

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
EKONOMICKÁ FAKULTA

IDENTIFIKÁCIA ZÁKLADNÝCH PROFILOV HRÁČOV
V PROSTREDÍ INVESTIČNEJ HRY
Diplomová práca

2016

Bc. Peter Kováč

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
EKONOMICKÁ FAKULTA

IDENTIFIKÁCIA ZÁKLADNÝCH PROFILOV HRÁČOV
V PROSTREDÍ INVESTIČNEJ HRY
Diplomová práca

Študijný program: Financie, bankovníctvo a investovanie
Študijný odbor: 3.3.6 Financie, bankovníctvo a investovanie
Školiace pracovisko: Katedra ekonomických teórií
Školiteľ: Ing. Marek Gróf, PhD.

2016 Košice

Bc. Peter Kováč

Abstrakt v SJ

KOVÁČ, Peter: Identifikácia základných profilov hráčov v prostredí investičnej hry
[Diplomová práca] – Technická univerzita v Košiciach, Ekonomická fakulta. Školiteľ: Ing. Marek Gróf, PhD. Košice: EkF TU, 2016

Diplomová práca sa zaoberá dôverou ako dôležitým aspektom hospodárskej interakcie. Investičná hra ako jeden z behaviorálnych ekonomických experimentov vychádzajúci z teórie hier analyzuje práve vplyv dôvery na rozhodovanie sa účastníkov hry. Modelovanie na báze agentov je metóda, ktorá umožňuje realizovať experimenty ako investičná hra aj bez nutnosti skutočnej realizácie experimentu. Využíva sa pritom počítačová simulácia. Aby boli výsledky podobných simulácií validné, je potrebné nielen skonštruovať verný agentový model, ale simulácia musí prebiehať nad vhodne vytvorenou populáciou agentov. Diplomová práca sa venuje analýze dôležitých faktorov, ktoré je potrebné brať do úvahy pri vytváraní agentových modelov a populácií agentov a v praktickej časti navrhuje agentové populácie na základe dvoch odlišných prístupov.

Kľúčové slova v SJ

dôvera, investičná hra, modelovanie na báze agentov, multiagentové modelovanie, agent, syntetická populácia agentov

Abstrakt v AJ

KOVÁČ, Peter: Identification of basic players profiles in the investment game [Diploma thesis] – Technical University Košice. Faculty of economics. Supervisor Ing. Marek Gróf, PhD.
Košice: EkF TU, 2016

Diploma thesis deals with trust as an important aspect of economic interaction. Investment game as one of the behavioral economic experiments based on game theory to is analyzing the true impact of trust for deciding of game participants. Agent-based modeling is a method that allows to realize experiments as an investment game without the need for actual implementation of the experiment. Computer simulation is used for that. To obtain valid results from such simulations it is necessary not only to construct a true agent-based model but a simulation must be carried out with a properly established population of agents. This diploma thesis analyzes the important factors that should be taken into account when creating agent-based models and population of agents and in the practical part thesis proposes agent populations on two different approaches.

Klíčové slova v AJ

trust, trust game, agent-based modeling, multiagent modeling, agent, synthetic agent population

ZADANIE DIPLOMOVEJ PRÁCE

Študijný odbor: **Financie, bankovníctvo a investovanie**

Študijný program: **Financie, bankovníctvo a investovanie**

Názov práce:

Identifikácia základných profilov hráčov v prostredí investičnej hry
Identification of basic player profiles in the investment game

Študent: **Bc. Peter Kováč**

Školiteľ: **Ing. Marek Gróf, PhD.**

Školiace pracovisko: **Katedra ekonomických teórií**

Konzultant práce:

Pracovisko konzultanta:

Pokyny na vypracovanie diplomovej práce:

1. Naštudovať definíciu a základné charakteristiky investičnej hry.
2. Vypracovať prehľad doterajšieho výskumu a faktorov vplyvujúcich na správanie sa hráčov v investičnej hre.
3. Charakterizovať postup tvorby a vlastnosti štandardne používaných počiatočných syntetických populácií v modelovaní na báze agentov.
4. Navrhnuť postup tvorby počiatočnej syntetickej populácie a distribúciu jej parametrov v prípade modelovania na báze agentov založeného na investičnej hre.

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský

Termín pre odovzdanie práce: 06.05.2016

Dátum zadania diplomovej práce: 30.09.2015

.....
doc. Ing. Rajmund Mirdala, PhD.

vedúci školiaceho pracoviska

.....
doc. Ing. Michal Šoltés, PhD.

dekan fakulty

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som celú diplomovú prácu vypracoval samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry.

Košice, 07. augusta 2016

.....
vlastnoručný podpis

PodĎakovanie

Ďakujem za odbornú pomoc a vedenie práce školiteľovi pánovi Marekovi Grófovi. Ďalej ďakujem podnikateľovi Miroslavovi Orosovi za možnosť odborného rastu a získavania praxe a Kamilovi Kubíkovi za akademické debaty a konzultácie počas písania práce, ale aj celého štúdia. V neposlednom rade ďakujem rodičom za dlhodobú podporu a vytvorenie študijného prostredia.

Obsah

Zoznam obrázkov	11
Zoznam tabuliek	12
Zoznam grafov	13
Úvod	14
Metodika a cieľ práce	15
1. Behaviorálna ekonómia	16
1.1. Experimentálna ekonómia	17
1.2. Dôvera ako faktor ekonomickej interakcie	17
1.3. Teória hier	19
1.3.1. Hry s opakovaním	20
1.3.2. Kooperatívne hry	20
1.4. Experimentálne ekonomické hry	21
1.4.1. Diktátorská hra (Dictator game)	21
1.4.2. Ultimátna hra (Ultimatum game)	22
1.4.3. Hra s verejným statkom (Public goods game)	23
1.4.4. Investičná hra (Trust game)	23
2. Prehľad doterajšieho výskumu	25
2.1. Berg, Dickhaut, McCabe (1993)	25
2.1.1. Výsledky experimentu bez modifikácie	27
2.1.2. Výsledky experimentu po modifikácii	29
2.1.3. Zhrnutie experimentu	30
2.2. Servátka, Tucker a Vadovič (2009)	31
2.3. Gróf, Lechová, Gazda, Kubák (2012)	33
2.3.1. Analýza investorov	34
2.3.2. Analýza podnikateľov	34
2.4. Boero, Bravo, Castellani, Squazzoni (2009)	35
2.5. DeBruin (2002)	36

3.	Modelovanie a simulácia na báze agentov	38
3.1.	Charakteristika agenta	39
3.2.	Povaha agentov	40
3.3.	Simulácia v multiagentovom modelovaní	41
3.4.	Kľúčové faktory pri plánovaní simulácie na báze agentov	42
3.4.1.	Veľkosť systému	42
3.4.2.	Geometria agentov	42
3.4.3.	Topológia siete	43
3.4.4.	Kalibrácia času	44
3.4.5.	Štrukturálna stabilita	44
3.5.	Postup tvorby a vlastností štandardne používaných počiatočných syntetických populácií v modelovaní na báze agentov.....	44
3.5.1.	Agregácia vlastností agentov.....	45
3.5.2.	Lokálnosť agentov	45
3.5.3.	Príslušnosť k sociálnej sieti	46
3.5.4.	Rôznorodosť typov agentov	46
3.5.5.	Špecifické správanie agentov	46
3.5.6.	Hodnoty, názory, svetonázor	47
4.	Návrh postupu tvorby počiatočnej syntetickej populácie a distribúciu jej parametrov v prípade modelovania na báze agentov založeného na investičnej hre	49
4.1.	Určenie veľkosti systému	49
4.2.	Určenie kľúčových vlastností agentov.....	49
4.2.1.	Spoločné sledované vlastnosti agentov	50
4.2.2.	Návrh populácie agentov založený na rozdelení ekvivalencie	51
4.2.3.	Návrh populácie agentov založený na pravdepodobnosti	52
4.3.	Špecifické sledované vlastnosti agentov	53
4.4.	Zostavenie konkrétnej počiatočnej syntetickej populácie agentov	54
	Záver.....	55

Zoznam použitej literatúry	56
Prílohy	59
Príloha A – Inštrukcie pre Hru o dôvere v pôvodnom znení, Berg et al. (1995).....	60

Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Ilustratívne znázornenie priebehu Ultimátnej hry.....	22
Obrázok 2: Diagram Hry o dôvere a rozmiestnenia subjektov a schránok.....	25
Obrázok 3: Rôzne typy štruktúr sietí agentových modelov	43
Obrázok 4: Ilustratívny obrázok práce v programe generujúcom populáciu agentov na základe prednastavených kritérií veku, pohlavia a príjmu.....	54

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Prehľad miery inflácie v Zimbabwe v rokoch 2005 - 2008	18
Tabuľka 2: Sumárny prehľad výsledkov agregovaný podľa sumy odoslanej investormi	28
Tabuľka 3: Priemerné odoslané a vrátené sumy agregované podľa počtu investorov v skupine ...	33
Tabuľka 4: Priemerná investícia ako funkcia ratingu podnikateľa	35
Tabuľka 5: Návrh distribúcie spoločných vlastností agentov syntetickej populácie založený na rozdelení ekvivalencie	51

Zoznam grafov

Graf 1: Zaznamenané výsledky Hry o dôvere (bez modifikácie)	27
Graf 2: Zaznamenané výsledky Hry o dôvere (po modifikácii).....	30
Graf 3: Správanie sa účastníkov experimentu.....	32
Graf 4: Odlišné správanie sa voči morfovanému obrazu vlastnej tváre (sivé stĺpce) a voči morfovanému obrazu cudzej tváre (biele stĺpce)	37

Úvod

Dôvera v ekonómii je kľúčovým faktorom ovplyvňujúcim vzájomnú interakciu medzi ekonomickými subjektami. Existujúca dôvera môže v konečnom dôsledku viesť k zvýšeniu bohatstva pre všetky zúčastnené strany.

Vplyv dôvery na rozhodovanie sa pri investovaní skúma behaviorálny ekonomický experiment, ktorý uviedli v roku 1995 Joyce Berg a spol. a nazvali ho investičná hra. Na základe ich výskumu postupovali ďalší ekonómovia. Investičná hra bola modifikovaná rôznymi spôsobmi a experimentatéri sa snažili hľadať odpovede na to, čo ovplyvňuje rozhodovanie sa účastníkov hry.

Pri moderných ekonomických pokusoch súčasnosti sa čoraz viac využíva modelovanie založené na agentoch. To umožňuje simulovať rôzne správanie sa agentov zastupujúcich ľudí, organizácie, sociálne skupiny a podobne v čo najreálnejšom svete bez nutnosti skutočného prevedenia pokusu.

Diplomová práca v prvej kapitole uvádza problematiku behaviorálnej ekonómie a teórie hier, z ktorej vychádza aj investičná hra.

V druhej kapitole je uvedený prehľad dôležitých a zaujímavých výskumov, ktoré boli doteraz realizované.

Tretia kapitola rozoberá aktuálne poznatky z modelovania na báze agentov. V tejto časti práce je vysvetlená úloha a charakter agenta a tiež dôležité faktory pre plánovanie simulácie na báze agentov. Záver kapitoly sa venuje poznatkom rôznych autorov o tom ako správne tvoriť populácie agentov pre agentové modely.

Štvrtá kapitola nadväzuje na všetky uvedené poznatky a obsahuje realizáciu konkrétnych návrhov populácií agentov na základe troch rôznych zadaní.

Metodika a cieľ práce

Diplomová práca nadväzuje na doterajší výskum a čerpá z množstva uskutočnených investičných hier. Uvádza dôležité kritériá, ktoré je potrebné brať do úvahy pri agentovom modelovaní a vytváraní populácií agentov.

Cieľom diplomovej práce je v nadviazať na všetky doterajšie zistenia a navrhnúť počiatkové populácie agentov pre tri rôzne pokusy založené na investičnej hre. V každom z týchto pokusov sa sleduje iná kľúčová vlastnosť.

Návrh populácií je realizovaný dvoma spôsobmi: exaktným stanovením počtu agentov populácie v danom modeli na základe rozdelenia ekvivalencie kľúčových vlastností a správania sa agentov a stanovením na základe pravdepodobnosti distribúcie kľúčových atribútov agentov v populácii.

1. Behaviorálna ekonómia

Pôvodné ekonomické modely a teória ekonómie vychádzali z predpokladu, že človek je tvor racionálny. Pri rozhodovaní sa podľa nich správa absolútne racionálne. Napríklad pri investovaní uprednostňuje menšie riziko pred väčším a pri rovnakom riziku si vyberá investičnú príležitosť s vyšším predpokladaným výnosom.

Koncept racionálneho človeka konajúceho v prvom rade vo svoj prospech sa začal označovať termínom *Homo economicus*. Vo svojej knihe *Bohatstvo národov* ho Adam Smith opísal takto:

„Nie je to z dobročinnosti mäsiara, sládka ani pekára, že očakávame našu večeru, ale je to len vzľadom na ich vlastný záujem.“¹

Lenže človek sa nie vždy rozhoduje rozumne a striktne logicky. Na jeho rozhodnutia majú vplyv aj iné veci, než len jeho vlastný prospech. Sú to napríklad záujem o dobrobytie druhých a spravodlivosť. Skúmaním správania sa skutočného človeka v ekonómii sa zaoberá vedný odbor nazývaný *behaviorálna ekonómia*.

Ani tradičná ekonómia nepopiera, že človek sa dopúšťa chýb a môže dôjsť k nejakým odchýlkam. Od tých sa tu však abstrahuje a psychológii sa neprpisuje žiadna dôležitosť.

V behaviorálnej ekonómii to však neplatí. Naopak, behavioristi považujú psychológiu za dôležitý faktor a skúmajú jej vplyv ďalej.

Napríklad taká *Pasca vlastného ega*, ktorú popísali Belsky a Gilovich. Autori vo svojej knihe *Prečo robia múdri ľudia veľké chyby?* v kapitole 6 hovoria o tom, že investori sú presvedčení o neomylnosti svojho rozhodnutia.² Odvolávajú sa na informácie, ktorými disponujú, a sú presvedčení o kontrole nad budúcimi udalosťami. V skutočnosti sú obeťami „*ilúzie poznania*“ (neplatí, že čím viac informácií máme, tým viac vieme) a „*ilúzie kontroly*“ (nevieme viac ako iní a nemôžeme kontrolovať výsledky nekontrolovateľných udalostí).

Človek zanedbáva fakty, ktoré sú v rozpore s jeho presvedčením a má tendenciu vyhľadávať tie informácie, ktoré jeho rozhodnutia potvrdzujú.

Behavioristi sa pýtajú, či odchýlky, ku ktorým dochádza, sú systematické alebo úplne náhodné. Ak ich totiž je možné popísať, dali by sa predpovedať.

¹ SMITH Adam: *On the Division of Labour, The Wealth of Nations*. New York: Penguin Classics, 1986

² BELSKY Gary, GILOVICH Thomas: *Why Smart People Make Big Money Mistakes ... and How to Correct Them*. New York: Simon & Schuster Paperbacks, 1999

V tomto skúmaní zohrávajú svoju rolu experimenty, kde sa využívajú aj poznatky z kognitívnej či sociálnej psychológie.

