

KOMPLEXNÍ SYSTÉMY V TEORIÍCH F. A. HAYEKA A H. A. SIMONA

Julie Chytilová, Natálie Reichlová, Univerzita Karlova, Praha*

1. Úvod

Zkoumání ekonomiky jako komplexního systému se do středu zájmu dostalo v souvislosti s rozvojem počítačových technologií a s možností pomocí těchto technologií komplexní systémy modelovat.

Za předchůdce komplexních systémů se dají označit tři teoretické proudy, které se nejen v ekonomii rozvíjely v druhé polovině dvacátého století: kybernetika, teorie katastrof a teorie chaosu. Zájem o kybernetiku byl patrný především od šedesátých let. Teorie kybernetiky je spojena s pojmy zpětné vazby a teorie systémů, jejími hlavními představiteli byli Norbert Wiener či Jay Forrester. Teorie katastrof vyšla z teorie dynamických systémů a byla speciálním případem nespojitosti v těchto systémech, v oblasti ekonomie byla hlavní oblastí zájmu teorie finančních trhů. Po zdrcující kritice Zahlera a Sussmana (1977) výzkum v této oblasti ochabl. Třetím teoretickým směrem, na který teorie komplexních systémů navazuje, je teorie chaosu. Teorie chaosu se do širšího povědomí dostala v sedmdesátých letech dvacátého století a byla aplikována na mnoho oblastí ekonomické teorie. Shrnutí empirických poznatků o chaotickém chování poskytuje například Dechert (1996). Teorie chaosu představuje dva zajímavé pojmy – prvním z nich je tzv. motýlí efekt, který označuje situaci, kdy nepatrná změna počátečních podmínek či počátečního nastavení některého z parametrů může mít za následek velice rozlišné trajektorie budoucího vývoje. Pro ekonomickou teorii má motýlí efekt významné důsledky v souvislosti s reálností předpokladu racionálních očekávání. Druhým pojmem je tzv. podivný atraktor, který značí složité nepravidelné geometrické tvary, s nimiž se často setkáváme v ekonomických modelech, které vykazují chaotický vývoj (např. při zkoumání procesu *tâtonnement* při přizpůsobování cen či na finančních trzích).

Teorie komplexních systémů je dalším krokem k poznání principů fungování velice složitých systémů, jímž ekonomický systém bezesporu je. Ovšem již při snaze definovat komplexní systém se setkáváme s problémy. V literatuře existují desítky definic, které obvykle zdůrazňují různé aspekty komplexních systémů. Richard H. Day¹ definu-

* Tato práce vznikla za podpory Výzkumného záměru FSV UK – MSM 0021620841.

1 Complex Economic Dynamics, Volume I.: An Introduction to Dynamical Systems and Market Mechanisms. Cambridge, MIT Press, 1994.

je dynamický systém jako komplexní, jestliže v sobě nemá endogenně zabudovanou tendenci asymptoticky se přibližovat pevnému bodu, omezenému cyklu či explozivnímu vývoji. Pryor (1995) zdůrazňuje strukturální hledisko komplexnosti systému: systém je komplexní, jestliže obsahuje velké množství složitých vzájemných vztahů mezi prvky systému a institucionálními strukturami ekonomiky. Někteří další autoři definují situaci jako komplexní tehdy, jestliže výpočet řešení optimalizačního problému je extrémně obtížný².

V současné době se prosazuje definice, kterou ve své knize „Ekonomika jako vyvíjející se komplexní systém“³ popsali Arthur, Durlauf a Lane, představitelé proudu spojeného se Santa Fe Institute⁴. Arthur, Durlauf a Lane charakterizovali komplexitu systému pomocí následující množiny rysů:

- 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 spleťnými vlivy a vzájemným transverzálním působením.
- d) Postupným přizpůsobováním skrze učící se a vyvíjející se jedince.
- e) Nerovnovážnou dynamikou s žádným či mnoha rovnovážnými stavy a systémem, který se pravděpodobně nebude nacházet v blízkosti globálního optima.
- f) Neustálými inovacemi, které vznikají tím, jak nové trhy, technologie, chování a instituce vytváří nová zákoutí systému.

