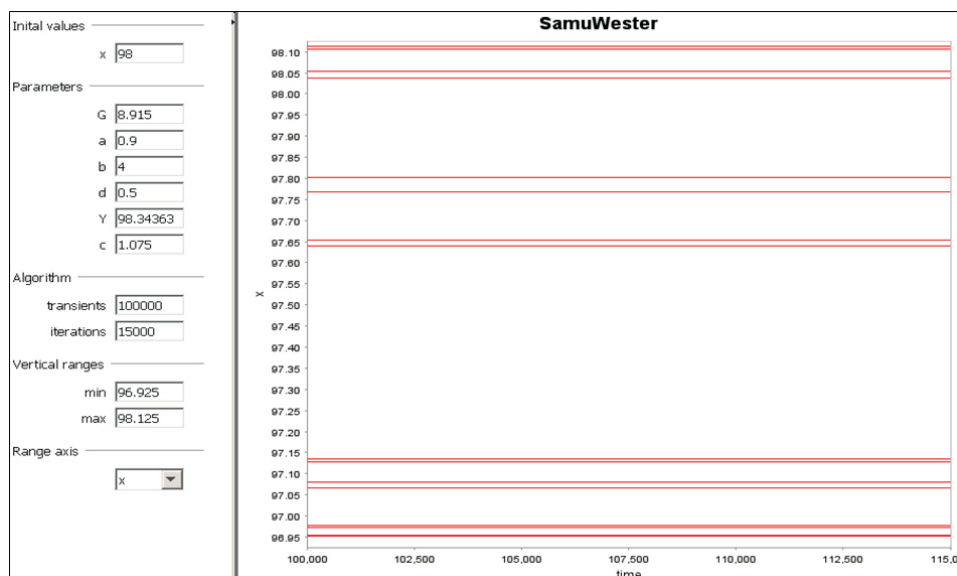
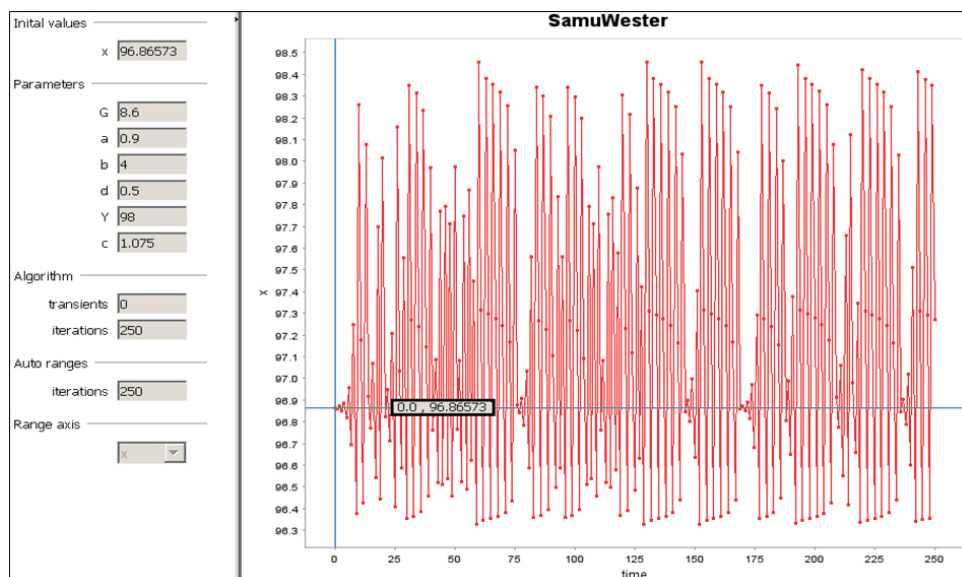


Obr. 35: Pavučinová mapa s vyfarbenou absorpčnou oblasťou



Obr. 36: Pavučinová mapa so zmenenými hodnotami parametrov



Obr. 37: Časovo-kroková trajektória: začiatok vykresľovania po stotisíc krokoch 28 periód**Obr. 38:** Deterministický chaos: iregulárna rezonancia na úrovni fixného bodu

Snímky z experimentovania v modeli W-S, ktorý sme realizovali v prostredí iDMC názorne ilustrujú možnosti zvýšenia efektivity a kvality edukačných procesov nielen v ekonómii ale aj v ďalších predmetoch.

▀ Záver

Novšie dosahované pokroky v IT, pokročilé výsledky v počítačnej inteligencii (CI) aj v skupine kognitívnych vied umožňuje zásadným spôsobom zdokonaľovať edukačné siete v ekonomických vedných odboroch. Medzi novými postupmi a metódami majú osobitnú úlohu virtuálne laboratória, ktorými sa môžu hybridizovať pôvodne homogénne edukačné siete.

Okrem priamych didaktických prínosov hybridných ekonomických sietí je veľkou výhodou, že súčasné softvéry vhodné na tvorbu virtuálnych laboratórií pre ekonomické študijné programy sú ľahko dostupné, veľmi lacné alebo sú dostupné aj bezodplatne. Ich výhodou je aj to, že k práci s nimi postačia minimálne zručnosti v narábaní s výpočtovou technikou a komunikácii v sieťach.