1.1. Experimentálna ekonómia

Experimentálna ekonómia patrí k novším vedeckým odborom. Aplikáciou a využitím experimentálnych metód a simulácií sa snaží dať odpovede na rozličné ekonomické otázky.

Dáta, ktoré sa počas experimentovania získavajú, majú potom rôzne využitie. Potvrdzujú alebo vyvracajú ekonomické hypotézy či teórie, objasňujú priebeh dejov na trhu a dajú sa použiť aj pre meranie veľkosti efektov z rozhodnutí.

Vedecké ekonomické experimenty sú navyše relatívne lacným spôsobom ako generovať reálne údaje, ktoré demonštrujú ekonomické zákony a princípy. Spolu s nárastom významu experimentov v ekonómii rastie aj dôraz kladený na prepojenie vedy a vzdelávania. Ekonomické experimenty teda môžu slúžiť aj pri výučbe.

Na rozdiel od fádneho študovania teórie sa pri nich môžu študenti priamo stať súčasťou ekonomického skúmania a sledovať ako ich vlastné správanie kopíruje predikcie teoretických modelov.

Experimentálna ekonómia je užitočným a názorným nástrojom na pochopenie fungovania trhu. Pri experimentovaní však musia byť dodržané niektoré pravidlá. V opačnom prípade by pokusy neboli validné a získané dáta by boli pre ďalšie skúmanie nerelevantné.

Veľmi dôležitým aspektom pri experimentovaní je dizajn samotného experimentu. Experimentálne skúmanie je nutné prispôbovať podľa toho či sa skúmanie týka individuálneho alebo skupinového správania. Dôležitým faktorom úspechu je takisto miesto, kde sa experiment uskutočňuje.

1.2. Dôvera ako faktor economickej interakcie

Dôvera a dôveryhodnosť patria medzi základné prvky hospodárskych a spoločenských interakcií. Bez dôvery je ťažké predstaviť si fungovanie samotných trhov.

Odberatelia na strane dopytu ju prejavujú, keď uhrádzajú tovar a služby, ktoré ešte neboli dodané; dodávatelia na strane ponuky zas vtedy, keď odovzdávajú svoje produkty skôr ako sú zaplatené.

Ekonómovia sa preto zaoberajú dôverou a skúmajú ju ako faktor ovplyňujúci hospodárske interakcie.

Problém s dôverou na trhu môžeme pochopiť na príklade hyperinflácie v Zimbabwe. Ťažkosti s hyperinfláciou sa v Zimbabwe začali koncom 90-tych rokov a pokračovali aj v novom storočí. V roku 2008 dosahovala inflácia krajiny až miliardové hodnoty.³

Tabuľka 1: Prehľad miery inflácie v Zimbabwe v rokoch 2005 - 2008

ROK	INFLÁCIA
2005	585,84 %
2006	1 281,11 %
2007	66 212,3 %
2008 Jan-Júl	231 150 888,87 %
2008 Júl-Nov	79 600 000 000 % (odhadovaná hodnota)

Denná hodnota inflácie sa na vrchole krízy pohybovala na úrovni 90 % a pri takejto hyperinflácii peniaze nemali prakticky žiadnu cenu. Pretože v krajine nikto neveril hodnote peňazí (chýbala dôvera), bolo ťažké zaobstaráť si aj základné potraviny.

Nositeľ Nobelovej ceny za ekonómiu, Kenneth Arrow, už v roku 1974 uviedol, že každá hospodárska výmena, ktorá so sebou nesie transakčné náklady, musí zahŕňať určitú dávku dôvery.⁴

Dôvera sa tak vyskytuje takmer pri každom kontakte medzi investorom a podnikateľom, predávajúcim a kupujúcim alebo klientom a bankou.

Slovenské slovo *veriteľ* je teda v kontexte dôvery v ekonómii skutočne trefné.

Kým v uvedenom príklade so Zimbabwe dochádzalo ku veľkým problémom kvôli nedôvere, existujúca dôvera môže na druhej strane znamenať aj ušetrené peniaze a väčší zisk. Témou sa zaoberalo viacero výskumov a tie preukázali, že hladina dôvery má pozitívny vplyv na blahobyt a rozvoj (Putnam 1993; Fukuyama 1995; Dasgupta 2000).

³ HANKE Steve, KWOK Alex: On the Measurement of Zimbabwe's Hyperinflation. Washington: Cato Journal, Vol. 29, No. 2, 2009

⁴ KENNETH Arrow: The Limits of Organization. New York: Norton, 1974

Existuje viacero spôsobov vedeckého skúmania dôvery – teoretické, ankety, prieskumy, empirické alebo experimentálne. V rámci tejto diplomovej práce budeme sledovať dôveru a správanie sa človeka práve na základe experimentálneho skúmania a to v rámci tzv. *Trust Game* alebo *Investičnej hry*.

1.3. Teória hier

Investičná hra ako aj ostatné behaviorálne experimentálne ekonomické hry majú svoj základ v Teórii hier. Pre správne pochopenie stratégie rozhodovaní, výberu možností jednotlivých možností alebo dôsledkov modifikácií jednotlivých hier je potrebné objasniť niektoré základné pojmy z Teórie hier.

Teória hier je vednou oblasťou venujúcou sa štúdiu a analýze strategického racionálneho správania jednotlivcov a ich interakcie v spoločenskom prostredí.

Zameriava sa na „štúdium matematických modelov konfliktov a spolupráce medzi inteligentnými racionálnymi rozhodujúcimi sa subjektmi“.⁵

Teória hier nám umožňuje skúmať, predvídať a hľadať vysvetlenie pre správanie sa jedincov, všade tam, kde predpokladáme, že správanie sa jednotlivca môže byť ovplyvnené správaním sa iného jednotlivca alebo prostredia.

Dobrym príkladom hry, kde správanie sa jednotlivca závisí od správania sa ďalšieho, je šach.

Z povahy hry vyplýva, že ťahy obidvoch hráčov závisia aj od ťahov protihráča. Každý z hráčov musí reagovať na ťahy svojho súpera. V prípade vopred pripravenej stratégie tak musí byť hráč pripravený svoju stratégiu upraviť a počas hry vytvoriť protistratégiu podľa toho, ako sa rozhoduje súper.

Ako sme uviedli na začiatku tejto práce, neoklasická ekonómia očakáva racionálne správanie sa homo economicusa, ktorý sa snaží sebecky maximalizovať svoj vlastný prospech.

„Keďže šach je hra, ide v nej o víťazstvo. Cesta k nemu však nevedie len jednoduchým realizovaním vlastných volieb, ale zároveň predpokladaním a zohľadňovaním potenciálnych a budúcich reálnych volieb súpera. Znamená to, že úspech hráča závisí aj od ťahov protihráča. Tie nemožno celkom

⁵ MYERSON Roger: *Game Theory: Analysis of Conflict*. Cambridge: Harvard University Press, 1997

ovplyvniť (okrem situácie, keď nemá iný ťah), a preto je potrebné ich predpokladať,⁶ vysvetľuje Démuth vo svojej práci, kde rozoberá problémy rozhodovania sa z perspektívy Teórie hier.

Autor ďalej v práci rozoberá rôzne druhy hier, stratégií a teoretických poznatkov, ktoré sa uplatňujú v konkrétnych situáciách. Pre potreby tejto práce uvedieme dva pojmy.

1.3.1. Hry s opakovaním

Racionálne správajúci sa hráč sa snaží maximalizovať svoj zisk (úžitok) v akejkoľvek hre. Využívať pritom môže stratégiu, ktorú môže druhá strana označiť ako „zradcovskú“ alebo „neférovú“. Stať sa tak môže napríklad vtedy, keď jeden z hráčov je vo zvýhodnenom postavení, má lepšie informácie alebo len využíva nevedomosť protistrany.

Optimálna stratégia pre hráča vo výhode tu vychádza z toho, či sa daná hra bude opakovať. V takomto prípade totiž musí hráč myslieť na možnú pomstu alebo odplatu protihráča.

Ako uvádza Démuth, zatiaľčo pri jednorazovej hre nachádza hráč vo výhode rovnovážny bod pri použití zradcovskej stratégie, pri opakovanej hre to tak nie je.

Požadovaný benefit by sa nedostavil, pretože ak aj náhodou zradcovská stratégia vedie k maximálnemu zisku, pri opakovanej hre už nemožno očakávať rovnaké správanie protihráča. Ten vie, aký bol predchádzajúci ťah súpera a svoju stratégiu upraví. Navyše, v tomto prípade celkový úžitok obidvoch hráčov nie je maximálny. Hráči by teda mali voliť skôr kooperatívne stratégie ako spoluprácu, na ktorej sa môžu dohodnúť.

Pri opakovaných hrách je teda dôležité koľkokrát sa hra bude opakovať a tiež koľko hier ešte zostáva do konca.

1.3.2. Kooperatívne hry

John Nash sledoval správanie sa hráčov pri kooperatívnych hrách a predpokladal, že stratégie, na ktorých sa hráči dohodnú, budú zodpovedať *Nashovmu equilibriu*.⁷

Toto equilibrium má charakteristiky paretovskej rovnováhy a dohodnutá stratégia je prijateľná iba vtedy, keď s vysokou pravdepodobnosťou vedie k dosiahnuteľným cieľom.

Pri kooperatívnej hre zohráva hlavnú úlohu fakt, že úžitok pre každého hráča alebo aspoň pravdepodobnosť jeho dosiahnutia je vyššia ako pri nespolupráci.

⁶ DÉMUTH Andrej: Teória hier a problém rozhodovania. Trnava: Filozofická fakulta Trnavskej univerzity, 2013

⁷ NASH John: The bargaining problem. Princeton: Princeton University Press, 1997

1.4. Experimentálne ekonomické hry

V rámci experimentálnej ekonómie a štúdia *sociálnych preferencií* poznáme viacero experimentov. Označujeme ich ako ekonomické hry a môžeme v nich sledovať správanie založené práve na poznatkoch Teórie hier o opakovaní a spolupráci v hrách.

Známe sú Diktátorská hra (*Dictator game*), *Ultimátna hra (Ultimatum game)*, *Hra s verejným statkom (Public goods game)* a už spomenutá *Investičná hra (Trust game)*.

1.4.1. Diktátorská hra (Dictator game)

Diktátorskú hru má na svedomí Daniel Kahneman s kolegami a publikovaná bola v roku 1986.⁸

V diktátorskej hre vystupujú dvaja hráči. Prvý hráč sa označuje ako „*diktátor*“, druhý hráč vystupuje ako „*prijemca*“.

Na začiatku hry diktátor určí ako bude rozdelený budúci obnos peňazí medzi obidvoch hráčov. Druhý hráč ostáva napospas diktátorovi a dostane jednoducho len to, čo mu diktátor nechá. Jeho úloha v hre je len pasívna.

V skutočnosti teda pri Diktátorskej hre nejde úplne o hru v ponímaní Teórie hier, nakoľko jeden z hráčov do hry nemôže aktívne zasiahnuť. V literatúre je Diktátorská hra uvádzaná ako jedna zo základných hier, aj keď je zjednodušená.

Úlohou hry je sledovať správanie sa a individualizmus homo economicusa. Keby sa každý rozhodoval len racionálne a logicky, príjemca by nikdy nič nedostal. Diktátor by sa vždy mal rozhodnúť tak, že celý obnos peňazí si ponechá.

Výsledky experimentov však preukázali niečo iné. Dospelí ľudia často ponechajú časť peňazí príjemcovi.⁹ Tieto výsledky sa potvrdili naprieč rôznymi krajinami a kultúrami, považujú sa teda za potvrdené.¹⁰

Experimenty s deťmi takisto potvrdili, že mnoho z nich má tendenciu rozdeliť sa. Pri skúmaní tri až päť ročných detí sa v modifikovanej hre väčšina detí rozhodla rozdeliť až s polovicou pridelených zdrojov.¹¹

⁸ KAHNEMAN Daniel, KNETSCH Jack, THALER Richard: Fairness And The Assumptions Of Economics. Chicago: The Journal of Business, Vol. 59, No. 4, 1986

⁹ BOLTON Gary, KATOK Elena, ZWICK Rami: Dictator game giving: Rules of fairness versus acts of kindness. Berlin: Springer Verlag. International Journal of Game Theory, Vol. 27, 1998

¹⁰ HENRICH Joseph, BOYD Robert, CAMERER Colin, BOWLES Samuel, GINTIS Herbert, FEHR Ernts: Foundations of Human Sociality: Economic Experiments and Ethnographic Evidence from Fifteen Small-Scale Societies. Oxford: Oxford University Press. 2004

Na základe sledovania ľudí počas Diktátorskej hry môžeme povedať, že diktátori zlyhávajú pri maximalizácii svojho úžitku. Konajú tak, aby sa vyhli zlému imidžu, aby príliš neublížili druhému hráčovi alebo na základe očakávania, že z rozdelenia sa budú mať iné benefity. Benefitom môže byť napríklad získaná náklonnosť druhého hráča alebo iný, na prvý pohľad menej zjavný úžitok.

1.4.2. Ultimátna hra (Ultimatum game)

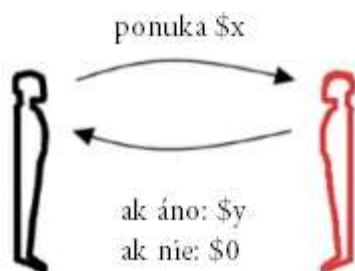
Prvá Ultimátna hra bola vyvinutá Güthom, Schmittbergerom a Schwarzom v roku 1982.¹²

Hry sa opäť zúčastňujú dvaja hráči. Prvý hráč, „*navrhovateľ*“, v nej obdrží sumu peňazí a navrhuje ako budú peniaze rozdelené medzi neho a druhého hráča v roli, ktorú nazývame „*odpovedajúci*“.

V prípade, že druhý hráč ponuku prijme, peniaze sa rozdelia podľa návrhu prvého hráča. V opačnom prípade nedostane ani jeden hráč žiadne peniaze.

Prvý hráč si musí svoj návrh dobre premyslieť. Pokiaľ neponúkne časť peňazí druhému hráčovi, pravdepodobnosť, že obaja hráči skončia so ziskom, je veľmi nízka.

Hra je väčšinou jednorazová, čo obmedzuje možnosť oplácania alebo kompenzácie.



Obrázok 1: Ilustratívne znázornenie priebehu Ultimátnej hry

Výsledky z prevedených experimentov ukazujú, že ľudia patriaci do podobnej skupiny (mesto, národnosť, záľuba) ponúkajú férové rozdelenie napríklad pol na pol. Ponuky na menej ako 30 % vedú často k odmietnutiu.¹³

¹¹ GUMMERUM Michaela, HANOCH Yaniv, KELLER Monika, PARSONS Katie, HUMMERL Alegra: Preschoolers' allocations in the dictator game: The role of moral emotions. *Journal of Economic Psychology*, Vol. 31, 2010

¹² GÜTH Werner, SCHMITTBERGER Rolf, SCHWARZE Bernd: An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 3, 1982

¹³ SANFLEY Alan, RILLING James, ARONSON Jessica, NYSTROM Leigh, COHEN Jonathan: The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. *Science*, Vol. 300, 2003

Ďalej sa ukázalo, že pri poskytnutí dlhšieho času na rozhodovanie, odpovedajúca strana častejšie príjme aj menej férové ponuky.