V této charakteristice je zdůrazněna existence mnoha omezeně racionálních jedinců. Systém je založen na mnoha rozptýlených interakcích mezi heterogenními jedinci – firmami a spotřebiteli a podobně jako v reálné ekonomice neexistuje globální regulátor. Firmy a spotřebitelé se neustále učí a přizpůsobují, na trhu neustále dochází k inovacím a změnám.

Mezi klasiky ekonomické vědy je komplexní přístup založený na nezávisle se rozhodujících jedincích nejvíce rozvinutý v pracích Friedricha A. Hayeka a Herberta A. Simona. Cílem této práce je uvést čtenáře do problematiky komplexních 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, oživaly tyto systémy alespoň v myslích Hayeka a Simona.

2 viz Rosser (1999), s. 170

3 Arthur, Durlauf, Lane (1997)

4 Santa Fe Institute je v dnešní době jedním z hlavních vědeckých center, která rozvíjejí teorii komplexních systémů.

2. Teoretické přístupy F. A. Hayeka a H. A. Simona

V této části seznámíme čtenáře s dílem Friedricha A. Hayeka a Herberta A. Simona a budeme hledat souvislosti mezi díly těchto osobností a současnými přístupy ke komplexním systémům a jejich modelování.

Myšlenky F. A. Hayeka jsou v dnešních dnech často připomínány v souvislosti s počítačovým modelováním ekonomických systémů. Tato rozvíjející se oblast ekonomické teorie totiž ztělesňuje jednu z Hayekových zásadních myšlenek a to, že ekonomický systém by měl být zkoumán zdola. Rosser (1999) označuje Hayeka za „raného a nezávislého zakladatele“ teorie komplexních systémů, která se podobá soudobé teorii pouze s tím rozdílem, že Hayek nemohl využít v dnešních dnech dostupné počítače. Zároveň Rosser upozorňuje na to, že Hayek byl v kontaktu s Prigoginem a Hakenem, zakladateli Bruselské a Stuttgartské školy⁵.

Příspěvky H. A. Simona se váží k mnoha oborům (byl především odborníkem na výpočetní techniku, umělou inteligenci a psychologii), ale vždy je spojuje snaha vyvinout teorii komplexních systémů, a• 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 jednotlivec, jenž je podobně jako u Hayeka základní jednotkou, na níž Simon staví své úvahy o fungování společnosti.

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 složitý. 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.

5 Tyto školy se zabývaly podobnými tématy, která jsou v dnešních dnech v centru pozornosti Santa Fe Institute.

- 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.⁶

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.⁷

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 pojmut 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 hierarchicky uspořádaných systémů je, že chování jednotek nacházejících se na určité úrovni je možné popsat a vysvětlit bez toho, abychom měli detailní znalost struktury

6 Simon (1976)

7 Simon (1960)

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.⁸

3. Styčné body v teoriích komplexních systémů a myšlenkách

F. A. Hayeka a H. A. Simona

Pokud bychom srovnali Hayekův a Simonův pohled na komplexní systémy s charakteristikou Arthura, Durlaufa a Lanea⁹ uvedenou v úvodu této práce, nalezneme ve většině bodů četné paralely.

a) *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 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,

8 Simon (1990)

9 Arthur, Durlauf, Lane (1997)

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.¹⁰

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 jednotlivec 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.¹¹

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 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 užitkové funkce. Jedinec s omezenou racionalitou se rozhoduje nejlépe za jemu dostupných znalostí a výpočetních schopností (procedurální racionalita).¹²

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

10 Simon (1952)

11 Simon (1955)

12 Simon (1986)

lidé při rozhodování používají omezenou racionalitu, a uplatnit toto porozumění při reformulování ekonomických teorií tak, aby byly v užším kontaktu s reálným světem.¹³

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.¹⁴

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. tvar lahve) je rovnovážný stav jednoznačně určen. Rovnováha pro dokonale se přizpůsobující 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.¹⁵

Také 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 ostatní lidi a řízeny podle jejich očekávaného chování.“¹⁶ Ohrazuje se především proti kolektivistickým teoriím, které tvrdí, že jsou schopny porozumět sociálním celkům přímo, nezávisle na jedincích, kteří je tvoří.

