

Institute of Economic Studies, Faculty of Social Sciences
Charles University in Prague

**Systemy s mnoha
rozhodujícími se jedinci v
teoriích F. A. Hayeka a H.
A. Simona**

Julie Chytilová
Natálie Reichlová

IES Working Paper: 12/2006



Institute of Economic Studies,
Faculty of Social Sciences,
Charles University in Prague

[UK FSV – IES]

Opletalova 26
CZ-110 00, Prague
E-mail : ies@fsv.cuni.cz
<http://ies.fsv.cuni.cz>

Institut ekonomických studií
Fakulta sociálních věd
Univerzita Karlova v Praze

Opletalova 26
110 00 Praha 1

E-mail : ies@fsv.cuni.cz
<http://ies.fsv.cuni.cz>

Disclaimer: The IES Working Papers is an online paper series for works by the faculty and students of the Institute of Economic Studies, Faculty of Social Sciences, Charles University in Prague, Czech Republic. The papers are peer reviewed, but they are *not* edited or formatted by the editors. The views expressed in documents served by this site do not reflect the views of the IES or any other Charles University Department. They are the sole property of the respective authors. Additional info at: ies@fsv.cuni.cz

Copyright Notice: Although all documents published by the IES are provided without charge, they are licensed for personal, academic or educational use. All rights are reserved by the authors.

Citations: All references to documents served by this site must be appropriately cited.

Bibliographic information:

Chytilová, J., N. Reichlová (2006). "Systémy s mnoha rozhodujícími se jedinci v teoriích F. A. Hayeka a H. A. Simona" IES Working Paper 12/2006, IES FSV. Charles University.

This paper can be downloaded at: <http://ies.fsv.cuni.cz>

Systemy s mnoha rozhodujícími se jedinci v teoriích F. A. Hayeka a H. A. Simona

Julie Chytilová
Natálie Reichlová

June 2006

Abstrakt:

Cílem této práce je seznámit čtenáře s ekonomickými přístupy, jež se jako jedny z prvních zabývaly systémy s mnoha nezávisle se rozhodujícími jedinci. Názor, že ekonomický systém je třeba zkoumat na základě poznání jeho základních jednotek, se v ekonomii objevoval již od samých počátků. Dvěma osobnostmi, které principy uplatňované v multiagentních systémech vtělily do svých děl ještě před tím, než bylo možné s nimi pracovat pomocí umělé inteligence, byli Friedrich A. Hayek a Herbert A. Simon. Tato práce dává myšlenky těchto dvou významných vědců do kontextu se současnými přístupy, které využívají ke zkoumání ekonomických systémů umělou inteligenci a identifikuje společné principy a přístupy.

Klíčová slova: Hayek, Simon, multiagentní systém, komplexní systém

Abstract:

The aim of this paper is to introduce roots of multi-agent approaches in economic theory. From the beginning, the opinion that economic system should be investigated on the basis of comprehension to its basic units was expressed by many scientists. Friedrich A. Hayek and Herbert A. Simon are two important scientists who may be designated as predecessors of multi-agent modeling. They incorporated similar principles as applied by multi-agent system approaches into their works before it was possible to deal with these principles through artificial intelligence. This paper links ideas of Hayek and Simon with multi-agent modeling, common principles and ideas are identified.

Keywords: Hayek, Simon, multi-agent system, complex system

JEL: B31, P00

Acknowledgements:

Financial support from the IES (Institutional Research Framework 2005-2010, MSM0021620841) is gratefully acknowledged.

1. Úvod

Realita je ve společenských vědách a ekonomii často chápána jako komplexní systém. Arthur, Durlaf a Lane ve své knize „Ekonomika jako vyvíjející se komplexní systém“¹ charakterizovali komplexitu pomocí množiny rysů, které by měl tento systém splňovat. Systém je charakterizován:

- a) Rozptýlenými interakcemi mezi heterogenními jedinci, kteří mezi sebou navzájem jednají na určitém místě.
- b) Neexistencí globálního regulátora, který by využíval všechny příležitosti nebo interakce v ekonomice, i když mohou existovat slabé globální interakce.
- c) Hierarchickým uspořádáním s mnoha spletími vlivy a vzájemným transversálním působením.
- d) Postupným přizpůsobováním skrze učící se a vyvíjející se jedince.
- e) Neustálými inovacemi, které vznikají tím, jak nové trhy, technologie, chování a instituce vytváří nová zákoutí systému.
- f) Nerovnovážnou dynamikou s žádným či mnoha rovnovážnými stavy a systémem, který se pravděpodobně nebude nacházet v blízkosti globálního optima.

V této charakteristice je zdůrazněna existence mnoha jedinců. Ekonomický systém lze považovat za jeden z příkladů komplexních systémů. Je založen na mnoha rozptýlených interakcích mezi heterogenními jedinci – firmami a spotřebiteli. V reálné ekonomice

¹ Arthur, Durlaf a Lane (1997)

neexistuje globální regulátor, firmy a spotřebitelé se neustále učí a přizpůsobují a na trhu dochází k neustálým inovacím.

Výpočetní a evoluční ekonomie jsou dvě v současnosti silně rozvíjené oblasti ekonomie, které spojují sociálně vědní a ekonomické přístupy vycházející z komplexních systémů a přístupy umělé inteligence rozvíjené v multiagentních systémech.

Mezi klasiky ekonomické vědy je komplexní přístup založený na nezávisle se rozhodujících jedincích nejvíce patrný zřejmě u Friedricha A. Hayeka a Herberta A. Simona. Cílem této práce je uvést čtenáře do problematiky multiagentních systémů a poukázat na vazby některých myšlenek F.A. Hayeka a H.A. Simona k současným přístupům využívajícím umělou inteligenci. Rozbor děl těchto osobností přináší zajímavé poznatky o tom, že vznik ekonomie využívající distribuované umělé inteligence, je přirozeným vyústěním myšlenek těchto a dalších ekonomů. Již dávno před možností vytvářet modely pomocí umělé inteligence, ožívaly tyto systémy alespoň v myslích Hayeka a Simona.