Podobné správanie sa potvrdilo aj pri prevedení experimentu so šimpanzami.¹⁴

Tiež sa preukázalo, že štedré ponuky často prevyšujúce minimálne akceptovateľné sumy nie sú nezvyčajné. Svoju úlohu tu zohráva empatia alebo pozitívny výhľad do budúcnosti a tiež budovanie reputácie.

1.4.3. Hra s verejným statkom (Public goods game)

Verejný statok je ekonomický pojem pre statok, ktorý využívajú všetci a z jeho užívania nemožno nikoho vylúčiť. Prospech z neho majú všetci ľudia a to za rovnaké náklady ako keby ho aj nevyužívali. Dobrým príkladom je napríklad verejná doprava, kanalizácia či verejné osvetlenie.

Pri Hre s verejným statkom sa jednotliví hráči rozhodujú, koľko zo svojich súkromných zdrojov poskytnú do verejného spoločného koša. Množstvo peňazí v spoločnom koši je potom vynásobené hodnotou väčšou ako jedna a menšou ako je počet hráčov. Túto hodnotu nazývame *multiplikačný faktor*.

Hodnota koša je na záver vyplatená medzi všetkých hráčov rovnakou čiastkou. Zároveň si každý hráč ponecháva zdroje, ktoré sa rozhodol nechať si pre seba na začiatku hry.

Najväčšiu výplatu by skupina získala, keby sa všetci rozhodli vložiť všetok svoj majetok do spoločného verejného koša. Z pohľadu homo economicusa by však nikto nemal prispieť žiadnou čiastkou a suma všetkých príspevkov by sa mala rovnať nule. Napriek tomu počas rôznych experimentov môžeme sledovať príspevky v intervale od 0 až do 100 percent zdrojov hráčov.

Meraniami sa zistilo, že hodnota príspevkov závisí od veľkosti multiplikačného faktora¹⁵ a tiež, že rozhodnutie o vstupe do hry a výške príspevku zvykne kopírovať minulé rozhodnutia ostatných prispievateľov (Fischbacher et al., 2001; Frey and Meier, 2004; Shang and Croson, 2009). Pozorujeme tu takzvané prosociálne kooperatívne správanie.

1.4.4. Investičná hra (Trust game)

Vznik Investičnej hry možno datovať do roku 1995. Trojica experimentálnych ekonómov Joyce Berg, John Dickhaut a Kevin McCabe vtedy uskutočnila experiment¹⁶, v ktorom skúmali vplyv

¹⁴ PROCTOR Darby, WILLIAMSON Rebecca, de WAAL Frans, BROSNAN Sarah: Chimpanzees play the ultimatum game. Atlanta: PNAS, Vol. 110, 2013

¹⁵ GUNNTHORSDDOTTIR Anna, HOUSER Daniel, MCCABE Kevin: Dispositions, history and contributions in public goods experiments. Journal of Economic Behavior & Organization, Vol. 62, 2006

¹⁶ BERG Joyce, DICKHAUT John, MCCABE Kevin: Trust, Reciprocity and Social History. Iowa: Academic Press, 1995

dôvery na rozhodovanie investorov. Nazvali ho *Hrou o dôvere* a tento experiment sa v rôznych obmenách využíva pre ďalšie skúmanie správania sa človeka pri ekonomickej interakcii.

Samotná investičná hra je jednorazovou hrou, v ktorej vystupujú dvaja hráči, resp. páry hráčov.

Hráči sú na začiatku hry rozdelení na dve skupiny. Hráči v nich sa potom označujú ako „hráč číslo 1“ – **investor** – a „hráč číslo 2“ – **podnikateľ** – a navzájom tvoria pár. Neutrálne označenie sa volí preto, aby nedošlo k ovplyvneniu experimentu na základe kontextu rolí.

V základnom variante hry predpokladáme, že hráči sa nikdy predtým nestretli, nepoznajú sa navzájom a tiež nepoznajú samotnú Investičnú hru. Dôležitým predpokladom pri hraní Investičnej hry je vedomosť hráčov, že sa nikdy ani nespoznajú. To má zásadný vplyv pri experimentoch, kde je rozhodujúcim faktorom dôvera.

Každý hráč číslo 1 obdrží na začiatku hry obnos peňazí – desať dolárov.

Hráč číslo 1 sa na začiatku hry môže rozhodnúť, koľko zo svojich 10 dolárov pošle hráčovi 2 ako investíciu. Hráč 2 dostáva zverenú čiastku za účelom zhodnotenia.

Suma peňazí, ktorú investor odošle podnikateľovi, je po odoslaní stonásobená nezávislým experimentátorom a odovzdaná podnikateľovi. Toto zvýšenie hodnoty reprezentuje vytvorenie zisku a ilustruje ekonomický proces v rámci obchodu a na základe preukázanej dôvery.

Po prijatí peňazí je následné rozhodovanie na strane podnikateľov, do ktorých bola (alebo nebola) vložená istá dávka dôvery. Tí sa musia rozhodnúť, akú časť z celkovo získaných peňazí (znásobeného vkladu investora) sa rozhodnú poslať naspäť investorovi a koľko peňazí si nechajú vo vlastnom vrecku.

Konečná bilancia oboch hráčov závisí od ich rozhodnutí počas hry.

Neoklasická teória predpokladá sebecké správanie sa a maximalizáciu vlastného úžitku. Keďže investor nemá žiadnu istotu návratnosti, nemal by odoslať podnikateľovi žiadne doláre. Podnikateľ v prípade, že by obdržal peniaze, sa podľa teórie má chovať sebecky a celú sumu si nechať pre seba. K tomu však nemôže dôjsť, pretože investor toto správanie predpokladá.

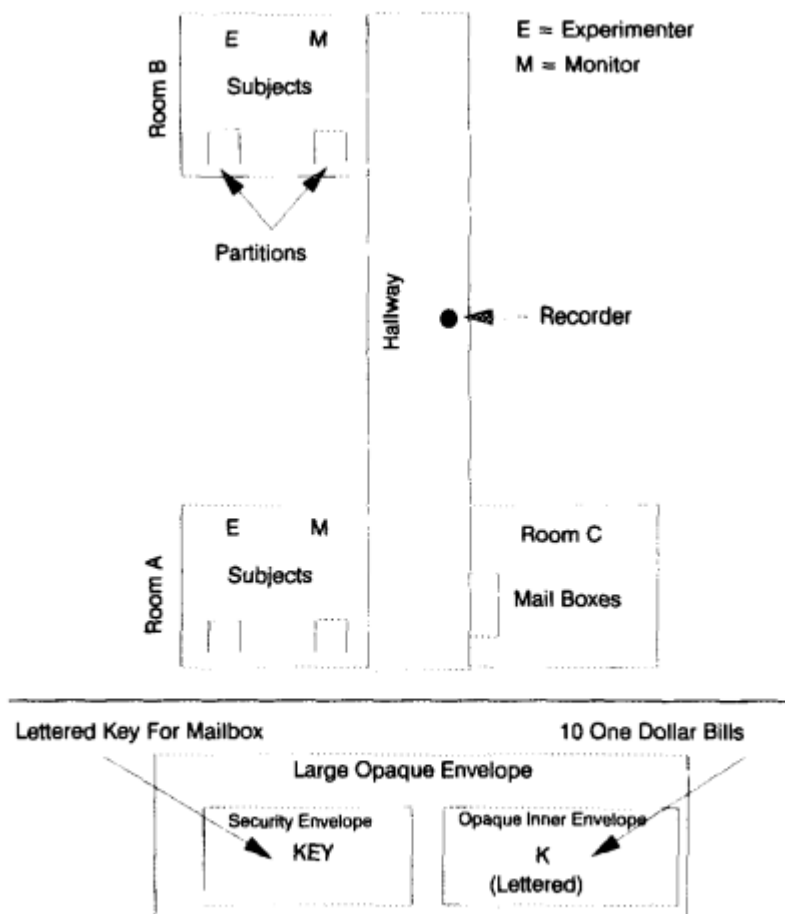
Podľa neoklasickej teórie teda ostane každému hráčovi úvodných 10 dolárov zo začiatku hry. Je pritom jasné, že pri preukázaní istej dávky dôvery, by mohli obaja hráči odísť so ziskom.

V ďalšej časti tejto práce analyzujeme výsledky rôznych experimentálnych Investičných hier a faktory vplývajúce na správanie sa hráčov.

2. Prehľad doterajšieho výskumu

2.1. Berg, Dickhaut, McCabe (1993)

Autori Investičnej hry sa do experimentovania pustili v lete roku 1993. Experiment bol starostlivo nadizajnovaný a to od výberu testovaných subjektov až po priebeh samotnej experimentálnej hry.



Obrázok 2: Diagram Hry o dôvere a rozmiestnenia subjektov a schránok

(Zdroj: Berg, Dickhaut, McCabe)

Obrázok 2 ilustruje fyzickú implementáciu Investičnej hry. Počas pokusu boli testované osoby – študenti Univerzity v Minnesote - umiestnené do miestnosti A a B a v miestnosti C bolo pripravených 14 schránok.

Experiment začal prečítaním inštrukcií experimentátorom testovaným osobám v obidvoch miestnostiach. Inštrukcie sú uvedené v pôvodnom znení v prílohe A tejto práce. Po oboznámení subjektov s inštrukciami, každý účastník v miestnosti A postupne prišiel k *monitorovacej osobe*, kde obdržal veľkú neoznačenú nepriehľadnú obálku. Obálka obsahovala menšiu označenú obálku s označeným kľúčom k schránke, menšiu nepriehľadnú obálku, ktorá bola určená pre peniaze, ktoré mali byť investované a desať jednodolárových bankoviek, ktoré dostal testovaný subjekt za účasť na experimente.

Po prevzatí veľkej obálky sa testovaný subjekt presunul do zadnej časti miestnosti, kde bolo zabezpečené súkromie. Tu sa osoba rozhodla, akú časť peňazí vloží do malej obálky a koľko peňazí si ponechá spolu s kľúčom od schránky. Kľúč mal zhodné označenie ako malá obálka, čo zabezpečovalo, že testovaný subjekt sa neskôr bude môcť dostať k prípadnej vrátenej sume od hráča číslo 2 v roli podnikateľa.

Veľká obálka obsahujúca malú obálku bola následne odovzdaná do krabice a hráč sa vrátil na svoje miesto.

Po vykonaní rozhodnutia všetkými hráčmi v miestnosti A, monitorovacia osoba odniesla obálky z miestnosti A ku *zapisovateľovi* v chodbe. V tejto chvíli boli všetky sumy v obálkach strojnásobené a zaznamenané. Monitorovacia osoba z miestnosti A sa vrátila do miestnosti A a bola privolaná monitorovacia osoba z miestnosti B.

V miestnosti B boli postupne zavolaní hráči, ktorí dostali jednu z veľkých obálok. Subjekty sa potom presunuli do zadnej časti miestnosti, kde bolo zabezpečené súkromie. Po otvorení obálky sa dozvedeli, akú sumu obdržali v malej obálke. Testované osoby sa tu rozhodli, akú sumu si ponechajú a koľko peňazí chcú poslať naspäť investorovi vrátením peňazí do malej obálky. Malá obálka bola vrátená do neoznačenej veľkej obálky a odovzdaná do krabice. V tejto časti experimentu zároveň testované osoby z miestnosti B ukončili experiment.

Po ukončení experimentu v miestnosti B monitorovacia osoba z tejto miestnosti preniesla obálky naspäť k zapisovateľovi v chodbe. Sumy z jednotlivých obálok boli zaznamenané podľa písmena na malej obálke a vložené do schránok v miestnosti C. Zapisovateľ a monitorovacia osoba z miestnosti B sa následne presunuli do miestnosti B.

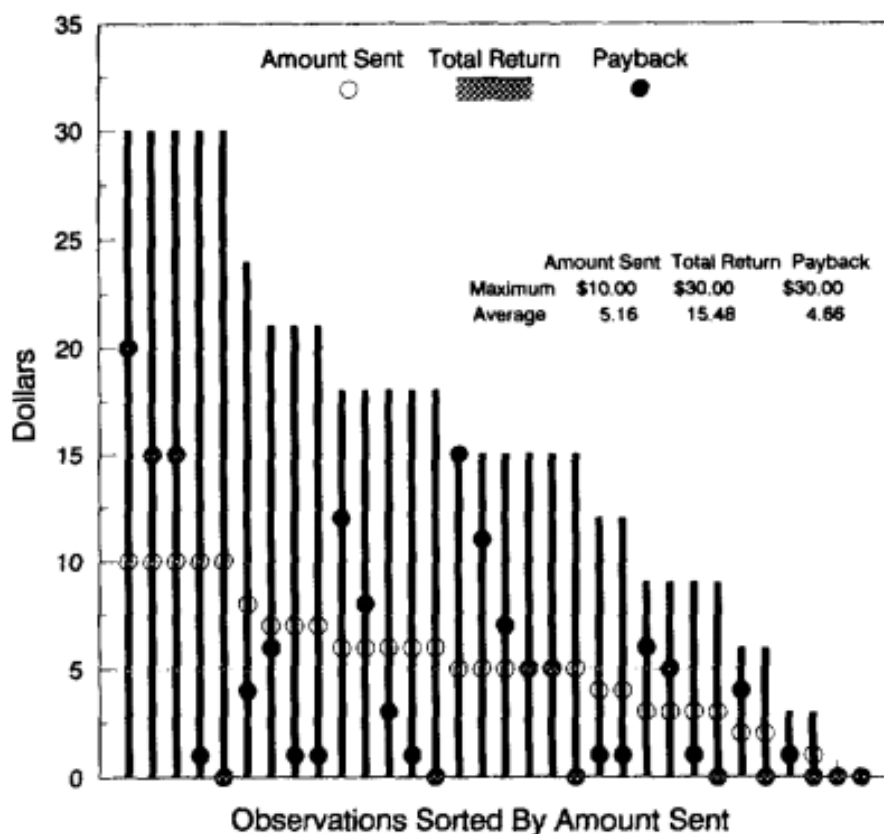
Účastníci z miestnosti A boli potom postupne zavolaní do miestnosti C, kde si v súkromí otvorili svoje obálky, prevzali peniaze a odovzdali kľúč do krabice. Nikto sa nemohol dozvedieť, ktorá obálka alebo schránka prislúchala ku ktorému hráčovi. Experiment bol ukončený, keď si posledný hráč z miestnosti A prevzal svoje peniaze a opustil miestnosť C.

Celá investičná hra bola teda nadizajnovaná tak, že nikto z hráčov ani experimentátorov sa nemohol dozvedieť, ktorá konkrétna testovaná osoba urobila jednotlivé rozhodnutia. Anonymita bola zaručená až na dvoch úrovniach – hráči nemali absolútne žiadnu možnosť poznať svojho protihráča.