Hayek také rozpracoval téma rozptýlených interakcí mezi jednotlivci. Za omyl označuje snahu napodobit v sociálních vědách studium fyzikálních jevů, u nichž je možné formulovat relativně jednoduché závislosti, a poté vysvětlit a předpovědět

13 Simon, Egidí, Marris, Viale (1992)

14 Hahn (1991)

15 Simon (1959)

16 Hayek (1949), s. 6

jednotlivé události¹⁷. Základem uvažování o společnosti je podle něj skutečnost, že žádný člen lidské společnosti nemůže znát více než nepatrnou část celé společnosti, a proto vše, co vstupuje do jeho rozhodování, jsou bezprostřední dopady, které bude jeho jednání mít v okolí jemu nejbližším.¹⁸ 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.“¹⁹ Hayek nepopírá schopnost vědy vysvětlit a pojmenovat některé základní zákonitosti a principy, ale zároveň zdůrazňuje, že existují události, které věda nebude nikdy schopna plně vysvětlit a předpovědět.²⁰ Důvodem je právě nemožnost zahrnout do vědecké analýzy všechna jednotlivá fakta a informace.

Hayek rozlišoval dva typy znalostí. Zaprvé znalosti, které nazývá vědeckými, jež mohou být předány nějaké instituci či orgánu, zpracovány či zahrnuty do vědeckých teorií nebo použity k předpovědím o budoucím vývoji. Druhým typem jsou vědomosti vázané na konkrétní místo a čas, které Hayek nazývá neuspořádané znalosti.²¹ 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 rozptýlených znalostí a omezené schopnosti získávat a zpracovávat informace je využit v modelech komplexních systémů. Jedinci na rozdíl od klasického rovnovážného přístupu nemají dokonalou znalost všech dějů v systému ani principů, podle nichž systém funguje. Jejich znalosti jsou závislé na lokálních interakcích s ostatními jedinci a reagují na základě podnětů ze svého nejbližšího okolí.

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

Svou argumentaci o nemožnosti existence globální instituce, která by byla schopna využít všechny příležitosti v ekonomice tak, jak jsou toho schopni samostatně jednající lidé staví Hayek na analýze rozptýlení informací ve společnosti. 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 zužitkovat všechny existující příležitosti, které by byly využity nezávisle jednajícími aktéry se znalostí konkrétních jednotlivých faktů. V moderní ekonomice je neschopnost účinně řídit a plánovat ekonomické činnosti dána složitostí dělby práce. Jediným mecha-

17 Hayek (1994), s. 24

18 Hayek (1949), s.14

19 Hayek (1949), s. 91

20 Hayek (1994), s. 24-5

21 Hayek (1949), s. 80

nismem, který je schopen zajistit efektivní koordinaci takového množství jednotlivců, je cenový systém v podmínkách konkurence.²²

Shodnému problému – nemožnosti obsáhnout a zpracovat všechna jednotlivá fakta – čelí i vědci ve snaze vytvořit teorie popisující a vysvětlující fungování světa. Jako příklad uvádí Hayek Darwinovu evoluční teorii. Pokud bychom byli schopni zjistit všechna jednotlivá fakta minulosti, která působila na výběr jednotlivých forem života, byli bychom beze zbytku schopni vysvětlit strukturu existujících organismů, a zároveň při znalosti všech budoucích okolností bychom byli schopni předpovědět jejich strukturu i do budoucna.²³

c) Systém je charakterizován hierarchickým uspořádáním s mnoha spletími vlivy a vzájemným transverzálním působením.