V prvých semestroch štúdia mávajú študenti ťažkosti pri pochopení komplexných dynamických javov, ktoré sa v súčasnom globálnom vedomostnom svete často vyskytujú a konvenčné metódy im v tom nemôžu veľmi pomôcť. V danej situácii prichádzajú študentom na pomoc IT/CI, Internet a spomínané jednoduché softvéry, ako sú Simulink v MATLABE, SWARM, STELLA, iDMC, ako aj ďalšie im podobné softvéry, samozrejme aj tabuľkový procesor Excel, ktorý je medzi ekonómami obľúbený. Študenti majú jednak možnosť experimentovať s mentálnymi modelmi v dodaných virtuálnych laboratóriách, ale najmä môžu konštruovať vlastné zariadenia pre experimentovanie, čo sa napríklad dá ľahko naučiť v Simulinku a v STELLE. Takto sa študent takmer neintencionálne naučí používať popri inštruktívnych metódach poznávania aj metódy konštruktívne. Autor článku osobitne zameriava pozornosť na to, že všetky tieto nové vymoženosti informačného a vedomostného veku sa ešte znásobia v kvalite a efektívnosti, keď sa zapoja či implementujú do edukačných sietí. Tento hybridizačný proces edukačnej siete ekonómie autor demonštruje niekoľkými jednoduchými príkladmi.

V článku sme sa dotkli aj toho, že využívanie nelineárnych dynamických modelov v kvalitatívnej rovine myslenia v ekonómii ale aj v ďalších ekonomických disciplínach, ako napríklad vo financiách, manažmente, v plánovacích disciplínach atď. sa vo svete v ostatných rokoch rýchlo rozvíja. Žiaľ tento proces však zatiaľ na Slovensku medzi ekonómami nevelmi rezonuje a ešte menej sa používa. Aj odborná a vedecká spisba je v danej oblasti iba sporadická, hoci v ostatných niekoľkých rokoch sa predsa len zaznamenal mierny pokrok ale viac v oblasti rutinného opakovania určitých pragmatických postupov prevzatých „krátkou cestou“ z vyspelejšieho zahraničia. Chceli sme tým naznačiť, že na Slovensku zaostávame najmä v tvorbe vlastných autentických riešení s využitím produktov a služieb IT/CI. Pritom však numerické simulácie kvalitatívnych a fenomenologických ekonomických problémov prinášajú významný pokrok v chápaní takých ekonomických javov a procesov, s ktorými si veda klasickými postupmi nevie dosť dobre poradiť. Dnes už máme pomerne lacno k dispozícii viacero veľmi efektívnych a ľahko ovládateľných softvérových systémov, pomocou ktorých môžeme vytvárať virtuálne ekonomické laboratóriá pre experimentovanie s *komplexnými ekonomickými systémami*.

Z našich mnohoročných skúseností s využívaním virtuálnych experimentov v ekonómii a v ďalších ekonomických disciplínach vyplýva poučenie, že treba lepšie a vo väčšej miere používať to čo je v ponuke softvérov bežne dostupné, lacné a ľahko ovládateľné. Príliš sofistikované softvéry komplikujú svojou nevyhnutnou prípravnou fázou študentom ich úsilie a mnohých priamo odrádzajú od používania pokrokových metód získavania poznatkov a vedomostí. Keďže sa mnohé poučky v ekonómii dajú pomerne ľahko formálne naučiť a skúšanie formou vyplňania testov len zriedka vie odhaliť či študent naozaj rozumie do potrebnej hĺbky danú problematiku využívanie metód ktoré ponúka aplikovaná informatika, počítačová inteligencia a kognitívne vedy zostáva mimo pozornosti nielen študentov ale neraz aj ich pedagógov. Toto tiež prispieva k tomu, že edukácia zostáva na inštruktívnej úrovni odovzdávania „hotových“ poznatkov a tak študenti neinklinujú k tvorivej metóde poznávania vlastným konštruktívnym prístupom k úlohe. Patrí sa na úplný záver korektne dodať, že ani IT/CI obohacovanie konvenčných edukačných sietí v ekonomických študijných programoch nemožno považovať za panaceum na všetky neduhy, a ťažkosti v procese ekonomického vzdelávania, ale naše mnohoročné skúsenosti potvrdzujú ich úspešnosť v kvalite aj efektívnosti porozumenia komplexných dynamických procesov.