2.1.1. Výsledky experimentu bez modifikácie

Autori experimentu testovali v prvej fáze 32 párov hráčov v priebehu troch stretnutí, na ktorých sa postupne zúčastnilo 10, 10 a 12 párov. U týchto hráčov sa predpokladalo, že nemajú predošlé skúsenosti s investovaním. Pretože hráči nemali žiadnu predošlú skúsenosť, počas experimentu sa očakávalo správanie podmienené sociálnymi normami.

Coleman definoval¹⁷ normu na špecifickú akciu ako sociálne definované právo ostatných kontrolovať akciu jednotlivca. Kontrola môže byť dosahovaná použitím *odmeny* alebo *sankcie*. Pri experimente s dôverou tak mohla sociálna norma posilňovať rozhodnutie hráčov v miestnosti B oplatiť investorovu dôveru. To by malo zároveň vplyv na rozhodovanie hráčov v miestnosti A o tom, ako sa rozhodnú dôverovať podnikateľom.



Graf 1: Zaznamenané výsledky Hry o dôvere (bez modifikácie)

¹⁷ COLEMAN James: Foundations of Social Choice Theory. Cambridge: Harvard University Press, 1990

(Zdroj: Berg, Dickhaut, McCabe)

Výsledky pokusu s hráčmi „bez historickej skúsenosti“ autori zaznamenali v grafe, kde prázdny bod indikuje sumu odoslanú investorom, plný bod sumu vrátenú podnikateľom a výška obdĺžnikov celkové bohatstvo, ktoré bolo vďaka investorovej dôvere dosiahnuté.

Z nameraných výsledkov vidíme, že 5 z 32 investorov sa rozhodlo plne dôverovať podnikateľovi a odoslalo celú svoju sumu, dvom z nich sa to však neoplatilo.

Na druhej strane, len dve z testovaných osôb sa rozhodli ponechať si 10 dolárov pre seba a preukázali tak úplnú nedôveru v podnikateľa.

V priemere, testované osoby z miestnosti A odosielali 5,16 dolárov a priemerná hodnota vrátených peňazí bola 4,66 dolárov. Ďalšie sumárne výsledky podľa výšky investovanej sumy sú zobrazené v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Sumárny prehľad výsledkov agregovaný podľa sumy odoslanej investormi

<i>odoslaná suma</i>	\$0	\$1	\$2	\$3	\$4	\$5	\$6	\$7	\$8	\$9	\$10
<i>počet investorov</i>	2	2	2	4	2	6	5	3	1	0	5
<i>priemerná vrátená suma</i>	\$0,00	\$0,50	\$2,00	\$3,00	\$1,00	\$7,17	\$4,80	\$2,67	\$4,00	-	\$10,20
<i>priemerná odoslaná suma</i>	\$0,00	\$1,00	\$2,00	\$3,00	\$4,00	\$5,00	\$6,00	\$7,00	\$8,00	-	\$10,00
<i>priemerný profit</i>	\$0,00	-\$0,50	\$0,00	\$0,00	-\$3,00	\$2,17	-\$1,20	-\$4,33	-\$4,00	-	\$0,20

Autori na základe pokusu urobili niekoľko záverov.

Prvým je prekvapivo nízky počet hráčov z miestnosti A, ktorí sa rozhodli neodoslať žiadne peniaze (iba 2 z 32). Odosielané sumy variovali medzi hodnotami {0, 1, 2, ... , 10}. Toto zistenie je v rozpore s očakávaným sebeckým správaním sa homo economicusa.

Ďalší záver sa týka hráčov z miestnosti B. Z 28 hráčov, ktorí dostali aspoň 2 doláre, 12 hráčov vrátilo len jeden alebo žiadne doláre. Toto správanie podporuje hypotézu sebeckého správania sa. Zároveň však 11 z týchto 28 hráčov vrátilo investorovi viac, ako im poslal, čo je v rozpore s uvedenou hypotézou.

2.1.2. Výsledky experimentu po modifikácii

Sociálne normy môžu byť prítomné a existovať aj v prípade, keď nie je uplatňovaná odmena ani sankcia. V takom prípade je odmena či sankcia chápaná subjektívne jednotlivcom na základe jeho vnútorného vnímania vykonanej akcie.

Coleman vysvetľuje, že vnútorné vnímanie je značne ovplyvnené tým, ako sa jednotlivec identifikuje so skupinou. Proces identifikácie sa so skupinou sa nazýva *socializácia*. Socializáciou môžeme dosiahnuť väčšie stotožnenie sa so sociálnymi normami.

Autori sa rozhodli posilniť socializáciu internalizáciou normy a ďalším testovaným skupinám študentov Univerzity v Minnesote poskytli informáciu o tom, ako dopadli prvé tri testované skupiny.

V nasledovnom pokuse boli opäť testované tri skupiny študentov v počtoch 10, 9 a 9 párov.

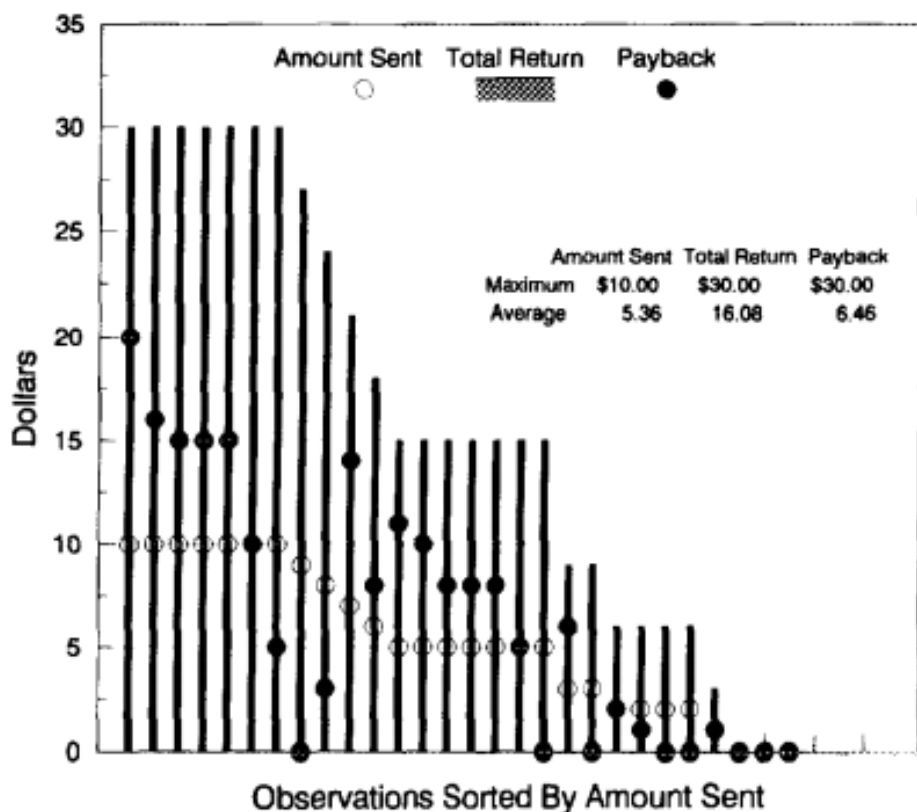
Každý z testovaných subjektov dostal navyše informáciu o rozhodnutí predošlých 32 párov z experimentu s prvými tromi skupinami. Pre každú úroveň dôvery (1 až 10 dolárov odoslaných investorom) bola uvedená priemerná hodnota vrátenej sumy, študenti dostali agregované dáta tak, ako ich prezentuje vyššie uvedená tabuľka 2.

Študenti tak mali možnosť čiastočne vidieť, ako predtým podnikatelia z rovnakého prostredia naložili s dôverou, ktorú do nich vložili investori.

Táto informácia mohla mať dvojaký efekt. Hráči v miestnosti A si mohli uvedomiť, že hráči v miestnosti B nedoceňovali do nich vloženú dôveru, čo mohlo viesť k zníženiu celkovej dôvery zo strany investorov.

Na druhej strane, hráči v miestnosti A sa mohli zamerať na kladné zisky pre úroveň dôvery nad piatimi dolármi a celková dôvera mohla stúpnuť.

Hráči v miestnosti B zas mohli na základe predošlých výsledkov vyhodnotiť ponechanie si všetkých peňazí ako viac akceptovateľné alebo naopak, pri vyššej dôvere investorov sa im mohli odvdáčiť vyššou vrátenou sumou peňazí.



Graf 2: Zaznamenané výsledky Hry o dôvere (po modifikácii)

(Zdroj: Berg, Dickhaut, McCabe)

Konečné výsledky druhej fázy experimentu, keď hráči mali k dispozícii historickú informáciu, sú uvedené opäť na grafe.

Priemerná hodnota odosielanej sumy z miestnosti A bola 5,36 dolárov a priemerná vrátena suma stúpila na 6,46 dolárov.

Aj pri tomto pokuse sa potvrdil nízky počet hráčov, ktorí v roli investora neodoslali žiadne peniaze (len 3 z 28). Päť alebo desať dolárov sa rozhodla odoslať až polovica investorov.

V miestnosti B 6 z 24 testovaných osôb, ktoré dostali viac ako dolár, vrátilo len dolár alebo nič. Výrazne vzrástla vrátená suma pri investícii 10 dolárov, a to z 10,20 dolárov pri pokuse bez historických dát až na 13,17 dolárov pri pokuse s modifikáciou.

2.1.3. Zhrnutie experimentu

Autori Investičnej hry a ekonomického experimentu z roku 1993 uviedli do praxe spôsob, akým je možné testovať dôveru a jej oplácanie - reciprocitu. Pokúsili sa potvrdiť resp. vyvrátiť hypotézu o neoklasickom správaní sa homo economicusa.

Pri prvom pokuse, keď testované subjekty nemali žiadnu predošlú skúsenosť s preukazovaním dôvery vo vzťahu investor-podnikateľ, sa len 2 z 32 osôb zachovalo sebecky. Ostatní investori sa rozhodli vložiť dôveru do podnikateľov. Z 30 investorov bolo 11 odmenených vyššou vrátenou sumou než bola investícia.

Hráči v miestnosti A sa rozhodli vkladať dôveru do protihráčov a riskovať, kým hráči v miestnosti B túto dôveru vracali len čiastočne a až v dvoch tretinách preferovali vlastný záujem. Je však možné, že časť z týchto hráčov nepochopila dôveru, ktorá do nich bola vložená a teda ju ani nevedeli oplatiť.

Následný pokus s hráčmi, ktorí mali k dispozícii informácie o predošlom správaní sa podobnej skupiny testovaných osôb, preukázal zaujímavý posun.

Podnikatelia sa mohli stotožniť s nižším podielom peňazí vrátených investorom, ale nestalo sa tak. Investori sa z priemernej straty 50 centov dostali do zisku 1,10 dolára.

Na základe výsledkov všetkých 60 párov autori rázne zamietli hypotézu o sebeckom správaní sa. Až 55 hráčov v miestnosti A sa totiž rozhodlo veriť podnikateľom. Dôkazy o odplácaní sa podnikateľov sú zmiešané, keďže boli pozorovaní podnikatelia, ktorí peniaze posielali späť, ale aj takí, ktorí peniaze neposlali.

V prípade investovania súm presne na úrovni 5 a 10 dolárov boli výsledky pre investorov najlepšie, čo je možné interpretovať tak, že pri odoslaní takejto sumy bola pre podnikateľov vložená dôvera najzrozumiteľnejšia.

2.2. Servátka, Tucker a Vadovič (2009)

Správanie účastníkov skúmali v roku 2009 aj Servátka, Tucker a Vadovič na University of Canterbury na Novom Zélande.¹⁸ Experimentálnej Investičnej hry sa tu zúčastnilo 33 párov.

Medzi nimi sa vyskytli páry, ktoré sa správali v zhode s neoklasickým modelom a ich celkové bohatstvo zostalo nezmenené. Investor v súlade s predpokladom, že podnikateľ mu investíciu nevráti, neodoslal žiadne peniaze a na konci experimentu ostalo každému z hráčov pôvodných 10 dolárov.

Našli sa však aj páry, kde investor odoslal podnikateľovi celých 10 dolárov a obidvaja hráči odišli s 20 dolármi, celkové bohatstvo teda maximalizovali.

¹⁸ SERVÁTKA Maroš, VADOVIČ Radovan: Dôvera – kľúč k produktivite a rozvoju. Poznatky z experimentálnej ekonómie, 2009

V niektorých prípadoch investor preukázal plnú dôveru a odoslal desať dolárov, avšak podnikateľ mu nevrátil nič.

Celkové namerané výsledky reprezentuje opäť graf.



Graf 3: Správanie sa účastníkov experimentu

(Zdroj: Servátka, Tucker, Vadovič)

Investori poslali v priemere 5,50 dolárov, podnikatelia vracali priemerne doláre v hodnote 4,90.

Výsledok pokusu opätovne preukázal, že budovanie dôvery a vzťahov je prirodzené a veľmi dôležité pre rozvoj a obchod. Nepotvrdilo sa len neoklasické rozmýšľanie homo economicusa, ale mnohí investori sa v rozpore s očakávanou racionalitou rozhodli vložiť istú dávku dôvery do podnikateľov. Prečo?

„Súvisí to so snahou vytvorenia zisku a s dôverou, že podnikatelia sa im za ňu odplatia, ktorí tak aj čiastočne urobili,“ vyhodnotili autori experimentu.

2.3. Gróf, Lechová, Gazda, Kubák (2012)

Experimentálne skúmanie prebehlo aj na pôde Technickej Univerzity v Košiciach. Výsledky tejto štúdie boli publikované v roku 2012.¹⁹

Investičná hra tu bola modifikovaná a oproti základnému modelu jednorazovej hry medzi dvoma hráčmi sa experimentátori rozhodli analyzovať správanie sa hráčov v prípade, že investorov je viac.

Skúmanie vychádzalo z už predošlých zistení Cassarovej a Rigdonovej, ktoré porovnávali²⁰ správanie sa hráčov pri hre jeden na jedného s hrou dvoch na jedného. Pri modifikovanej hre postavili dvoch investorov oproti jednému podnikateľovi a tiež jedného investora pred dvoch podnikateľov.

Výsledky preukázali, že v prípade dvoch investorov, sa podnikateľ odvdáčil väčšou odoslanou sumou tomu, ktorý preukázal väčšiu dôveru zaslaním vyššej sumy na začiatku hry. Správanie sa investorov tu záviselo od ďalších informácií o druhom investorovi ako aj o citlivosti podnikateľa na dôveru.

Gróf a spol. sa vo svojom experimente zamerali práve na skúmanie správania sa hráčov pri väčšom počte investorov.

Pri realizovanej investičnej hre vytvorili štyri skupiny, v ktorých sa nachádzali 1, 2, 3 a 4 investori. Každá skupina mala iba jedného podnikateľa.