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

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

Jednou z možností, jak do komplexních systémů zavést adaptivní chování, je využití metody, kterou představil John H. Holland.²⁴ 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.

Na adaptivní chování nahlížel v termínech „POKUD....POTOM....“ ve svém díle také Hayek. „Kdykoli nějaký typ situace vyvolá v jednotlivci dispozici k určitému vzorci odpovědi, základní vztah, který je označován jako „abstraktní“, je přítomen. Nemůže být pochyby 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 vyplyne.“²⁵ 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.

22 Hayek (1990), s. 50-51

23 Hayek (1994), s. 25

24 Holland (1975)

25 Hayek (1994), s. 34, 35

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 jednatel schopen 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.

Teorie učení byla také jednou z oblastí zájmu H. A. Simona. Veškeré učení se podle něj odehrává uvnitř jednotlivce. Organizace se učí dvěma cestami: jednak učení se jejích členů, jednak přijetím nového člena s novými znalostmi. Může existovat závislost mezi znalostmi jednotlivých členů organizace. Podstatnou složkou učení organizace je interní učení, tj. transmise informací mezi jednotlivými členy. Zde také Simon nahlíží jeden ze základních principů současných komplexních systémů, totiž že interakce mezi jedinci mohou vést k výsledku, který bychom u nich jakožto jednotlivců nemohli pozorovat. Jak Simon uvádí: „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 Tutéž myšlenku nacházíme u Hayeka, když vystupuje proti přesvědčení, že vše, čeho člověk dosáhne, je přímým výsledkem individuálního rozumu, jemuž je proto podřízen.²⁷

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 výtvor. 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. „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.“²⁸

Také Simon tvrdí, že učení se ve formě reakce na důsledky předchozích rozhodnutí je způsobem, jakým se projevuje racionalita.²⁹

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.

26 Simon (1991)

27 Hayek (1949), s. 6

28 Hayek (1994), s. 26

29 Simon (1978)

e) 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, a• už lokálního či globálního.“³⁰

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.“³¹ Rovnováha, jíž se systém blíží, je relativní vzhledem ke znalostem, kterými jednotlivci disponují. V každém okamžiku je možné nalézt ještě lepší uspořádání.

V Hayekově díle je jednou z důležitých koncepcí řád, kterým 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.³²

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.“³³

Hayek také připomíná, že ne všechna pravidla, která sledují jednotlivci ve svých reakcích na okolí, povedou ke spontánnímu uspořádávání. 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 jednatel reagovat, budou ty, které jsou známy. Avšak jednotlivé 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

30 Simon (1978)

31 Hayek (1949), s. 82, 83

32 Hayek (1994), s. 43

33 Hayek (1994), s. 46

řád stačí, aby reakce jednotlivců na události v jejich okolích byly podobné pouze v jistých abstraktních ohledech.³⁴

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.³⁵

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.“³⁶

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 uspořádávání, nejde o organizaci vzniklou na základě pravidel daných shora.

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

Podle Hayeka se systémy pohybují téměř neustále mimo rovnovážný bod právě díky novým příležitostem, které v ekonomice neustále vznikají.

Podobně i 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.³⁷

34 Hayek (1994), s. 49–50

35 Hayek (1994), s. 53

36 Hayek (1994), s. 51

37 Simon (1983)

Závěr

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.³⁸

V pracích Friedricha A. Hayeka a Herberta A. Simona je možno nalézt velké množství myšlenek, které jsou v souladu s komplexním 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 myslí 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 a jejichž základním prvkem jsou heterogenní jedinci. Vývoj takto definovaných systémů proto nelze odvodit z charakteristik individuálních jedinců. Můžeme tak pozorovat chování a vývoj systémů, jejichž základní charakteristiky jsou námi nadefinovány, ale jejichž vývoj bychom nebyli schopni předpovědět.