Použitá literatúra⁶⁾:

- ▴ [1] Allen, P. M. (1988). Dynamic models of evolving systems, *System Dynamics Review*, 4, pp. 109-130.
- ▴ [2] Andrášik, L. (2004). Teória počítačového experimentovania v umelom hospodárstve, *Ekonomický časopis*, 52, č. 8, s. 996.
- ▴ [3] Andrášik, L. (2006). Experience with Digital Story-telling in Social Sciences Education, *Proceedings of the 7th International Symposium on Computational Intelligence*, Hungarian Fuzzy Association, Budapest.
- ▴ [4] Andrášik, L. (2008). Digitálne príbehy v nelineárnych dynamických ekonomikách v diskretnom čase, *Ekonomický časopis*, 56, č. 3, s. 239.
- ▴ [5] Andrasik, L. (2008). Virtual Laboratories as a Medium for Knowledge Acquisition in a Complex Problems, *Proceedings of Virtual university – International conference*, Bratislava, in internet: <http://virtuni.eas.sk/2008/pdf/fid001351.pdf>.
- ▴ [6] Andrasik, L. (2010). Computational Qualitative Economics: Computational Intelligence-Assisted Building, Writing and Running Virtual Economic Theories, in: *Computational Intelligence in Engineering*, I. J. Rudas, J. Fodor, J. Kacprzyk (Eds.), p. 246-261, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- ▴ [7] Arthur, W. B. (1993). On Designing Economic Agents that Behave Like Human Agents, *Journal of Evolutionary Economics* 3, pp. 1-22.
- ▴ [8] Arthur, W. B. (1997). Durlauf, S. N. and Lane, D. A., Eds., *The Economy as an Evolving Complex System, II, Proceedings Volume XXVII*, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Addison-Wesley, Reading, MA,
- ▴ [9] Arthur, W. B., Positive Feedbacks in the Economy, *Scientific American*, p. 92-99, 1990.
- ▴ [10] Coase, R. H. (1940). The Analysis of Producers' Expectations. *Economica*, 7, 280-292.
- ▴ [11] Ezekiel, M. (1938). The Cobweb Theorem. *Quarterly Journal of Economics*, 52, 255-280.
- ▴ [12] Hannon, B., Ruth M. (1997). *Modeling Dynamic Economic Systems*, Springer-Verlag, New York,
- ▴ [13] Luna, F., et all. (1997). *Economic Simulation in SWARM: Agent-based Modelling and Object Oriented Programming*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
- ▴ [14] Hicks, J. R.: *A Contribution to the Theory of the Trade Cycle*, Oxford University Press, Oxford, 1950.
- ▴ [15] Hommes, C. H. (1994). Dynamics of the cobweb model with expectations and nonlinear supply and adaptive demand, *Journal of Economic Behaviour & Organisation*, 24, pp. 315-335.
- ▴ [16] Hommes, C., H. (1995). A reconsideration of Hicks' nonlinear trade cycle model, *Structural Change and Economic Dynamics*, 6, p. 435-59.
- ▴ [17] Lines, M. and Westerhoff, F. (2006). Expectations and the multiplier-accelerator model, forthcoming, in Puu T. and Sushko I., Springer.
- ▴ [18] Medio, A. and Lines, M. *Nonlinear Dynamics: a Primer*, Cambridge University Press, Cambridge. (2001).
- ▴ [19] Mira, C., Gardini, L., Barugola, A., Cathala, J. C.: *Chaotic Dynamics in Two-Dimensional Noninvertible Maps*, series A, vol. 20, World Scientific Publishing, Singapore, 1996.
- ▴ [20] Puu, T., Gardini, L. and Sushko, I.: A Hicksian multiplier-accelerator model with floor determined by capital stock, *Journal of Economic Behaviour and Organization*, forthcoming, 56, p. 331-348, 2004.
- ▴ [21] Puu, T.: The Hicksian trade cycle with floor and ceiling dependent on capital stock, *Journal of Economic Dynamics & Control*, v. 31, p. 575-592, 2007.

6) Do zoznamu literatúry sme zaradili kvôli korektnosti aj autorov, ktorých v článku priamo necitujeme, ale o výsledky ich prác sa v našej vedeckej aj pedagogickej činnosti dlhodobo opierame.

- ▀ [22] Puu, T. (1997). Nonlinear Economic Dynamics, Springer-Verlag, Berlin.
- ▀ [23] Rosser, J. B.: From Catastrophe to Chaos – A General Theory of Economic Discontinuities, 2nd edn, Kluwer Academic Publishers, Boston 2000.
- ▀ [24] Samuelson, P. A.: Interactions between the multiplier analysis and the principle of acceleration, Review of Economic Statistics, 21, p. 75–8, 1939.
- ▀ [25] Thom, R. (1972). Structural Stability and Morphogenesis, W. A. Benjam.
- ▀ [26] Vannini, A. (2005). From mechanical to life causation, Syntropy, Vol. 1, p. 80-105.
- ▀ [27] Zeeman, E. C. (1974). On the unstable behaviour of stock exchanges. Journal of Mathematical Economics 1, s.39–49.
- ▀ [28] Westerhoff, F. H.: Samuelson's multiplier-accelerator model revisited, Applied Economics Letters, 13, p. 89–92, 2006.

prof. Ing. Ladislav Andrášik, DrSc.
Ekonomická univerzita v Bratislave
Dolnozemska 1/b, 852 35 Bratislava
ladislav.andrasik@euba.sk