2. Friedrich A. Hayek

Friedrich A. Hayek byl významnou postavou ekonomické vědy a jeho dílo je již po generace inspirací pro vědce a filozofy. V současnosti je jeho jméno spojováno i s nově se rozvíjející oblastí ekonomické teorie – počítačovým modelováním ekonomických systémů. Jednou z Hayekových myšlenek je to, že ekonomický systém by měl být zkoumán zdola.

Hayek ve svých dílech zdůrazňuje nutnost nazírat na tržní hospodářství jako na decentralizovaný systém tvořený vzájemně se ovlivňujícími jednotlivci. V knize „Individualism and Economic Order“ píše: „Není jiné cesty k porozumění společenským jevům než přes naše porozumění činům jednotlivců, které jsou orientovány na ostatním lidi a řízeny podle jejich očekávaného chování.“² Ohrazuje se především proti kolektivistickým teoriím, které tvrdí, že jsou schopny porozumět sociálním celkům přímo, nezávisle na jedincích, kteří je tvoří. Zároveň vystupuje i proti opačnému extrému, tedy přesvědčení, že vše, čeho člověk dosáhne, je přímým výsledkem individuálního rozumu, jemuž je proto podřízen.³

Hayek také rozpracoval téma rozptýlených interakcí mezi jednotlivci. Za základ uvažování o společnosti považuje skutečnost, že žádný člen lidské společnosti nemůže znát

² Hayek, 1949, str.6

³ Hayek, 1949, str.6

více než nepatrnou část celé společnosti, a proto vše, co vstupuje do jeho rozhodování, jsou bezprostřední výsledky, které bude jeho jednání mít v okolí jemu nejbližším.⁴ Tento přístup staví do kontrastu s předpokladem dokonalé informovanosti, který je využíván při tradiční analýze rovnováhy. „Jakýkoli přístup (jako například většiny matematické ekonomie s jejími simultánními rovnicemi), který ve skutečnosti začíná od předpokladu, že znalosti lidí odpovídají objektivním faktům, systematicky vypouští to, co je naším hlavním úkolem vysvětlit.“⁵

Hayek rozlišoval dva typy znalostí. Zaprvé znalosti, které nazývá vědeckými, jež mohou být předány nějaké instituci či orgánu. Druhým typem jsou vědomosti vázané na konkrétní místo a čas, které Hayek nazývá neuspořádané znalosti.⁶ Tyto znalosti rozptýlené mezi jednotlivce dávají každému jedinci výhodu oproti všem ostatním. Jedině on je totiž schopen využít příležitostí, které v sobě nesou.

Tento princip je využit v modelech komplexních systémů. Jedinci na rozdíl od klasického rovnovážného přístupu nemají dokonalé informace o všech dějích v systému. Jejich znalosti jsou závislé na lokálních interakcích s ostatními jedinci.

Na analýze rozptýlení informací ve společnosti staví Hayek také svou argumentaci o nemožnosti existence globální instituce, která by byla schopna využít všechny příležitosti v ekonomice tak, jak jsou toho schopni samostatně jednající lidé. Znalosti využívané jednotlivci nelze z jejich postaty žádným způsobem shromáždit a předat centrální autoritě, která by je mohla využít pro řízení systému. Proto centrální autorita, která se pokusí řídit systém, bude vždy nedokonale informována a nebude schopna zužítkovat existující příležitosti.

V knize „Právo, zákonodárství a svoboda“ Hayek polemizuje s karteziánským konstruktivismem, který za racionální jednání považuje pouze takové jednání, které je plně determinováno známou a prokazatelnou pravdou. V karteziánském konstruktivismu jsou tak všechny společenské instituce považovány za vědomý výtvar. Tento deduktivní přístup ke společnosti ostře kontrastuje s Hayekovým induktivním pohledem na vývoj společnosti. Podle něj jsou mnohé společenské instituce výsledkem zvyků, obyčejů nebo postupů, které nebyly vědomě vymyšleny, ale vyvinuly se procesem selekce, která probíhala po generace.

⁴ Hayek, 1949, str.14

⁵ Hayek, 1949, str.91

⁶ Hayek, 1949, str.80

„Kulturní dědictví, do kterého se člověk rodí, sestává z komplexu postupů nebo pravidel chování, které převládly, protože přivedly skupinu lidí k úspěchu, které však nebyly přijaty proto, že by bylo známo, že by mohly žádané výsledky přinést. Člověk jednal dříve než myslel a nechápal dříve než jednal.“⁷

Podobný vývoj chtějí modelovat systémy využívající umělou inteligenci. Jedincům nejsou dána striktní pravidla chování. Oni sami podle úspěšnosti jednotlivých pravidel a strategií vybírají takové postupy, které vedou k nejlepším výsledkům. Nehledají univerzální všeobecně platné pravidlo, ale řídí se metodou, která se osvědčila v daném prostředí při daných podmínkách.

Jednou z možností, jak do multiagentních systémů zavést adaptivní chování, je využití metody, kterou představil John H. Holland⁸. Jedná se o tzv. klasifikační systém, což je indukční učící se systém založený na množině jednoduchých logických pravidel, která se nazývají klasifikátory. Každé pravidlo má strukturu: „POKUD <podmínka> POTOM <akce>“. Zároveň je jedinec schopen i určitého druhu abstrakce – je schopen využít dané pravidlo i tehdy, pokud se nastalá situace shoduje s podmínkovou částí jen v určitých znacích, které jedinec pokládá za významné.

Hayek také na adaptivní chování nahlížel v termínech „POKUD.....POTOM....“.