Tabuľka 3: Priemerné odoslané a vrátené sumy agregované podľa počtu investorov v skupine

počet investorov	1	2	3	4
priemerná odoslaná suma	\$5,40	\$4,38	\$4,27	\$3,63
priemerná vrátená suma	\$9,40	\$7,00	\$8,73	\$5,09

¹⁹ GRÓF M., LECHOVÁ L., GAZDA V., KUBÁK M.: An Experiment on the Level of Trust in an Expanded Investment Game. Journal of Applied Sciences, Vol. 12, No. 12., 2012

²⁰ CASSAR Alessandra, RIGDON Mary: Trust and Reciprocity in 2-node and 3-node Networks. MPRA Paper, No. 7005, 2008

Pri celkovom počte 62 účastníkov experimentu sa ukázalo, že priemerná hodnota odosielaných peňazí klesala so zvyšujúcim sa počtom investorov. Na základe zozbieraných dát nebolo možné stanoviť trend správania sa podnikateľov.

2.3.1. Analýza investorov

Experiment bol rovnako ako v prípade Berga a spol. dizajnovaný tak, že investori nemali možnosť komunikovať medzi sebou.

Experimentátori všetkým účastníkom priebežne dávali dotazníky, kde skúmali ich vzťah k altruizmu, výšku príjmu, výdaje, vzťah k riziku, pohlavie a rodinné pozadie.

Dotazníky sa tiež dopytovali na očakávania podnikateľa v prvej fáze hry (koľko peňazí si myslí, že dostane od investora) a očakávania investora v druhej fáze hry (koľko peňazí si myslí, že mu podnikateľ vráti).

Analyzovaním výsledkov a odpovedí z dotazníkov boli identifikované niektoré štatisticky významné faktory, vplývajúce na výšku odoslanej sumy:

- výška sumy, ktorú investor očakáva, že od neho podnikateľ očakáva, zohráva svoju úlohu; čím vyššie očakávanie podnikateľa predpokladal investor, tým viac peňazí odoslal – toto správanie je možné interpretovať ako formu sociálnej zodpovednosti
- investorky ženského pohlavia posielali priemerne o 1,44 dolára menej ako muži, čo potvrdzuje nižší sklon k riziku žien oproti mužom; tento fakt preukázal aj ďalší výskum²¹
- altruizmus bol v dotazníku skúmaný na škále od 1 do 5, účastníci dostávali otázku, či by sa zúčastnili na dobrovoľníckej činnosti; ukázalo sa, že čím vyššia bola nameraná hodnota altruizmu, tým viac bol ochotný investor odoslať
- znižovanie sumy peňazí odoslanej investormi so stúpajúcim počtom investorov v skupine je možné interpretovať tak, že pri vyššom počte investorov tí očakávajú, že podnikateľ dostane viac peňazí a teda ich vlastný príspevok môže byť nižší

2.3.2. Analýza podnikateľov

Pri analyzovaní správania sa podnikateľov boli vylúčené tie páry investor-podnikateľ, kde podnikateľ vrátil viac peňazí alebo rovnakú sumu, akú obdržal od investora.

Analyzovaním výsledkov a odpovedí z dotazníkov boli identifikované nasledujúce štatisticky významné faktory, vplývajúce na výšku vrátenej sumy:

²¹ CHAUDHURI Ananish, GANGADHARAN Lata: Gender Differences in Trust and Reciprocity. Auckland: The University of Auckland, Economics Department. Economics Working Papers, No. 875, 2003

- výška sumy, ktorú podnikateľ očakáva, že od neho investor očakáva, zohráva svoju úlohu; čím vyššie očakávanie investora predpokladal podnikateľ, tým viac peňazí vrátil – toto správanie je možné interpretovať ako formu sociálnej zodpovednosti
- ženy podnikateľky preukázali vyššiu dôveryhodnosť ako muži, čo potvrdzuje ich vyšší sklon k reciprocite a štedrosti
- aj napriek znižujúcej sa sume odosielanej investormi pri ich rastúcom počte v skupine, si podnikatelia uvedomovali, že pri viacerých investoroch, dostanú viac peňazí; ich dôveryhodnosť stúpa a sú ochotní vrátiť viac peňazí
- prekvapujúco podnikatelia, ktorí dostali viac peňazí ako očakávali, preukázali nižšiu dôveryhodnosť ako tí, ktorí dostali menej peňazí ako očakávali; tento fakt mohol byť spôsobený tým, že podnikatelia robili svoje rozhodnutie o vrátení sumy na základe toho, čo si mysleli, že od nich očakáva investor, nie na základe skutočne prijatých peňazí
- u podnikateľov sa potvrdila materialistická preferencia a teda vracali menej ako dostali

2.4. Boero, Bravo, Castellani, Squazzoni (2009)

Investičná hra a výsledky skúmania dokazujú, že človek sa nespráva striktnie racionálne. Do rozhodovania vstupujú ďalšie faktory ako altruizmus, sociálne normy, pocit viny alebo zavďačenia a podobne.

V jednej zo štúdií²² sa talianski autori zamerali na sledovanie dôležitosti ďalšieho faktora – vlastnej reputácie. Investičnú hru modifikovali a pridali opakovanie hry, pričom hráči mali možnosť hodnotiť správanie sa protihráča.

Tabuľka 4: Priemerná investícia ako funkcia ratingu podnikateľa

rating podnikateľa	priemerná výška investície	štandardná odchýlka
neznámy	\$4,12	2,24
negatívny	\$2,44	2,31
neutrálny	\$4,20	2,04
pozitívny	\$6,61	2,36

Výsledky štúdie ukázali, že umožnenie hodnotenia protihráčov a zverejnenie takzvaných *ratingov* je faktor, ktorý zvyšuje úroveň kooperácie aj v prípadoch, kde by sa to neočakávalo. Testované

²² BOERO Riccardo, BRAVO Giangiacomo, CASTELLANI Marco, FLAMINIO Squazzoni: Reputation and Judgement Effects in Repeated Trust Games. The Journal of Socio-Economics, Vol. 38, 2009

osoby mali tendenciu sledovať záujem budovať svoju reputáciu a často konali v rozpore s najracionálnejším rozhodnutím alebo v rozpore s recipročným konaním protihráča.

V tabuľke 4 sa nachádzajú priemerné výšky investície hráčov číslo 1 na základe vopred známeho ratingu hráčov číslo 2 – podnikateľov. Neznámy rating označuje stav na začiatku hry, keď ešte neboli vykonané opakovania a teda hráči si neudelili vzájomné hodnotenie.

„Naše výsledky sú konzistentné s hypotézou, že reputačné motívy reprezentujú významnú silu schopnú objasniť ľudské správanie a príslušnú ideu, že ľudské bytosti využívajú formy altruistického trestu voči subjektom majúcim zlý reputačný status,“ konštatujú autori v závere výskumu.

2.5. DeBruin (2002)

V roku 2002 uskutočnila ďalší zaujímavý výskum²³ DeBruinová. Investičná hra bola v tomto experimente modifikovaná novým spôsobom. DeBruinová ako psychologička sledovala, aký má vplyv genetické príbuzenstvo na úroveň dôvery.

Vo svojej práci vysvetľuje, že genetické príbuzenstvo môže byť chápané viacerými spôsobmi. Jedným z nich je *fenotypové párovanie*. Fenotypové párovanie znamená vyhodnocovanie podobnosti medzi vlastnosťami a charakteristikami iných osôb a našimi vlastnými alebo tých, ktorých poznáme, resp. sú nam blízki.

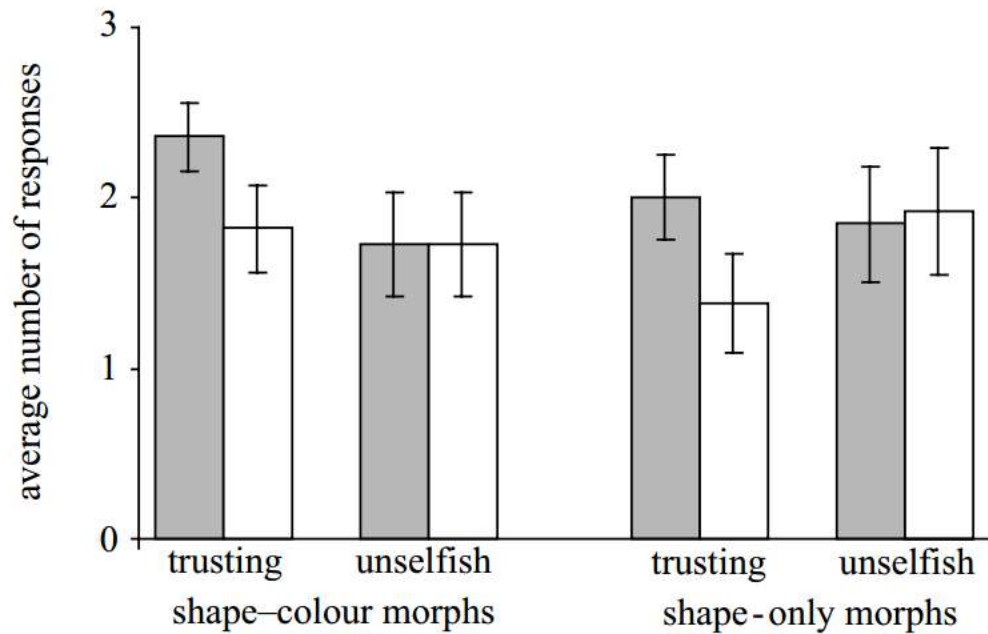
Autorka sa rozhodla testovať výzor tváre. Experiment manipulovala tak, že testované subjekty dostávali fotografiu tváre protihráča. Táto tvár bola v prvom prípade v skutočnosti technologicky upravená tvár samotného hráča alebo sa jednalo o úplne neznámu tvár.

Pri technologickej úprave sa využíval spôsob *digitálneho morfovania* vlastnej tváre s neznámou osobou, pričom pri prvom experimente sa menili tvar aj farba pokožky a v druhom prípade bol upravený len tvar tváre.

Ako je zreteľné z grafu 4, investori vkladali viac dôvery do podnikateľov, ktorých tvár bola technologickým morfovaním vytvorená z tváre samotných investorov. Toto správanie sa potvrdilo rovnako u 11 testovaných subjektov pri prezentovaní tváre s modifikáciou tvaru aj farby pokožky aj u 13 testovaných subjektov, kde bola prezentovaná tvár iba s modifikáciou tvaru, ale bez zmeny farby pokožky.

²³ DEBRUINE Lisa: Facial resemblance enhances trust. Hamilton: McMaster University, Department of Psychology. Proceedings of The Royal Society Biological Sciences, Vol. 269, 2002

Hráči číslo 2 (podnikatelia) sa správali rovnako a nepotvrdilo sa zmenené správanie voči dôverčivejším investorom.



Graf 4: Odlišné správanie sa voči morfovanému obrazu vlastnej tváre (sivé stĺpce) a voči morfovanému obrazu cudzej tváre (biele stĺpce)

(Zdroj: DeBruin)

Experiment jednoznačne potvrdil, že podobnosť ľudskej tváre môže zmeniť ľudské správanie v prospech dôverčivosti. Výskum DeBruinovej potvrdil, že aj genetická podobnosť a fenotypové párovanie môže zohrávať svoju úlohu pri vyhodnocovaní dôveryhodnosti protihráča.

3. Modelovanie a simulácia na báze agentov

Svet, v ktorom žijeme, sa rapídne mení a stáva sa čoraz komplexnejším.

Vidíme to napríklad na dátach.

Viac než 90 % všetkých dát na svete bolo vygenerovaných za posledné dva roky. Kým nárast v roku 2009 predstavoval 0,8 ZB, v roku 2020 sa očakáva, že to bude až 35 ZB ročne. Dovtedy by mohol celkový objem dát vo svete narásť na 40 Zettabajtov (jeden zettabajt predstavuje 10^{21} bajtov, čo je jednotka, ktorú nasleduje 21 núl alebo 1 ZB = trilión gigabajtov).

Čísla sú z výskumu SINTEFu²⁴ a New York Times a zverejnené boli ešte v roku 2013. Určite už boli prekonané, ale dávajú predstavu o tom, ako sa svet mení priamo pred našimi očami.

Navyše, množstvo dát, ktoré generujú ľudia a rôzne zariadenia má špecifické vlastnosti. V minulosti sme boli zvyknutí na pekné, prehľadné a štruktúrované dáta. V novej dobe *Internetu vecí* je všetko inak. Dáta nemajú štruktúru, neustále prichádzajú zo všetkých strán, všetko so všetkým súvisí, ale vzťahy medzi dátami nie sú ihneď jasné a zreteľné.

Aj z vyššie uvedených dôvodov viacero vedných odborov v súčasnosti využíva modelovaciu metódu známu ako *modelovanie na báze agentov* alebo *agentové modelovanie* a jej rozvinutejšiu tzv. *multiagentovú* formu.

Ide o simulačné modely, vďaka ktorým je možné simulovať rôzne fenomény a systémy vo virtuálnej realite.

Mathias vo svojej práci o možnostiach využitia multiagentového modelovania veľmi trefne zdôrazňuje zásadné prednosti modelovania s využitím agentov:

„Kľúčovou sa v súvislosti s multiagentovými modelmi javí skutočnosť, že tento druh modelov umožňuje simulovať javy v čase, pričom je možné relatívne voľne experimentovať na zvolenej populácii, ktorá je reprezentovaná súborom agentov v systéme, a to bez ohľadu na možné dopady a dôsledky pre túto populáciu. Táto skutočnosť umožňuje testovať rôzne varianty usporiadania systémov a odkrývať rôzne riziká pre populáciu, pričom odpadávajú isté etické problémy, ktoré by nevyhnutne vyvstali, ak by sa výskumník rozhodol experimentovať so skutočnou ľudskou populáciou, či populáciami. Je to spôsobené tým, že v týchto modeloch sa pracuje s virtuálnymi

²⁴ DRAGLAND Åse: Big Data, for better or worse. SINTEF, 2013

*objektmi – agentmi, ktorí zastupujú reálnych sociálnych aktérov, čiže ľudí pre potreby skúmania.*²⁵

Mathias uvažoval o využití multiagentového modelovania pre potreby sociologického skúmania, využitie však nachádzame aj pri analyzovaní správania sa človeka v ekonómii.

3.1. Charakteristika agenta

Základným prvkom dynamického multiagentového modelovacieho systému je samotný *agent*.

Napriek tomu, že agentové modelovanie sa vo vede využíva už niekoľko desaťročí, vedci sa nezhodli na všeobecne platnej definícii agenta. Ich typologizácia a chápanie je predmetom ďalšieho skúmania.

Agentom rozumieme jedinečnú autonómnu diskrétnu entitu, ktorá má vlastné ciele a správanie.

Agent ako samostatná entita sa dokáže adaptovať a môže svoje správanie zmeniť.

Pod pojmom agent si môžeme predstaviť napríklad:

- ľudí, skupiny, organizácie
- sociálny hmyz, roje
- roboty, spolupracujúce systémy robotov (drony pracujúce na princípe roja)

V ekonomickom ponímaní je agent aktívnym nositeľom ekonomických rozhodnutí a poznáme ho ako konajúcu entitu – konateľa, správcu, vyjednávača, dôverníka, makléra, predavača, pôvodcu deja.

Multiagentové systémy sú zložené z množstva takýchto agentov a tí interagujú medzi sebou vzájomne alebo sú v interakcii so samotným prostredím.