Literatura

- ARTHUR, W. B.; DURLAUF, S. N.; LANE, D. 1997. *The Economy As an Evolving Complex System II*. Reading, MA : Addison-Wesley, 1997. ISBN- 0-201-32823-2.
- DECHERT, W. D. 1996. *Chaos Theory in Economics: Methods, Models and Evidence*. Aldershot : Edward Elgar, 1996.
- HAHN, F. 1991. *Bounded Economics*. Science. 1991, vol. 252, no. 5008, s. 1014–1015.
- HAYEK, F. A. 1949. *Individualism and Economic Order*. London : Routledge and Kegan Paul Ltd., 1949.
- HAYEK, F. A. 1994. *Právo, zákonodárství a svoboda*. Praha : Academia, 1994. ISBN 80-200-0241-3.
- HAYEK, F. A. 1990. *Cesta do otroctví*. Praha : Academia, 1990. ISBN 80-200-0264-2.
- HOLLAND, J. H. 1975. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Michigan : University of Michigan Press, 1975.
- KOCHUGOVINDAN, S.; VRIEND, N. J. 1998. *Is the Study of Complex Adaptive Systems Going to Solve the Mystery of Adam Smith's 'Invisible Hand'?* The Independent Review. 1998, vol. 3, no. 1, s. 53–66.
- PRYOR, F. L. 1995. *Economic Evolution and Structure: the Impact of Complexity on the U.S. Economic System*. New York : Cambridge University Press, 1995.
- ROSSER, J. B. 1999. *On the Complexities of Complex Economic Dynamics*. Journal of Economic Perspectives. 1999, vol. 13, no. 4, s. 169–192.
- SIMON, H. A. 1952. *A Formal Theory of Interaction in Social Groups*. American Sociological Review. 1952, vol. 17, no. 2, s. 202–211.
- SIMON, H. A. 1955. *A Behavioral Model of Rational Choice*. Quarterly Journal of Economics. 1955, vol. 69, no. 1, s. 99–118.

38 Kochugovindan, Vriend (1998)

- SIMON, H. A. 1959. Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science. *American Economic Review*. 1959, vol. 49, no. 3, s. 253–283.
- SIMON, H. A. 1976. How Complex are Complex Systems? *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. 1976, no. 2, s. 507–522.
- SIMON, H. A. 1978. Rationality as Process and as Product of Thought. *American Economic Review*. 1978, vol. 68, no. 2, s. 1–16.
- SIMON, H. A. 1983. Discovery, Invention, and Development: Human Creative Thinking. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1983, vol. 80, no. 14, s. 4569–4571.
- SIMON, H. A. 1986. Rationality in Psychology and Economics. *Journal of Business*. 1986, vol. 59, no. 4, s. 209–224.
- SIMON, H. A. 1990. Prediction and Prescription in Systems Modeling. *Operations Research*. 1990, vol. 38, no. 1, s. 7–14.
- SIMON, H. A. 1991. Bounded Rationality and Organizational Learning. *Organization Science*. 1991, vol. 2, no. 1, s. 125–134.
- SIMON, H. A.; CLARKSON, G. P. E. 1960. Simulation of Individual and Group Behavior. *American Economic Review*. 1960, vol. 50, no. 5, s. 920–932.
- SIMON, H. A.; EGIDI, M.; MARRIS, R.; VIALE, R. 1992. *Economics, Bounded Rationality and the Cognitive Revolution*. Brookfield, Vermont : Edward Elgar Publishing Limited, 1992.
- VRIEND, N. J. 1999. Was Hayek an Ace? *Southern Economic Journal*. 1999, vol. 68, no. 4, s. 811–840.
- ZAHLERA, R.; SUSSMAN, H. 1977. Claims and Accomplishments of Applied Catastrophe Theory. *Nature*. 1977, vol. 269, s. 759–63.

COMPLEX SYSTEMS IN THE THEORIES OF F. A. HAYEK AND H. A. SIMON

Julie Chytilová, Natálie Reichlová, Institute of Economic Studies, Faculty of Social Sciences, Charles University, Opletalova 26, CZ – 110 00 Praha 1
(chytilov@seznam.cz, reichlova@email.cz)

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 Classification

B31, P00