„Kdykoli nějaký typ situace vyvolá v jednotlivci dispozici k určitému vzorci odpovědi, základní vztah, který je označován jako „abstraktní“, je přítomen. Nemůže být pochyb o tom, že zvláštní schopnosti centrálního nervového systému spočívají přesně ve faktu, že jednotlivé stimuly nevyvolávají přímo jednotlivé odpovědi, nýbrž umožňují určitým třídám nebo uskupením stimulů připravit určité dispozice ke třídám jednání, a že až navrstvení mnoha takovýchto dispozic specifikuje konkrétní jednání, které z toho vyplývá.“⁹ Hayek považuje právě schopnost abstrakce za nejpodstatnější výsledek adaptace na okolní prostředí, na neznalost naprosté většiny faktů v našem okolí. Umění zobecňovat je základem pro pohyb ve světě, jenž je nám velmi nedokonale znám.

Přežití v komplexním prostředí, jež nelze v jeho složitosti postihnout a poznat v rámci jediné mysli, řeší jednotlivci pomocí učení se ze zkušeností. Úspěšná pravidla chování získaná dlouhou řadou pokusů a omylů umožňují přežití. Výsledkem vývoje těchto postupů nemusí být konkrétní artikulovaná znalost, nýbrž znalost, kterou je jedinec schopen

⁷ Hayek, 1994, str.26

⁸ Holland, 1975

⁹ Hayek, 1994, str.34,35

aplikovat prakticky. Mysl tak konkrétní pravidla nevytváří, ale sama je vedena pravidly, která byla vybrána proto, že jednání podle nich se ukázalo prospěšnější než podle jiných pravidel.

Základní charakteristikou komplexních adaptivních systémů je to, že jejich globální vlastnosti nemohou být jednoduše odvozeny z charakteristik individuálních jednotek systému. I když je každá jednotka ve své podstatě jednoduchá, chování systému jako celku i individuálních jedinců může být značně složité. Komplexní systém není totožný s chaotickým systémem. Obecně má komplexní systém tendenci vyvíjet se směrem od obou extrémů – úplné nahodilosti na straně jedné a absolutního řádu na straně druhé.¹⁰

Řád je jedním z hlavních témat, kterými se Hayek zabýval v první části díla „Právo, zákonodárství a svoboda“. Řád definoval jako takový stav věcí, v němž se velký počet prvků různých druhů má k sobě navzájem tak, že znalost nějaké prostorové nebo časové části celku nám umožňuje vytvářet správná očekávání týkající se zbytku, nebo alespoň očekávání, která mají dobrou pravděpodobnost, že se ukáží jako správná.¹¹

Hayek odlišoval dva typy řádu – kosmos (spontánní řád) a taxis (vytvořený řád). Spontánní řád může dosáhnout jakéhokoliv stupně složitosti, protože není omezen tím, co může zvládnout lidská mysl. Další zajímavou vlastností spontánních řádů je skutečnost, že přetrvávají, i když se mění prvky nebo počet prvků, které obsahují.

Jaké faktory určují výsledek spontánního vytváření nějakého uspořádání? „Určitý způsob, kterým se bude výsledný abstraktní řád projevovat, bude záviset, kromě pravidel, která působení prvků řídí, na počátečním postavení prvků a na všech jednotlivých okolnostech nejbližšího prostředí, na něž bude každý z nich během utváření tohoto řádu reagovat. Řád bude jinými slovy adaptací na značný počet jednotlivých faktů, která ve svém celku nejsou nikomu známa.“¹²

Hayek také připomíná, že ne všechna pravidla, která sledují jednotlivci ve svých reakcích na okolí, povedou ke spontánnímu uspořádání. Některá jednoduchá pravidla naopak vytváří stav „dokonalého chaosu“. Systémy využívající umělou inteligenci jsou založené na výběru pravidel chování, která jsou v daném prostředí subjektivně optimální pro fungování každého z jedinců. Vznik řádu bude záviset na tom, jaká jsou pravidla, která každý z jedinců vybere pro sebe jako optimální. „Ve společenském řádu konkrétní okolnosti, na které bude každý jednotlivec reagovat, budou ty, které jsou známy. Avšak jednotlivé

¹⁰ Kochugovindan, Vriend, 1998

¹¹ Hayek, 1994, str. 43

¹² Hayek, 1994, str.46

odpovědi na konkrétní okolnosti povedou ke vzniku celkového řádu jen tehdy, jestliže se jednotlivci podřizují takovým pravidlům, která budou řád produkovat...K tomu, aby výsledkem byl určitý celkový řád stačí, aby reakce jednotlivců na události v jejich okolích byly podobné pouze v jistých abstraktních ohledech.¹³

Kromě spontánního řádu existují v ekonomice uměle vytvořené organizace. Tyto dva typy řádu se liší druhem pravidel, která využívají. Pravidla a příkazy, které využívají organizace, slouží konkrétním výsledkům, kterých chtějí dosáhnout ti, kteří organizaci řídí. Naopak pravidla, která určující spontánní řád, by měla být na účelu nezávislá.¹⁴

Systém realizovaný pomocí počítačového modelování je tvořen dvěma typy pravidel – spontánními a vytvořenými. Jedincům je řečeno, jaký je jejich cíl, jakou proměnnou či skupinu proměnných mají sledovat a optimalizovat. Na druhou stranu způsob, jakým tohoto zadaného cíle dosáhnou, je již plně ponechán na nich. Mohou využít všechny lokálně dostupné informace a přizpůsobovat své jednání získaným zkušenostem a konkrétním podmínkám. Porovnejme s Hayekem, který píše: „To, že i řád spočívající na vytvořených pravidlech může být spontánního charakteru, se ukazuje na faktu, že jeho jednotlivé projevy budou vždycky záviset na mnoha okolnostech, které tvůrce takovýchto pravidel neznal a nemohl znát. Jednotlivý obsah řádu bude záviset na konkrétních okolnostech známých jen jednotlivcům, kteří se pravidlům podřizují a používají je na fakta známá jenom jim. Výsledný řád bude determinován právě prostřednictvím znalostí, jimiž jednotlivci disponují, a které se týkají jak pravidel, tak konkrétních faktů.“¹⁵

Od uvědomělé organizace v Hayekově pojetí se naprogramovaný systém s umělou inteligencí jednotlivých aktérů liší tím, že jedincům není řečeno, jaký by měl být jejich společný cíl. Pravidelnosti, které pozorujeme v těchto systémech mají charakter spontánního uspořádání, nejde o organizaci vzniklou na základě pravidel daných shora.