V multiagentových modelovacích systémoch chýba akékoľvek centrálné riadenie z vonkajšieho prostredia, agenti sú autonómni a rozhodujú sa sami. Agent sa však môže správať len podľa pravidiel vymedzených pre systém, v ktorom sa nachádzajú.

Agentové systémy možno vymedziť nasledovnými charakteristikami:

- a) agenti sú autonómni, dokážu kontrolovať svoje vlastné správanie a sú schopní konať samostatne

²⁵ MATHIAS Marek: Možnosti využitia multiagentového modelovania v sociológii. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, Filozofická fakulta, Katedra sociológie. Sociálne a politické analýzy, Vol. 4, 2010

- b) **agent sa nachádza v istom stave**, ktorý sa môže meniť v čase, krok za krokom, podľa jednotlivých iterácií určených periódou, čo v konečnom dôsledku napriek jednoduchosti pravidiel môže po istom počte iterácií viesť k vzniku komplexných štruktúr
- c) **agent koná lokálne**, to znamená, že interaguje len s vymedzeným počtom presne lokalizovaných agentov, agent je vždy situovaný do presne vymedzeného okolia, s danými susedmi, s ktorými môže interagovať
- d) **agent koná v diskrétnom čase**, teda krok za krokom
- e) **agent disponuje iba obmedzenou racionalitou a obmedzenými informáciami** o prostredí, v ktorom sa nachádza
- f) v rámci agentových modelov sa predpokladá **neexistencia centrálného plánu** alebo kontroly, či riadenia; systém na makroúrovni vzniká ako emergentný jav pôsobenia v čase, určenom iteráciami agentov na lokálnej úrovni
- g) **agenti sú v multiagentovom systéme schopní komunikácie s ďalšími agentmi a disponujú schopnosťou kontrolovať svoj vnútorný stav**, čo vedie k možnosti vyjednávať alebo odmietnuť požiadavku od iného objektu – agenta

V multiagentovom modelovaní sú teda agenti schopní kooperovať s inými agentmi, môže dochádzať k prenosu informácii ďalej a ostatní agenti môžu meniť svoje rozhodovanie a reagovať na nové poznatky.

Agenti sa riadia a správajú tak, aby v danom prostredí optimalizovali vlastný cieľ.

3.2. Povaha agentov

V nadväznosti na autonómiu a rozhodovanie agentov, je potrebné poznamenať, že existujú rôzne typy agentov. Tí sa líšia svojou inteligenciou a mierou reaktivity.

Pozorovať môžeme jednoduchých reaktívnych agentov, ktorí vykonávajú rozhodnutia len na báze stimulov, ale tiež mierne inteligentných agentov, ktorí disponujú pamäťou a vlastnou reprezentáciou vonkajšieho prostredia a správania ostatných agentov.

Správanie vysoko inteligentných agentov popisuje Kelemen takto: „*inteligentné správanie agenta je podmienené jeho schopnosťou uvažovať, zvažovať rôzne možnosti konať primerané akcie v prospech dosiahnutia cieľov, ktoré agent vo svojom prostredí sleduje, a to na základe reprezentácie prostredia a svojich vlastných možností v tomto prostredí konať.*“²⁶

²⁶ KELEMEN Jozef: Myslenie a stroj. Bratislava: Kalligram, 2010

Umelá inteligencia vo forme agenta sa v inteligentnej forme nerozhoduje len na základe vlastného vnímania, ale aj v závislosti od činnosti a počtu ostatných agentov v danom spoločenstve.

3.3. Simulácia v multiagentovom modelovaní

V minulosti bolo známych množstvo komplexných systémov, avšak ich skúmanie bolo nemožné alebo bolo do značnej miery zjednodušené a abstrahovalo od množstva premenných.

Multiagentové modelovanie prekonáva nedostatky a zjednodušenia iných modelov pomocou simulácie a distribúcie agentov v priestore. Využíva sa pritom počítačové modelovanie. Práve rozvoj technológie je dôvodom rozšírenia vedeckého skúmania pomocou modelovacích techník na báze agentov v uplynulom období.

Simulácia prebieha ako *spontánne usporadúvanie* a štruktúra systému vzniká na základe konania jednotlivých agentov.

Vo všeobecnosti modelovanie na báze agentov vyžaduje štyri okruhy pravidiel, podľa ktorých je systém schopný simulovať svoj vývoj v čase:

1. **Pravidlá pre správanie agenta** – tieto pravidlá určujú sústavu definovaných vlastností agenta, pričom niektoré môžu byť pre agenta fixované, iné sú variabilné
2. **Pravidlá prostredia** – predstavujú sústavu definovaných limitov prostredia, v ktorom agenti operujú, tieto pravidlá sa vzťahujú na správanie agentov
3. **Pravidlá pre činnosť modelu** – tieto pravidlá organizujú priebeh simulácií modelu, jeho parametre
4. **Pravidlá interakcií** – predstavujú sústavu pravidiel, ktorá existuje výhradne v multiagentových systémoch, ktorou sa riadia vzájomné interakcie agentov modelu, resp. sú to vzorce upravujúce vzájomné vzťahy dvoch a viacerých agentov daného systému

Počítačová simulácia a modelovanie je experiment, ktorý je však v konečnom dôsledku opäť len teoretickou abstrakciou. Ani simulačné modely na báze agentov preto nemôžu dosiahnuť úplnu mieru validity a komplexnosti.

Dôvodom je, že aj počítačová simulácia musí vychádzať z istého počiatočného stavu, ktorým sa snažíme zobrazíť reálny svet relevantným spôsobom. Na to potrebujeme mať vhodné teoretické predpoklady a spoľahlivé vstupné údaje.

3.4. Kľúčové faktory pri plánovaní simulácie na báze agentov

Agentové modelovanie je veľmi silným nástrojom pre novodobé skúmanie nielen v ekonómii. Avšak pre realizovanie validných simulácií je nutné zaoberať sa úvodným nastavením populácie agentov a ďalšími otázkami ako nastavenie počtu interagujúcich agentov, ich geometrie, nastavenia času a ďalších pravidiel.

3.4.1. Veľkosť systému

Simulácie založené na agentovom modelovaní sa často líšia veľkosťou, t.j. počtom agentov v systéme. Veľkosť systémov sa však už len zriedkavo mení počas samotnej simulácie. Dôležité je teda pred simuláciou zodpovedať na otázku ako bude zmena interagujúcich agentov vplývať na výsledky experimentovania.

Empiricky je dokázané, že počet agentov je funkciou času pre mnohé početné systémy – napríklad mestské centrá, počet protestujúcich na demonstrácii alebo medzinárodné systémy. Veľkosť systému je podstatným faktorom pre systémy a procesy, ktoré zahŕňajú kolektívne rozhodovanie²⁷.

Pre zabezpečenie validity výsledkov simulácie je potrebné vykonať analýzu senzitivity výsledkov vzhľadom na veľkosť systému.²⁸ V opačnom prípade, výsledky agentovej modelácie môžu mať len lokálny charakter.

3.4.2. Geometria agentov

Až na niektoré výnimočné prípady je vo väčšine simulácií používaná štandardná štvorcová geometria agentov. Pod geometriou rozumieme možnosti, aké má agent pre svoje rozhodovanie.

Napríklad z empirických skúseností vieme, že priemerný počet hraníc reálnych politických útvarov sa blíži viac k hodnote 6 ako ku hodnote 4.²⁹ Preto je väčšina taktických vojenských máp kreslená s použitím hexagónov a nie štvorcov.

Je logické, že dizajn a rozloženie agentov, teda počet možností interakcií, ktoré agenti majú v systéme, ovplyvňuje aj výsledok konečnej počítačovej simulácie. Z tohto dôvodu je nutné zvažovať aj tento faktor pri plánovaní populácie agentov.

²⁷ OLSON Mancur: *The Logic of Collective Action, Public Goods and The Theory of Groups*. Cambridge: Harvard University Press, 1971

²⁸ CIOFFI-REVILLA Claudio: *Invariance and Universality in Social Agent-Based Simulations*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 99, No. 10, 2002

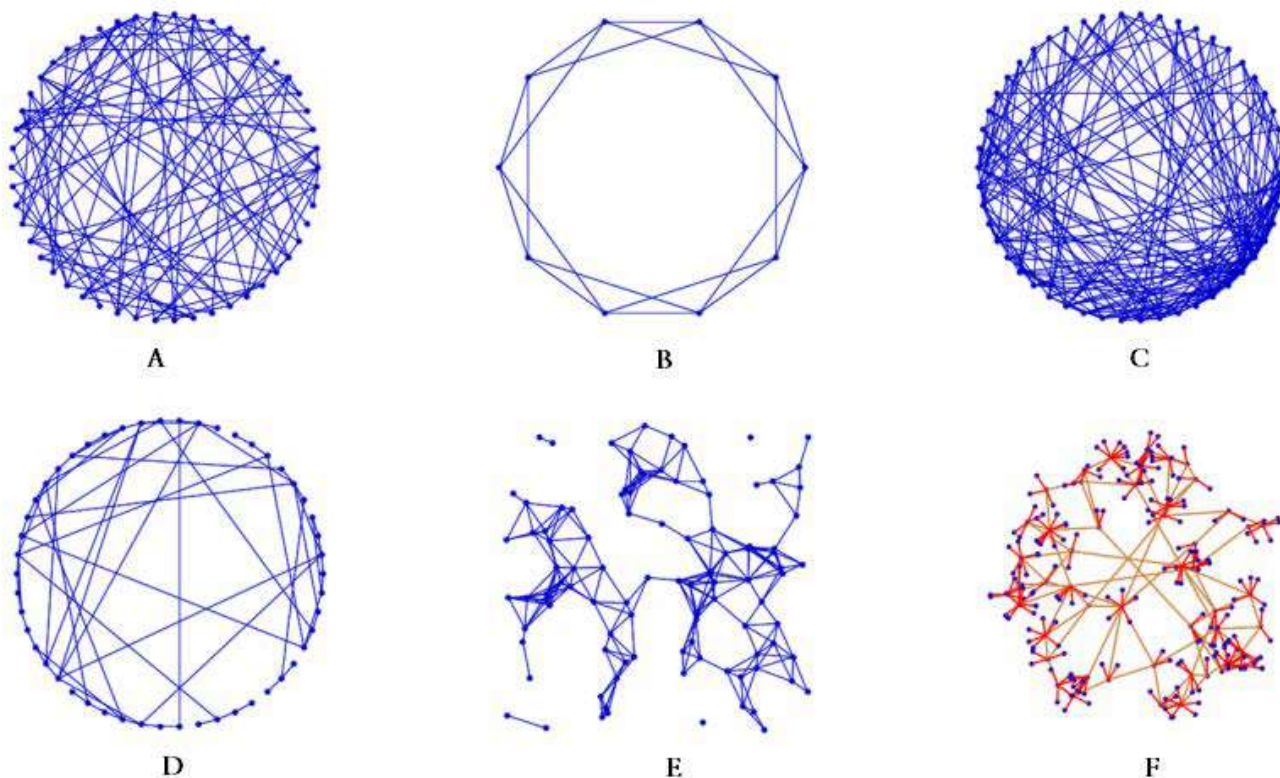
²⁹ RICHARDSON Lewis: *Statistics of Deadly Quarrels*. Ann Arbor: Inter-university Consortium for Political and Social Research, 1960

3.4.3. Topológia siete

Okrem geometrie agentov sú simulácie závislé aj od štruktúry základnej siete interakcií. Väčšina simulácií využíva základné typy štruktúry: *ortogónálnu (pravouhlú)* alebo *diagonálnu (uhlopriečnu)* a umožňuje rozhodovanie v ľubovoľnom smere.

Aj v prípade topológie siete nie je celkom jasné, akým spôsobom môže ovplyvniť celkové výsledky simulácie, ale je pravdepodobné, že štruktúra siete má vplyv na výsledné správanie agentov.

V prípade vyššie spomenutých medzinárodných spoločností je problém s topológiou vyriešený práve použitím hexagónovej geometrie, takže agent má šesť možností pre rozhodovanie. Pokiaľ nie sú interakcie namodelované s vhodnou geometriou, je potrebné skúmať aj vplyv štruktúry siete interakcií na konečné rozhodnutia agentov.



Obrázok 3: Rôzne typy štruktúr sietí agentových modelov

(Zdroj: The Anylogic Company)

Na obrázku 3 sú zobrazené niektoré typické využívané štruktúry:

- **A – náhodná sieť**, 50 agentov po obvode, 3 možné interakcie pre agenta
- **B – prsteňová mriežka**, 10 agentov po obvode, 4 možné interakcie pre agenta
- **C – voľná mriežka**, 50 agentov po obvode, 4 možné interakcie pre agenta
- **D – malý svet**, 50 agentov po obvode, 3 možné interakcie pre agenta, 75 % susediacich interakcií
- **E – sieť na báze vzdialeností**, 100 ľubovoľne rozmiestnených agentov, vzdialenosť = 50
- **F – ľubovoľná sieť**, 50 začiatočných agentov zo siete „malý svet“, 200 ďalších agentov pridaných pomocou interakcií

3.4.4. Kalibrácia času

Modelovanie založené na agentoch sa pri narábaní s časom podobá na iné modely. Pri simulovaní sa takisto iteruje s mnohými opakovaniami a je preto nutné premyslieť koľko hodín, dní, mesiacov alebo rokov bude daná simulácia bežať.

Zároveň je potrebné zvoliť správnu veľkosť iterácie, čo znamená urobiť rozhodnutie o tom, akú časovú jednotku bude zastupovať jedna iterácia.

Pri rozhodovaní o veľkosti iterácie najčastejšie vychádzame z empirických skúseností.

3.4.5. Štrukturálna stabilita

Agentové modelovanie typicky vytvára isté vzorce správania, vznikajú trajektórie trendov. V prípade dlhodobých simulácií je potrebné uvažovať o tom, aká bude stabilita dynamického modelu.

Agenti sa môžu rozhodovaním dlhodobo blížiť do istého konečného stavu. Ak je to očakávaný scenár, potom môžeme priebežne vyhodnocovať, či aktuálne správanie sa agentov je asymptotické s predpokladom alebo stanovenou hypotézou alebo nie.

3.5. Postup tvorby a vlastností štandardne používaných počiatočných syntetických populácií v modelovaní na báze agentov

Popularita agentového modelovania v uplynulých rokoch aj vďaka rýchlo rozvíjajúcim sa technológiám prudko rastie. Napriek tomu stále neexistujú žiadne kodifikované pravidlá ani praktiky ako využívať takéto modelovanie pri empirickom výskume.

V literatúre a na základe doterajších výskumov však nachádzame rôzne odporúčania a skúsenosti autorov rôznych štúdií o tom, ako zostavovať syntetické populácie agentov.

V nasledujúcej časti rozoberieme niektoré z nich.

3.5.1. Agregácia vlastností agentov

Častým problémom agentového modelovania býva skutočnosť, že využíva agregované dáta o agentoch. Agregácie sú na rôznych úrovniach a týkajú sa rôznych vlastností agentov ako napríklad vek, pohlavie, rasa, vzdelanie, príjem alebo ďalšie iné špecifické atribúty.