Díky novým příležitostem, které v ekonomice neustále vznikají, se systémy pohybují téměř neustále mimo rovnovážný bod. V každém okamžiku je možné nalézt ještě lepší uspořádání. Také Hayek v knize „Individualism and Economic Order“ píše: „...ekonomické otázky vyvstávají vždy a pouze v důsledku změny... a jsou především otázkou rychlého přizpůsobení změnám, které se odehrávají na konkrétním místě v konkrétním čase.“¹⁶

¹³ Hayek, 1994, str.49-50

¹⁴ Hayek, 1994, str. 53

¹⁵ Hayek, 1994, str. 51

¹⁶ Hayek, 1949, str.82, 83

Rovnováha, jíž se systém blíží, je relativní vzhledem ke znalostem, kterými jednotlivci disponují.

3. Herbert A. Simon

Herbert A. Simon je jedním z hlavních zástupců vývoje vědy v oblasti komplexních systémů. Jeho příspěvky se váží k mnoha oborům (byl především odborníkem na výpočetní techniku, umělou inteligenci a psychologii), ale vždy je spojuje snaha vyvinout teorii komplexních systému, ať už ekonomických, sociálních či politických. Tak jako je prostředí, v němž se jedinci vyskytují, komplexním systémem, je i Simonův přístup k vědě komplexní. Jeho teorie jsou často postaveny na základech ze sociologie či psychologie a čtenáři jsou nabídnuty oživující paralely z fyziky či astronomie. V tomto multioborovém přístupu však můžeme nalézt sjednocující prvek, kterým je rozhodující se jednatlivec.

Simon se jasně vymezuje proti neoklasickému pojetí rozhodujícího se jedince. Neoklasická ekonomie uvažuje racionálního rozhodovatele s dobře uspořádanými preferencemi a dokonalými výpočetními schopnostmi. V tom spatřuje Simon hlavní slabinu tohoto přístupu. Domnívá se, že je třeba tento neadekvátně zjednodušující koncept zrevidovat a navrhuje řešení v podobě omezené racionality. Racionalitu v klasickém pojetí (substantivní) nahrazuje chováním, které je také racionální, ale současně je v souladu s omezeným přístupem rozhodujícího se jedince k informacím a s jeho omezenými výpočetními schopnostmi, to vše v prostředí, v němž se tento jednatlivec nachází. Právě komplexnost tohoto prostředí (tj. množství informací a vzájemných interakcí) vede k vnitřním omezením, která pramení z nedokonalých schopností rozhodovatele. Naproti tomu neoklasická ekonomie uvažuje pouze omezení vnější, která jsou daná prostředím. Lidé si proto v reálném světě, který je komplexním systémem, své rozhodování zjednodušují a snaží se aproximovat nejlepší možný výsledek v rámci rozhodovacího modelu, který má „zvládnutelné“ rozměry.¹⁷

Předpokládáme-li, že výpočetní schopnosti a znalosti rozhodujícího se jedince jsou neomezené, pak není třeba rozlišovat mezi světem skutečným a světem, jak ho tento jedinec vnímá, oba dva světy jsou totožné. Navíc, je-li nám známa užitková funkce racionálního jedince, jsme schopni předpovědět volbu, kterou učiní, a to pouze na základě znalostí o skutečném světě a bez jakékoli znalosti o vnímání světa či jeho výpočetních postupů. Pokud

¹⁷ Simon, 1955

naopak předpokládáme, že jak znalosti, tak výpočetní schopnosti jsou do jisté míry omezené, musíme rozlišovat mezi skutečným světem a světem, jak ho jedinci vnímají. To znamená, že je třeba zabývat se procesem rozhodování, který neoklasická ekonomie úplně pomíjí. Racionální jedinec vždy dosáhne rozhodnutí, které je objektivně (substantivně) nejlepší z hlediska dané užtkové funkce. Jedinec s omezenou racionalitou se rozhoduje nejlépe za jemu dostupných znalostí a výpočetních schopností (procedurální racionalita).¹⁸

Myšlenku omezené racionality navrhuje Simon začlenit do mikroekonomické teorie a tím tuto teorii více přiblížit skutečnému chování jednotlivců. „Dnes jsou studenti ekonomie vybaveni ekonometrickými nástroji, které jim slouží při řešení empirických otázek. Je třeba je také seznámit s nástroji laboratorního experimentu a zkoumání procesu rozhodování v terénu. S takovými nástroji bude možné rychleji porozumět tomu, jak lidé při rozhodování používají omezenou racionalitu, a uplatnit toto porozumění při reformulování ekonomických teorií tak, aby byly v užším kontaktu s reálným světem.“¹⁹

Protože v neoklasickém světě jsou jedinci racionální, vybírají si za všech okolností takovou akci, před níž není žádná z dalších dostupných akcí preferována. Ve světě neoklasických jedinců, jimž jsou přisuzovány výpočetní schopnosti, kterými však v reálném světě nemohou disponovat, by šachy byly naprosto nezajímavou hrou. Šachy se v reálném světě hrají proto, že lidské výpočetní schopnosti (ale i schopnosti moderních počítačů) nejsou dostatečné na to, aby zvládly obsáhnout všechny možné kombinace, které tvoří komplexní strom této hry.²⁰

Svůj důraz na studování rozhodovacího procesu a podstaty omezení, která jsou dána samotnými jedinci, nikoli pouze prostředím, vysvětluje Simon pomocí výstižné paralely s lahví a tekutinou. Představme si, že chceme nalít určitou tekutinu do lahve o nepravidelném tvaru. Jaké znalosti potřebujeme k tomu, abychom byli schopni určit výsledek, tj. jakého tvaru nabude tekutina v lahvi? Nebudeme-li s lahví pohybovat a zajímáme-li se pouze o chování v rovnovážném stavu, nepotřebujeme o tekutině znát téměř žádné dodatečné informace. Jediným předpokladem je, že tekutina se pod gravitační silou usadí v lahvi tak, aby výška hladiny byla minimální. S tímto předpokladem a dokonalou znalostí prostředí (tj. tvarem lahve) je rovnovážný stav jednoznačně určen. Rovnováha pro dokonale se přizpůsobující

¹⁸ Simon, 1986

¹⁹ Simon, Egidi, Marris and Viale, 1992

²⁰ Hahn, 1991

organismus závisí pouze na jeho cíli (účelové funkci) a prostředí (omezení daná prostředím) a je naprosto nezávislá na jeho vnitřních omezeních (vlastnostech). Pokud však s lahví, do níž tekutinu naléváme, budeme hýbat, nebo bude-li nás zajímat chování tekutiny před tím, než dosáhne rovnováhy, museli bychom znát podstatně více informací, které se týkají tekutiny samotné. Další dodatečné informace bychom potřebovali v případě, kdy by se v prostředí nejen měnily stávající veličiny (tvar a poloha lahve v prostoru, gravitační síla), ale navíc by přibýly další veličiny (např. by začaly působit jiné síly než gravitační). Zajímáme-li se o chování organismu v komplexním nebo rychle se měnícím prostředí, nestačí nám znát pouze jeho účelovou funkci a vnější omezení, potřebujeme znát také jeho vnitřní strukturu a přizpůsobovací mechanismy.²¹

Za nástroj, který nám na mikroekonomické úrovni alespoň částečně umožňuje zachytit komplexnost systému, což by nebylo možné za použití standardních analytických metod, považuje Simon metodu simulace. Zde však Simon zdůrazňuje fakt, že ani touto metodou nejsme schopni uchopit všechny složky reality a musíme stále přemýšlet, které z proměnných systému vybrat a zapracovat do modelu, jenž by měl být zjednodušený na takovou úroveň, aby mohl poskytovat smysluplné odpovědi na otázky, jež si klademe.²²

Na obecnější úrovni považuje Simon za jeden z hlavních nástrojů, který nám při studiu komplexních systémů může pomoci, modelování. Ani modelováním však nelze absolutně postihnout komplexnost zkoumaného systému. Protože skutečný svět je natolik komplexní, že ani nejlepší počítače nejsou schopny pojmout všechny jeho složky, je třeba model přizpůsobit daným výpočetním schopnostem. Příroda vytváří systémy, jejichž komplexnost leží daleko za schopnostmi těch nejvýkonnějších počítačů. I v tak jasně dané hře, jakou jsou šachy, čelíme číslům v řádu 10^{12} . Na tak vysoká čísla často nestačí ani naše představivost, určitě však leží za hranicí našich výpočetních schopností. Simon navrhuje tři hlavní metody možného zjednodušení modelu – zahrnutí podstatného, uvědomění si hierarchické struktury a agregaci. Především musíme oddělit zásadní od nepodstatného a pouze to zásadní zahrnout do modelu. Tento postup z pochopitelných důvodů aplikují při modelování všichni ekonomové. Bez zjednodušení by model nebyl modelem, ale pouhým popisem reality, který však většinou také nemůže být dokonalý. Je však třeba si uvědomit rozdíl v tom, co kteří ekonomové považují za ony podstatné složky, které je do modelu třeba zahrnout. Další možností, jak naložit s komplexností, je uvědomění si hierarchické struktury systému. Důležitou vlastností

²¹ Simon, 1959

²² Simon, 1960

hierarchicky uspořádaných systémů je, že chování jednotek nacházejících se na určité úrovni je možné popsat a vysvětlit bez toho, abychom měli detailní znalost struktury a chování na nižších úrovních. Navíc spolu obvykle s nejvyšší intenzitou interagují ty nejbližší jednotky. Můžeme je proto uspořádat do shluků s vysokou mírou interní interakce, ale s nízkou frekvencí interakcí mezi jednotlivými shluky. Budeme-li pak brát každý shluk jako nezávislou jednotku, můžeme nahradit detailní popis shluku několika vlastnostmi, které jsme získali metodou agregace.²³

Pokud bychom srovnali Simonův pohled na komplexní systémy s charakteristikou Arthura, Durlafa a Lanea²⁴ uvedenou v úvodu této práce, našli bychom ve většině bodů četné paralely:

- 1) *Systém je charakterizován rozptýlenými interakcemi mezi heterogenními jedinci, kteří mezi sebou navzájem jednají na určitém místě.*

Simon nepoužívá přímo termínu „heterogenní jedinec“, jeho vnímání složek komplexního systému je však velmi obdobné. Oblastí, kterou se Simon zabývá především, je rozhodování jednotlivce. Místo „heterogenních jedinců“ se tak ve většině jeho článků čtenář setkává s „rozhodujícími se jednotlivci“, popřípadě obecně s „organismy“. Jednou ze základních Simonových tezí, jak již bylo řečeno, je existence vnitřních omezení tohoto organismu, kterými jsou například omezené výpočetní schopnosti. Proto je třeba zabývat se nejen výsledkem, ale především procesem rozhodování, který se odehrává uvnitř organismu. Rozhodující se jednotlivci se na základě svých individuálních schopností rozhodují rozdílně, jsou tedy heterogenní.