Pri modelovaní založenom na agentoch však vychádzame z predpokladu, že každý agent je unikátnou entitou. Tu môže dochádzať k problémom a nepresnostiam v simuláciách, najmä ak chýbajú informácie o konkrétnych agentoch, ktorí sú zahrnutí v danej populácii.

Ak sa výskum nezameriava len na jednu špecifickú veličinu alebo nie je triviálny, je potrebné zabezpečiť, aby populácia agentov naozaj kopírovala potrebné vlastnosti a správanie a aby zloženie počiatočnej populácie vyhovovalo potrebám simulácie.

3.5.2. Lokálnosť agentov

K zaujímavému zisteniu prišli Augustijn-Beckers a spol. pri ich simulácii³⁰ šírenia cholery. V roku 2011 tím vytvoril agentový model a skúmal šírenie chorôb v Kumasi v Ghane.

Pokus sa zameral na severovýchodnú časť mesta a obsahoval test šírenia cholery zo smetísk muchami, ďalej šírenie choroby znečistenou vodou zo smetísk a prenosom medzi ľuďmi navzájom.

Populáciu agentov v štúdiu tvorilo 3500 entít reprezentujúcich osoby s primeraným rozložením vekových kategórií, úrovni príjmu, krvných skupín (dôležitý faktor pre šírenie cholery) a ďalšie dynamické faktory danej populácie ako napríklad hygienické návyky alebo prístup k vodovodu a čistej vode.

Okrem iného výskumníci zistili, že keď do populácie pridali nerezidenčných agentov (návštevníkov), výsledky simulácie sa zmenili. Agentový model sa upravil, bol dynamickejší a stal sa reálnejším. To viedlo k relevantnejším výsledkom.

Pre zvýšenie relevantnosti simulácií a modelov na báze agentov je preto vhodné syntetické populácie obohatiť o cudzie entity, ktoré sa správajú inak ako je očakávané u lokálnych agentov.

³⁰ AUGUSTIJN-BECKERS Ellen-Wien, USEYA Juliana, ZURITA-MILLA Raul, OSEI Frank: Simulation of Cholera Diffusion to compare transmission mechanisms. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2016

3.5.3. Príslušnosť k sociálnej sieti

Ďalším kritériom agentov tvoriacich syntetické populácie, ktoré je potrebné zvážiť, je ich príslušnosť k sociálnym sieťam. Hovoríme tu o sexuálnych alebo priateľských sieťach, ktoré majú tendenciu vo svojom vnútri reagovať na podnety podobným správaním.

Nasadením cudzích entít je možné predísť rovnakému správaniu všetkých entít na základe príslušnosti do rovnakej sociálnej siete.

Zároveň sa nasadením cudzích entít obohacuje možnosť vzájomných interakcií, avšak sociálne interakcie sa s postupujúcim časom simulácie (počtom iterácií) vyvíjajú aj v rámci samotných sietí.

3.5.4. Rôznorodosť typov agentov

Pri príprave agentových modelov sa využívajú sady agentov s vlastnosťami, ktoré vyžaduje simulovanie. Je však dôležité uvedomiť si, že agenti nepredstavujú len ľudí.

V prípade testovania oproti populácii agentov, ktorá zahŕňa i iné typy agentov reprezentujúcich inštitúcie alebo väčšie sociálne celky, je potrebné aj tu zohľadňovať rôzne správanie.

Dobрым príkladom je simulovanie vývoja vzdelania na istom území. Okrem populácie agentov zastupujúcich žiakov tu musíme uvažovať aj o školách ako individuálnych agentoch so svojimi špecifickými vlastnosťami (napr. priemerný vek študentov, priemerný prospech na študenta, rozpočet, počet učiteľov atď.).

3.5.5. Špecifické správanie agentov

Veľmi širokou oblasťou skúmania v modeloch na báze agentov je dynamika populácie daná skupinou empirických preferencií a možných správání.

Najdôležitejšou úlohou je určenie správnych rozhodnutí agenta v modeli.

Rozlišovať tu je potrebné medzi dvoma základnými situáciami.

V prvom prípade, je cieľom modelovania odhaľovať informácie na makro úrovni. Overuje sa teda teoretická pravdepodobnosť preferencie alebo správania sa agentov, pričom môžeme uvažovať o celkovom správaní sa populácie.

V druhom prípade sa modelovaním pokúšame porozumieť následkom správania sa v simulácii podobajúcej sa reálnemu svetu so zameraním sa na partikulárne entity. Pri takomto skúmaní je kriticky dôležitou podmienkou nastaviť správanie agentov správnym spôsobom.

„Ako je možné nazývať Modelovaním na báze agentov také modely, ktoré neobsahujú žiadne explicitné reprezentácie sociálnych agentov (autonómiu, heterogénnosť, úmyselné vlastné ciele,

vnímanie, strategické rozhodovanie, atď.), ale často len jednoduché matematické funkcie homogénne regulovaného správania agentov?“ pýta sa provokatívne vo svojej knihe Hedstrom³¹.

Naráža pritom práve na agentové modelovanie na makro úrovni. Podobné otázky si však teoretici kladú už dlhú dobu a s rovnakým problémom sa potýkame aj pri iných modelovaniach.

Pre skúmanie na úrovni agentov do popredia vstupujú *diskrétne modely*, ktoré poskytujú rámec pre rozhodovanie sa agentov.

Diskrétne modely umožňujú skúmať rôzne kombinácie znalostí agentov o ich alternatívnych možnostiach, stratégií učenia sa a vyhodnocovania situácií, reakcií na podmienky prostredia, reakcií na minulé skúsenosti či vnímaniu sociálneho tlaku.

Pokiaľ už vieme, aké sú možnosti a výber možností správania sa agentov, diskrétne modely špecifikujú poradie a pravdepodobnosti, v akých sa budú vyskytovať v danej populácii.

Agentové modely by samozrejme mali uvažovať aj s istou náhodnosťou. Je totiž nepravdepodobné, že agenti sa vždy budú rozhodovať podľa rovnakého vzorca. Nie vždy si musia vybrať najlepšiu možnosť a tiež môže dochádzať k prirodzeným omylom.

Pri zostavovaní populácií musíme vyhodnotiť a odhadnúť agentov na základe ich odhalených alebo prezentovaných preferencií. Dáta o agentoch môžeme získať z rôznych zdrojov: administratívne, pozorovaním, prieskumom. Viac zdrojov a ich kombinácia zabezpečuje presnejšie údaje o populácii.

3.5.6. Hodnoty, názory, svetonázor

Hodnotové presvedčenie a celkový svetonázor agentov sú významným faktorom, ktorý ovplyvňuje ich rozhodovanie.

Napríklad pri skúmaní reprodukcie medzi národmi je dôležité sociálne pozadie a norma, ktorá predurčuje agenta v názore na to, kedy počať prvé dieťa, koľko ich splodiť a akým spôsobom sa o ne starať.

Z ekonomického hľadiska sme aj pri vyhodnocovaní rôznych Investičných hier (bez modifikácií, ale aj s modifikáciami) pozorovali vplyv altruizmu a presvedčenia na správania sa počas rozhodovania sa o dôvere a jej oplatení nesebeckým správaním.

Zatiaľ kým predošlé charakteristiky populácie boli skôr kvantitatívneho charakteru, hodnotové presvedčenie je kvalitatívnou charakteristikou predurčujúcou agenta k istému typu správania sa.

³¹ HEDSTRÖM Peter, ÅBERG Yvonne: *Dissecting the Social: On the Principles of Analytical Sociology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005

Yang a Gilbert vo svojej práci upozorňujú³², že na rozdiel od kvantitatívnych informácií o agentoch, kvalitatívna informácia hovorí o tom, ako bude agent vyhodnocovať udalosti okolo seba a správanie ostatných agentov v populácii.

Pri zostavovaní syntetickej populácie agentov je preto pre validitu simulácie vhodné zastúpiť rôzne názorové skupiny agentov.

³² YANG Lu, GILBERT Nigel: Getting Away From Numbers: Using Qualitative Observation For Agent-based Modeling. *Advances in Complex Systems*, Vol. 11, No. 2, 2008

4. Návrh postupu tvorby počiatkovej syntetickej populácie a distribúciu jej parametrov v prípade modelovania na báze agentov založeného na investičnej hre

Návrh postupu tvorby počiatkovej syntetickej populácie v prípade modelovania na báze agentov založeného na investičnej hre pre potreby tejto práce je realizovaný s ohľadom na tri rôzne analyzované veličiny:

1. skúmanie vzťahu agentov k dôvere vzhľadom k predošlým skúsenostiam s investovaním
2. skúmanie vzťahu agentov k dôvere vzhľadom k prezentovanej miere altruizmu
3. skúmanie vzťahu agentov k dôvere vzhľadom na potrebu budovania vlastnej reputácie

Všetky tri uvedené simulácie vyžadujú nielen dôkladnú prípravu modelu samotného experimentu, ale aj vytvorenie vhodnej populácie agentov.

Pri tvorbe syntetickej populácie agentov budeme postupovať najprv zostavením základných vlastností agentov pre každú z uvedených modelácií a následne aplikujeme rozdelenie.

4.1. Určenie veľkosti systému

Ako bolo uvedené v teoretickej časti tejto práce, veľkosť systému patrí k jedným z kľúčových faktorov pri plánovaní simulácie.

S ohľadom na potreby skúmania dôvery v rámci modelovania Investičnej hry môžeme zvoliť veľkosť systému t.j. počet agentov pre simuláciu v počte 200.

Polovica modelovaných agentov bude v roli investora a polovica bude vystupovať v roli podnikateľa. Počas simulovania tak v každej iterácii vznikne sto párov investor-podnikateľ.

4.2. Určenie kľúčových vlastností agentov

Skôr než navrhne syntetické populácie pre agentové modely, potrebujeme rozhodnúť o kľúčových atribútoch a parametroch agentov pre každú z pripravovaných simulácií.

Niektoré z vlastností, ktoré budeme distribuovať v populácii agentov, budú spoločné pre každú modeláciu. V jednotlivých modeláciách budeme potom distribuovať aj špecifické vlastnosti a bude to práve ich vplyv na rozhodovanie sa, dôveru a dôverčivosť, čo budeme analyzovať.

Nastavenie agentov v pozícii investora a podnikateľa bude z pohľadu vlastností podobné, avšak spôsob, akým svoj charakter agenti uplatnia pri simulácii bude odlišný.

4.2.1. Spoločné sledované vlastnosti agentov

Úvodné parametre, ktoré použijeme pri zostavovaní populácií, majú štatistickú povahu a vďaka nim bude možné analyzovať výsledky simulácii z demografického uhla pohľadu.

Za tieto parametre sme zvolili:

- vek
- pohlavie
- výšku
- váhu

Hoci sa v štandardnej Investičnej hre hráči nikdy nestretnú, v modifikovanej Investičnej hre môžeme hráčov postaviť oproti sebe. Aj napriek tomu, že sa nepoznajú a nebude im dovolená komunikácia, môžeme očakávať ovplyvnenie výsledkov.

Klást si tu môžeme napríklad otázky, či výrazne menší investor vloží dôveru do zjavne vyššieho alebo väčšieho podnikateľa a tiež naopak, ako oplátí dôveru investora vzrastom väčší (menší) človek, než jeho protihráč?

Výsledky tu môžu byť rovnako zaujímavé ako tie, ktoré namerala DeBruinová a boli opísané v kapitole 2.5.

Ďalšími spoločnými parametrami, ktoré budeme sledovať u všetkých agentov sú:

- vzdelanie
- výška príjmu
- miesto bydliska

Vzdelanie a výška príjmu sú jednoznačne faktory, ktoré predurčujú agenta k istému typu správania. Úlohou simulovania populácie s distribúciou rôznych úrovní vzdelania a príjmu v Investičnej hre by mohlo byť pozorovanie, o aký typ správania sa ide.

Inklinujú viac vzdelaní ľudia k racionálnejším rozhodnutiam? Správajú sa sebeckejšie a v očakávaní Homo Economicusa alebo naopak, sú skôr otvorení spolupráci? Je možné pomocou simulovania

potvrdiť hypotézu, že ľudia s vyšším príjmom majú väčší sklon k riziku alebo sa práveže správajú logickejšie a maximalizujú svoj úžitok na oboch stranách – investorovej i podnikateľovej?

Ako bolo uvedené v kapitole 3.5.2, cudzie entity v populácii môžu priniesť reálnejšie výsledky simulovania.

V prípade návrhu populácie zostavenej z agentov pochádzajúcich len z jednej lokality, ako tomu bolo v mnohých prípadoch doteraz realizovaných výskumov (rovnaké mesto, rovnaká univerzita), je pravdepodobné skreslenie výsledkov.

Podobne ako pri tendencii k rovnakému správaniu sa agentov prislúchajúcich k rovnakej sociálnej skupine alebo sieti, môžeme predpokladať aj inklináciu agentov k podobnému správaniu sa v rámci istého geologického územia. Preto budeme pri návrhu syntetických populácií agentov uvažovať o distribúcií rôznych bydlísk.

4.2.2. Návrh populácie agentov založený na rozdelení ekvivalencie

Na základe určených 7 kritérií pre agentov tvoriacich populáciu, môžeme vytvoriť konkrétnu populáciu. Využiť môžeme dva prístupy.

Prvý prístup je tzv. *manuálny* a teda populáciu môžeme navrhnuť s ohľadom na všetky parametre tak, aby sme zastúpili čo najširšie spektrum vlastností.

Vychádzať pritom môžeme z vopred stanoveného rozdelenia ekvivalencie. To by sme mohli určiť napríklad nasledovne:

Tabuľka 5: Návrh distribúcie spoločných vlastností agentov syntetickej populácie založený na rozdelení ekvivalencie

atribút	rozdelenie ekvivalencie				
vek	18-29 (20)	30-39 (20)	40-49 (20)	50-59 (20)	60+ (20)
pohlavie	M (50)	Ž (50)	-	-	-
výška	150-159 (20)	160-169 (20)	170-179 (20)	180-189 (20)	190+ (20)
váha	45-59 (20)	60-69 (20)	70-79 (20)	80-89 (20)	90+ (20)
vzdelanie	ZŠ (33)	SŠ (34)	VŠ (34)	-	-
výška príjmu	405-600 (20)	600-799 (20)	800-999 (20)	1000-1199 (20)	1200+ (20)
miesto bydliska	Bratislavský (20)	Košický (20)	Zvolenský (20)	Žilinský (20)	Nitriansky (20)

Navrhnuté rozdelenie ekvivalencie je rovnomerné, zastúpenie každej z vlastností je teda rovnaké. V prípade použitia populácie o veľkosti 200 agentov by sme tento počet delili počtom tried ekvivalencie pre všetky atribúty.

Počet agentov zastupujúcich každú vlastnosť je zobrazený v tabuľke 5 v zátvorke, uvedené čísla sú ešte vydelené koeficientom 2. Je to z dôvodu, že hry sa zúčastňujú dvaja hráči a v uvedenom prípade chceme pozorovať rovnakú distribúciu vlastností medzi investormi aj podnikateľmi.