Interakce mezi jednotlivci vnímá Simon jako jev, který přispívá ke komplexnosti systému. Skupinu osob je podle Simona možno charakterizovat podle čtyř základních proměnných, kterými jsou intenzita interakcí mezi členy, úroveň přátelských vztahů (friendliness) mezi členy, množství aktivity vykonávané členy v rámci skupiny a množství aktivity členů v rámci skupiny, za situace, kdy jsou k této aktivitě motivováni pouze vnějším prostředím. Protože se proměnné váží k většímu množství členů skupiny, používá Simon již výše zmíněnou metodu agregace. První tři proměnné jsou endogenní a čtvrtá proměnná exogenní. Intenzita interakcí se zvyšuje s růstem úrovně přátelských vztahů a mírou aktivit

²³ Simon, 1990

²⁴ Arthur, Durlaf a Lane, 1997

vykonávaných ve skupině. Míra přátelských vztahů se zvýší, pokud je intenzita interakcí vyšší než odpovídá existujícím přátelským vztahům. V situaci, kdy spolu členové skupiny musí být více v kontaktu, se zlepšují vzájemné vztahy. Naopak, jsou-li členové skupiny, v níž panují dobré přátelské vztahy pouze v řídkém kontaktu, dochází ke snížení úrovně přátelských vztahů. Množství aktivity vykonávané skupinou poroste, pokud bude míra přátelských vztahů vyšší než jí odpovídající existující množství aktivity. Dále se bude aktivita zvyšovat v situaci, kdy bude množství aktivity požadované od skupiny z vnějšího prostředí přesahovat existující množství aktivity. Z výše popsaných vztahů mezi proměnnými lze odvodit koeficienty, kterými lze popsat hlavní charakteristiky skupiny. Koeficienty, které udávají jednak intenzitu interakcí na jednotku přátelských vztahů za nepřítomnosti jakékoliv aktivity ve skupině, jednak intenzitu interakcí na jednotku aktivity ve skupině za nepřítomnosti přátelských vztahů, nazývá Simon „koeficienty vzájemné závislosti“. Koeficient udávající množství aktivity na jednotku přátelských vztahů za nepřítomnosti vnějších vlivů (požadavků na aktivitu) je Simonem nazýván „koeficientem spontánnosti“. Konečně koeficient měřící míru přátelských vztahů vzhledem k jednotkové intenzitě interakcí je nazván „koeficientem sympatie“. Simon dále ukazuje, jaký dopad mají proměnné a vztahy mezi nimi na stabilní existenci či rozpad skupiny a to jak při lineárních, tak při nelineárních vztazích.²⁵

2) *Systém je charakterizován neexistencí globální regulátora, který by využíval všechny příležitosti nebo interakce v ekonomice, i když mohou existovat slabé globální interakce.*

3) *Systém je charakterizován hierarchickým uspořádáním s mnoha spleťnými vlivy a vzájemným transversálním působením.*

Podle Simona má většina existujících systémů hierarchickou strukturu, evoluce přirozeným výběrem je pro jiné než hierarchicky uspořádané systémy jen ztěží možná. Podstata hierarchické struktury systémů byla již zmíněna u Simonova přístupu k metodám modelování.

4) *Systém je charakterizován postupným přizpůsobováním skrze učící se a vyvíjející se jedince.*

Veškeré učení se podle Simona odehrává uvnitř jednotlivce. Organizace se učí dvěma cestami: jednak učením se jejích členů, jednak přijetím nového člena s novými znalostmi. Může existovat závislost mezi znalostmi jednotlivých členů organizace. Podstatnou složkou

²⁵ Simon 1952

učení organizace je interní učení, tj. transmise informací mezi jednotlivými členy. Zde také Simon nahlíží jeden ze základních principů současných multiagentních systémů, totiž že interakce mezi jedinci mohou vést k výsledku, který bychom u nich jakožto jednotlivců nemohli pozorovat. „Lidské učení se v kontextu organizace je významně ovlivněno organizací, současně ovlivňuje organizaci a dává vzniknout jevům, které bychom nemohli identifikovat pozorováním procesu učení izolovaného jednotlivce. Mým úkolem je ukázat, jak tyto důsledky a jevy vznikají na základě faktu, že lidská racionalita je ve světle komplexnosti každodenního života omezená.“²⁶

Učení se ve formě reakce na důsledky předchozích rozhodnutí je způsobem, jakým se projevuje racionalita.²⁷

5) *Systém je charakterizován neustálými inovacemi, které vznikají tím, jak nové trhy, technologie, chování a instituce vytváří nová zákoutí systému.*

Také Simon vnímá inovace jako součást komplexního systému, kterou nelze dopředu předvídat, zabývá se však především tím, zda má objevitelský proces nějaké zákonitosti či nikoliv. Jeho definice kreativity (objevu, vynálezu) je postavena na faktu, že čas od času lidé přicházejí s myšlenkami, které jsou ostatními považovány za novátorské a hodnotné. Přestože proces kreativního myšlení obvykle splňuje určité předpoklady (ochotu akceptovat povrchně definovaný problém a postupně ho strukturovat, trpělivost v dlouhém časovém období, detailní znalost relevantního oboru), poslední fáze objevu je obvykle náhlou událostí, která může být i pro samotného objevitele překvapením.²⁸

6) *Systém je charakterizován nerovnovážnou dynamikou s žádným či mnoha rovnovážnými stavy a systémem, který se pravděpodobně nebude nacházet v blízkosti globálního optima.*

Toto tvrzení lze vnímat jako dopad obecného Simonova přístupu ke komplexním systémům a jeho pojetí omezené racionality. „Je-li systém komplexní a jeho prostředí se neustále mění (tj. podmínky, v nichž se odehrává biologická a sociální evoluce), není žádné záruky, že se systém bude nacházet kdekoli blízko rovnovážného bodu, ať už lokálního či globálního.“²⁹

²⁶ Simon 1991

²⁷ Simon 1978

²⁸ Simon 1983

²⁹ Simon 1978

Je tedy zjevné, že Simon vnímá reálný svět jako komplexní systém, na druhou stranu však varuje před tím, aby se komplexnosti přikládal nadhodnocený význam. Podle Simona může být podstatou komplexnosti samotná struktura systému, na druhou stranu však může vzniknout v mysli pozorovatele tohoto systému. Přestože systém může být poměrně jednoduchý, jeho pozorovatel není schopen jednoduchého popisu, naopak je schopen charakterizovat systém pouze v rámci komplexního pohledu.

Simon se zabývá komplexností ve smyslu interakcí jednotlivých složek. Předkládá poutavý příklad sluneční soustavy jako systému, u něhož bychom předem očekávali komplexnost způsobenou nemalým počtem vzájemných vztahů mezi jednotlivými složkami. Počet těles sluneční soustavy, jak ji znali Kepler a Newton, umožňoval 272 párových interakcí. I když opomeneme interakce většího počtu složek soustavy současně, zdá se tento systém poměrně složitým. Přesto Kepler odvodil jednoduchou zákonitost sluneční soustavy, a to že dráha planet je elipsou se Sluncem v ohnisku. Sluneční soustava je mnohem jednodušším systémem, než za jaký bychom ji považovali.

Simon vysvětluje nižší úroveň komplexnosti pozorovaných systémů následujícími argumenty:

- Většinou pozorujeme systémy, které se řídí nějakými zákonitostmi. Zabýváme se věcmi, o nichž jsme schopni něco říci, tj. systémy v nichž ne všechny interakce hrají podstatnou roli.
- Interakce jednotlivých složek systému závisí do jisté míry na jejich vzdálenosti. Význam vztahů mezi vzdálenými složkami klesá.
- Složky systému jsou obvykle uspořádány na základě hierarchických pravidel. Podstatné jsou interakce složek nalézajících se v blízkých úrovních hierarchického stromu. Navíc evoluční procesy obvykle vedou k jistému hierarchickému uspořádání.
- Interakce vyžadují jako vstup energii, která se stává vzácným zdrojem a je tedy alokována pouze do interakcí s vybranými složkami systému. Zde Simon spatřuje hlavní omezení komplexnosti biologických a sociálních systémů.
- Systém může být dále jednodušším z důvodu jednoduché agregace v interakcích, tak jako je hmotnost na váze součtem hmotností jednotlivých složek, které jsou váženy.

Na základě těchto odůvodnění můžeme očekávat, že pouze některé z interakcí jednotlivých složek systémů jsou pro jeho fungování podstatné. Komplexnost systémů může být proto v mnoha případech nadhodnocena. Většina potenciálních interakcí mezi složkami systémů je neaktivní a pokud existují, pak jen málokteré jsou podstatné. Systémy jsou navíc obvykle hierarchicky uspořádány. I kdyby se velké množství navzájem ovlivňovalo, mohou být tyto efekty poměrně jednoduše agregovány. Simon proto doporučuje řídit se strategií hledání struktury a vzorců chování obsažených v systémech před zbytečným zobecňováním v tvrzeních.³⁰

4. Závěr

V pracích Friedricha A. Hayeka a Herberta A. Simona je možno nalézt velké množství myšlenek, které jsou v souladu s multiagentním přístupem k ekonomii. Je to v první řadě důraz na základní jednotky systému - rozhodující se jednotlivce. Dále je to myšlenka, že tito jednotlivci či základní jednotky nejsou schopni ve své mysli obsáhnout všechny informace, které svět kolem nich obsahuje, a vyvodit z nich objektivně optimální řešení celého problému. Tato neschopnost vyplývá z komplexnosti prostředí, ve kterém se jedinci pohybují, a omezenosti kognitivních kapacit těchto základních jednotek. Proto je řešení, které rozhodující se jedinci zvolí, závislé na pro ně dostupných informacích o okolním prostředí a jejich schopnosti řešit daný problém.

Současný rozvoj počítačových technologií umožnil vytvářet modely, které v sobě obsahují Hayekovy a Simonovy představy o fungování ekonomických systémů, a dovoluje nám explicitně pracovat s modely, které jsou vystavěny zdola, jejichž základním prvkem jsou heterogenní jedinci. Vývoj takto definovaných systémů potom nelze odvodit z charakteristik individuálních jedinců. Můžeme tak pozorovat chování a vývoj systémů, jejichž základní charakteristiky jsou námi nedefinovány, ale jejichž vývoj bychom nebyli schopni předpovědět.

³⁰ Simon (1976)

5. Literatura

- Arthur, W.B., Durlaf, S.N., Lane, D.; The Economy As an Evolving Complex System II.; Addison-Wesley, Reading, MA.; 1997
- Hahn, F.; Bounded Economics; Science, New Series; Vol. 252; No. 5008; Květen 1991; str. 1014-1015
- Hayek, F.A.; Individualism and Economic Order; Routledge and Kegan Paul Ltd.; London; 1949
- Hayek, F.A.; Law, Legislation and Liberty; 1973; v překladu Tomáše Ježka pod českým názvem Právo, zákonodárství a svoboda; Academia; Praha; 1994
- Holland, J.H.; Adaptation in Natural and Artificial Systems; The University of Michigan; 1975
- Kochugovindan, S.; Vriend, N.J.; Is the Study of Complex Adaptive Systems Going to Solve the Mystery of Adam Smith's 'Invisible Hand?'; The Independent Review, 3, No. 1; 1998; str. 53-66;
- Simon, H.A.; A Formal Theory of Interaction in Social Groups; American Sociological Review; Vol. 17; No. 2; Duben 1952; str. 202-211
- Simon, H.A.; A Behavioral Model of Rational Choice; The Quarterly Journal of Economics; Vol. 69; No. 1; Únor 1955; str. 99-118
- Simon, H.A.; Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science; The American Economic Review; Vol. 49; No. 3; Červen 1959; str. 253-283
- Simon, H.A.; How Complex are Complex Systems?; Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association; Vol. 1976; Volume Two: Symposia and Invited Papers; 1976; str. 507-522
- Simon, H.A.; Rationality as Process and as Product of Thought; The American Economic Review; Vol. 68; No. 2; Papers and Proceedings of the Ninetieth Annual Meeting of the American Economic Association; Květen 1978; str. 1-16

- Simon, H.A.; Discovery, Invention, and Development: Human Creative Thinking; Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America; Vol. 80; No. 14; Červenec 1983; str. 4569-4571
- Simon, H.A.; Rationality in Psychology and Economics; The Journal of Business; Vol. 59; No. 4; Part 2: The Behavioral Foundations of Economic Theory; Říjen 1986; str. 209-224
- Simon, H.A.; Prediction and Prescription in Systems Modeling; Operations Research; Vol. 38; No. 1; Leden-únor 1990; str. 7-14
- Simon, H.A.; Bounded Rationality and Organizational Learning; Organization Science; Vol. 2; No. 1; Únor 1991; str. 125-134
- Simon, H.A., Clarkson, G. P. E.; Simulation of Individual and Group Behavior; The American Economic Review; Vol. 50; No. 5; Prosinec 1960; str. 920-932
- Simon, H.A., Egidi, M., Marris, R., Viale, R.; Economics, Bounded Rationality and the Cognitive Revolution; Edward Elgar Publishing Limited; 1992
- Vriend, N.J.; Was Hayek an Ace?; Queen Mary and Westfield College; University of London; UK; 1999

IES Working Paper Series

2005

1. František Turnovec: *New Measure of Voting Power*
2. František Turnovec: *Arithmetic of Property Rights: A Leontief-type Model of Ownership Structures*
3. Michal Bauer: *Theory of the Firm under Uncertainty: Financing, Attitude to Risk and Output Behaviour*
4. Martin Gregor: *Tolerable Intolerance: An Evolutionary Model*
5. Jan Zápál: *Judging the Sustainability of Czech Public Finances*
6. Wadim Strielkowski, Cathal O'Donoghue: *Ready to Go? EU Enlargement and Migration Potential: Lessons from the Czech Republic in the Context of the Irish Migration Experience*
7. Roman Horváth: *Real Equilibrium Exchange Rate Estimates: To What Extent Are They Applicable for Setting the Central Parity?*
8. Ondřej Schneider, Jan Zápál: *Fiscal Policy in New EU Member States: Go East, Prudent Man*
9. Tomáš Cahlík, Adam Geršl, Michal Hlaváček and Michael Berlemann: *Market Prices as Indicators of Political Events- Evidence from the Experimental Market on the Czech Republic Parliamentary Election in 2002*
10. Roman Horváth: *Exchange Rate Variability, Pressures and Optimum Currency Area Criteria: Implications for the Central and Eastern European Countries*
11. Petr Hedbávný, Ondřej Schneider, Jan Zápál: *A Fiscal Rule That Has Teeth: A Suggestion for a "Fiscal Sustainability Council" Underpinned by the Financial Markets*
12. Vít Bubák, Filip Žikeš: *Trading Intensity and Intraday Volatility on the Prague Stock Exchange: Evidence from an Autoregressive Conditional Duration Model*
13. Peter Tuchyňa, Martin Gregor: *Centralization Trade-off with Non-Uniform Taxes*
14. Karel Janda: *The Comparative Statics of the Effects of Credit Guarantees and Subsidies in the Competitive Lending Market*
15. Oldřich Dědek: *Rizika a výzvy měnové strategie k převzetí eura*
16. Karel Janda, Martin Čajka: *Srovnání vývoje českých a slovenských institucí v oblasti zemědělských finance*
17. Alexis Derviz: *Cross-border Risk Transmission by a Multinational Bank*
18. Karel Janda: *The Quantitative and Qualitative Analysis of the Budget Cost of the Czech Supporting and Guarantee Agricultural and Forestry Fund*
19. Tomáš Cahlík, Hana Pessrová: *Hodnocení pracovišť výzkumu a vývoje*
20. Martin Gregor: *Committed to Deficit: The Reverse Side of Fiscal Governance*
21. Tomáš Richter: *Slovenská rekodifikace insolvenčního práva: několik lekcí pro Českou republiku*
22. Jiří Hlaváček: *Nabídková funkce ve vysokoškolském vzdělávání*
23. Lukáš Vácha, Miloslav Vošvrda: *Heterogeneous Agents Model with the Worst Out Algorithm*
24. Kateřina Tsolov: *Potential of GDR/ADR in Central Europe*
25. Jan Kodera, Miroslav Vošvrda: *Production, Capital Stock and Price Dynamics in a Simple Model of Closed Economy*
26. Lubomír Mlčoch: *Ekonomie a štěstí – proč méně může být více*

27. Tomáš Cahlík, Jana Marková: *Systém vysokých škol s procedurální racionalitou agentů*
28. Roman Horváth: *Financial Accelerator Effects in the Balance Sheets of Czech Firms*
29. Natálie Reichlová: *Can the Theory of Motivation Explain Migration Decisions?*
30. Adam Geršl: *Political Economy of Public Deficit: Perspectives for Constitutional Reform*
31. Tomáš Cahlík, Tomáš Honzák, Jana Honzáková, Marcel Jiřina, Natálie Reichlová: *Convergence of Consumption Structure*
32. Luděk Urban: *Koordinace hospodářské politiky zemí EU a její meze*

2006

1. Martin Gregor: *Globální, americké, panevropské a národní rankingy ekonomických pracovišť*
2. Ondřej Schneider: *Pension Reform in the Czech Republic: Not a Lost Case?*
3. Ondřej Knot and Ondřej Vychodil: *Czech Bankruptcy Procedures: Ex-Post Efficiency View*
4. Adam Geršl: *Development of formal and informal institutions in the Czech Republic and other new EU Member States before the EU entry: did the EU pressure have impact?*
5. Jan Zápál: *Relation between Cyclically Adjusted Budget Balance and Growth Accounting Method of Deriving 'Net fiscal Effort'*
6. Roman Horváth: *Mezinárodní migrace obyvatelstva v České republice: Role likviditních omezení*
7. Michal Skořepa: *Zpochybnění deskriptivnosti teorie očekávaného užitku*
8. Adam Geršl: *Political Pressure on Central Banks: The Case of the Czech National Bank*
9. Luděk Rychetník: *Čtyři mechanismy příjmové diferenciaci*
10. Jan Kodera, Karel Sladký, Miloslav Vošvrda: *Neo-Keynesian and Neo-Classical Macroeconomic Models: Stability and Lyapunov Exponents*
11. Petr Jakubík: *Does Credit Risk Vary with Economic Cycles? The Case of Finland*

All papers can be downloaded at: <http://ies.fsv.cuni.cz>.



Univerzita Karlova v Praze, Fakulta sociálních věd

Institut ekonomických studií [UK FSV – IES] Praha 1, Opletalova 26

E-mail : ies@fsv.cuni.cz

<http://ies.fsv.cuni.cz>