Počet agentov v tabuľke je teda názorným rozdelením vlastností medzi obe skupiny hráčov (hráčov číslo 1 a hráčov číslo 2).

Agentový model by sme mohli samozrejme navrhnúť aj s inak nastavenou populáciou. Postačilo by manuálne zvýšiť alebo znížiť výskyt konkrétneho atribútu v danej populácii.

4.2.3. Návrh populácie agentov založený na pravdepodobnosti

Zaujímavejší a zrejme aj pohodlnejší prístup k tvorbe počiatkovej populácie agentov je *prístup založený na pravdepodobnosti*.

Pri tomto postupe nestanovíme presný počet agentov nesúcich požadované vlastnosti, ale stanovíme len pravdepodobnosť, s akou budú dané vlastnosti zastúpené v syntetickej populácii.

Pravdepodobnosť výskytu určitej vlastnosti v populácii môžeme označiť ako ϕ . Ak označíme celkový počet agentov v populácii ako N , potom počet agentov v populácii s uvedenou vlastnosťou bude $x = \phi \cdot N$. Súčet pravdepodobností výskytu alternatívnych vlastností by samozrejme mal byť rovný 1.

atribút	rozdelenie ekvivalencie				
vek	18-29 (0,18)	30-39 (0,22)	40-49 (0,26)	50-59 (0,22)	60+ (0,12)
pohlavie	M (0,48)	Ž (0,52)	-	-	-
výška	150-159 (0,16)	160-169 (0,20)	170-179 (0,27)	180-189 (0,20)	190+ (0,17)
váha	45-59 (0,14)	60-69 (0,21)	70-79 (0,30)	80-89 (0,21)	90+ (0,14)
vzdelanie	ZŠ (0,24)	SŠ (0,48)	VŠ (0,28)	-	-
výška príjmu	405-600 (0,20)	600-799 (0,31)	800-999 (0,24)	1000-1199 (0,16)	1200+ (0,09)
miesto bydliska	Bratislavský (0,20)	Košický (0,20)	Zvolenský (0,20)	Žilinský (0,20)	Nitriansky (0,20)

Tvorba návrhu populácie môže vychádzať z potrieb skúmania, no môžeme sa oprieť aj o reálne demografické dáta. Tabuľka 6 ukazuje ako môže takýto návrh vyzeráť. Tentokrát nie sú v zátvorkách uvedené presné počty agentov, ale pravdepodobnosť ich výskytu v populácii.

4.3. Špecifické sledované vlastnosti agentov

Okrem spoločných vlastností populácie agentov sa pre každé zo zadaní potrebujeme zaoberať aj špecifickými vlastnosťami. Tie budú kvalitatívneho charakteru a budú rozhodovať o tom, ako sa sa budú agenti rozhodovať v rôznych situáciách. Agenti tu budú konať na základe svojej predošlej skúsenosti, charakteru a hodnôt.

Pre simulovanie vzťahu agentov k dôvere vzhľadom k predošlým skúsenostiam s investovaním môžeme populáciu agentov navrhnuť s nasledovnými úrovňami skúsenosti:

- **žiadna**
- **pozitívna**
- **neutrálna**
- **negatívna**

Pre simulovanie vzťahu agentov k dôvere vzhľadom k prezentovanej miere altruizmu môžeme populáciu agentov navrhnuť s nasledovnými úrovňami pozorovaného alebo prezentovaného altruizmu:

- **vysoká**
- **normálna**
- **nízka**

Pre simulovanie vzťahu agentov k dôvere vzhľadom na potrebu budovania vlastnej reputácie môžeme populáciu agentov navrhnuť s nasledovnými úrovňami potreby:

- **silná**
- **neutrálna**
- **nízka**

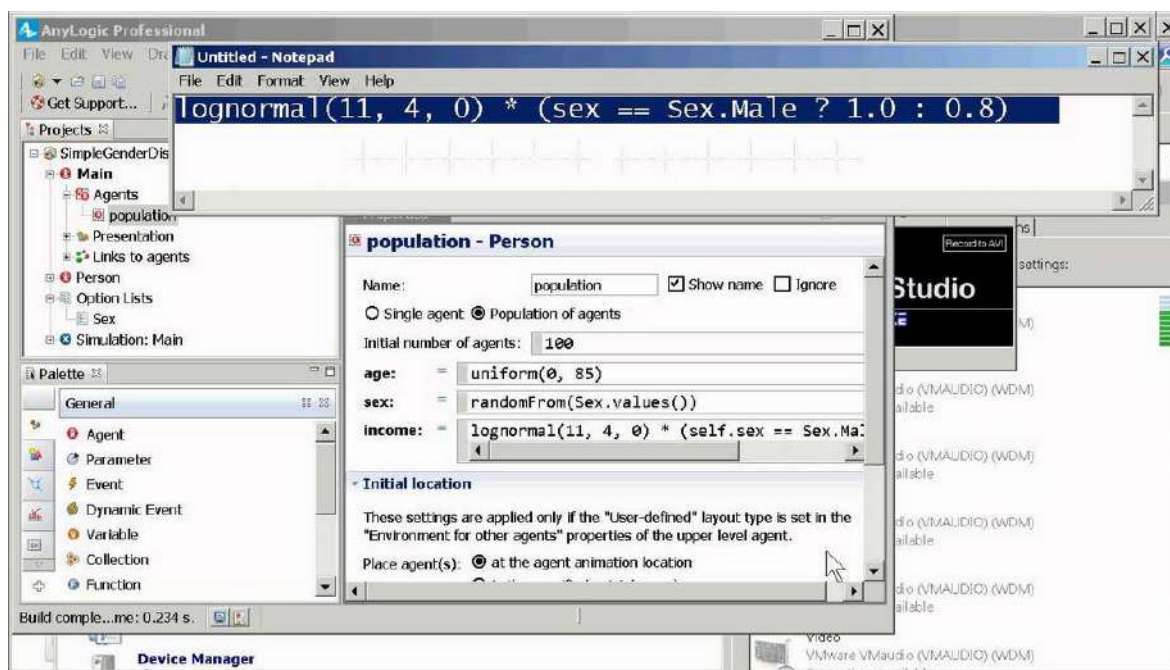
Tvorba počítačovej populácie agentov s pridanou kľúčovou pozorovanou vlastnosťou pre každé zo zadaní môže opäť prebiehať manuálnym stanovením počtu agentov alebo nastavením pravdepodobnosti výskytu danej úrovne vlastnosti v populácii.

4.4. Zostavenie konkrétnej počiatkovej syntetickej populácie agentov

Pokiaľ sme zadefinovali veľkosť systému a kľúčové vlastnosti agentov, ktorých vzájomné interagovanie budeme pozorovať v agentovom modeli a keď vieme, aké ma byť zastúpenie jednotlivých atribútov, môžeme prísť k vytváraniu konkrétnych populácií agentov.

Pre tvorbu populácií agentov môžeme využiť širokú škálu programov a modelovacieho softvéru, kde postačuje nastaviť požadované parametre agentov, pravdepodobnosti a syntetickú populáciu agentov je možné jednoducho vygenerovať.

Rovnako jednoducho je možné počiatkové populácie upravovať prídávaním alebo uberaním sledovaných kritérií či možností správania sa a tiež zmenou pravdepodobnosti ich výskytu medzi agentmi.



Obrázok 4: Ilustratívny obrázok práce v programe generujúcom populáciu agentov na základe prednastavených kritérií veku, pohlavia a príjmu

(Zdroj: The Anylogic Company)

Záver

Cieľom diplomovej práce bolo navrhnúť rôzne syntetické počiatočné populácie agentov pre experimenty na základe investičnej hry.

Pred prístupím k samotnej realizácii boli prezentované doterajšie uskutočnené pokusy a ich zistenia a prezentované agentové modelovanie ako aktuálna a moderná výskumná metóda.

Modelovanie založené na agentoch sa v súčasnosti vďaka pokročilému rozvoju technológií dostáva do popredia a umožňuje vykonávať rôzne simulácie bez potreby skutočnej realizácie experimentov. Na to je však potrebný vhodne skonštruovaný model a tiež dobre pripravená populácia agentov, nad ktorou je agentová simulácia vykonávaná.

Práca uvádza dôležité faktory, ktoré je potrebné brať do úvahy pri zostavovaní samotného agentového modelu a tiež pri navrhovaní populácie agentov.

Na základe týchto poznatkov boli v kapitolách 4.2.2. a 4.2.3. navrhnuté populácie agentov založené na exaktnom prístupe na prístupe založenom na pravdepodobnosti.

V budúcnosti by uvedené zistenia a navrhnuté populácie mohli byť využité pri počítačovom modelovaní a riešení konkrétnych zadaní s využitím modelovacieho softvéru na báze agentov.

Zoznam použitej literatúry

- [1]. AUGUSTIJN-BECKERS Ellen-Wien, USEYA Juliana, ZURITA-MILLA Raul, OSEI Frank: Simulation of Cholera Diffusion to compare transmission mechanisms. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2016
- [2]. BELSKY Gary, GILOVICH Thomas: Why Smart People Make Big Money Mistakes ... and How to Correct Them. New York: Simon & Schuster Paperbacks, 1999
- [3]. BERG Joyce, DICKHAUT John, MCCABE Kevin: Trust, Reciprocity and Social History. Iowa: Academic Press, 1995
- [4]. BOERO Riccardo, BRAVO Giangiacomo, CASTELLANI Marco, FLAMINIO Squazzoni: Reputation and Judgement Effects in Repeated Trust Games. The Journal of Socio-Economics, Vol. 38, 2009
- [5]. BOLTON Gary, KATOK Elena, ZWICK Rami: Dictator game giving: Rules of fairness versus acts of kindness. Berlin: Springer Verlag. International Journal of Game Theory, Vol. 27, 1998
- [6]. CASSAR Alessandra, RIGDON Mary: Trust and Reciprocity in 2-node and 3-node Networks. MPRA Paper, No. 7005, 2008
- [7]. CIOFFI-REVILLA Claudio: Invariance and Universality in Social Agent-Based Simulations, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 99, No. 10, 2002
- [8]. COLEMAN James: Foundations of Social Choice Theory. Cambridge: Harvard University Press, 1990
- [9]. DASGUPTA Partha: Economic progress and the ideal of social capital. Social Capital: A Multifaceted Perspective. The World Bank, 2000
- [10]. DEBRUINE Lisa: Facial resemblance enhances trust. Hamilton: McMaster University, Department of Psychology. Proceedings of The Royal Society Biological Sciences, Vol. 269, 2002
- [11]. DÉMUTH Andrej: Teória hier a problém rozhodovania. Trnava: Filozofická fakulta Trnavskej univerzity, 2013
- [12]. DRAGLAND Åse: Big Data, for better or worse. SINTEF, 2013
- [13]. FUKUYAMA Francis: Trust: Social Virtues and the Creation of Prosperity. New York: Free Press, 1995
- [14]. GRÓF M., LECHOVÁ L., GAZDA V., KUBÁK M.: An Experiment on the Level of Trust in an Expanded Investment Game. Journal of Applied Sciences, Vol. 12, No. 12., 2012

-
- [15]. GUMMERUM Michaela, HANOCH Yaniv, KELLER Monika, PARSONS Katie, HUMMERL Alegra: Preschoolers' allocations in the dictator game: The role of moral emotions. *Journal of Economic Psychology*, Vol. 31, 2010
- [16]. GUNNTHORSDDOTTIR Anna, HOUSER Daniel, MCCABE Kevin: Dispositions, history and contributions in public goods experiments. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 62, 2006
- [17]. GÜTH Werner, SCHMITTBERGER Rolf, SCHWARZE Bernd: An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 3, 1982
- [18]. HANKE Steve, KWOK Alex: On the Measurement of Zimbabwe's Hyperinflation. Washington: *Cato Journal*, Vol. 29, No. 2, 2009
- [19]. HEDSTRÖM Peter, ÅBERG Yvonne: *Dissecting the Social: On the Principles of Analytical Sociology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005
- [20]. HENRICH Joseph, BOYD Robert, CAMERER Colin, BOWLES Samuel, GINTIS Herbert, FEHR Ernts: *Foundations of Human Sociality: Economic Experiments and Ethnographic Evidence from Fifteen Small-Scale Societies*. Oxford: Oxford University Press. 2004
- [21]. KAHNEMAN Daniel, KNETSCH Jack, THALER Richard: Fairness And The Assumptions Of Economics. Chicago: *The Journal of Business*, Vol. 59, No. 4, 1986
- [22]. KELEMEN Jozef: *Myslenie a stroj*. Bratislava: Kalligram, 2010
- [23]. KENNETH Arrow: *The Limits of Organization*. New York: Norton, 1974
- [24]. MATHIAS Marek: *Možnosti využitia multiagentového modelovania v sociológii*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, Filozofická fakulta, Katedra sociológie. *Sociálne a politické analýzy*, Vol. 4, 2010
- [25]. MYERSON Roger: *Game Theory: Analysis of Conflict*. Cambridge: Harvard University Press, 1997
- [26]. NASH John: *The bargaining problem*. Princeton: Princeton University Press, 1997
- [27]. OLSON Mancur: *The Logic of Collective Action, Public Goods and The Theory of Groups*. Cambridge: Harvard University Press, 1971
- [28]. PROCTOR Darby, WILLIAMSON Rebecca, de WAAL Frns, BROSANAN Sarah: Chimpanzees play the ultimatum game. Atlanta: *PNAS*, Vol. 110, 2013
- [29]. PUTNAM Robert: *Making democracy work: civic tradition in modern Italy*. Princeton: Princeton University Press, 1993
- [30]. RICHARDSON Lewis: *Statistics of Deadly Quarrels*. Ann Arbor: Inter-university Consortium for Political and Social Research, 1960

- [31]. SANFLEY Alan, RILLING James, ARONSON Jessica, NYSTROM Leigh, COHEN Jonathan: The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. Science, Vol. 300, 2003
- [32]. SERVÁTKA Maroš, VADOVIČ Radovan: Dôvera – kľúč k produktivite a rozvoju. Poznatky z experimentálnej ekonómie, 2009 [online] [cit 2016-06-20]. Dostupné na internete < http://www.virtualsciencelab.org/content_images/media/Dovera_ved.pdf >
- [33]. SINTEF. Big Data, for better or worse: 90% of world's data generated over last two years. ScienceDaily, 2013 [online] [cit 2016-07-20]. Dostupné na internete < <http://www.sintef.no/en/latest-news/big-data--for-better-or-worse/> >
- [34]. SMITH Adam: On the Division of Labour, The Wealth of Nations. New York: Penguin Classics, 1986
- [35]. YANG Lu, GILBERT Nigel: Getting Away From Numbers: Using Qualitative Observation For Agent-based Modeling. Advances in Complex Systems, Vol. 11, No. 2, 2008

Prílohy

Príloha A: Inštrukcie pre Hru o dôvere v pôvodnom znení, Berg et al. (1995)

Príloha B: CD médium – diplomová práca v elektronickej podobe

Príloha A – Inštrukcie pre Hru o dôvere v pôvodnom znení, Berg et al. (1995)

APPENDIX A: INSTRUCTIONS FOR TRUST EXPERIMENT

Instructions for Room A

You have been asked to participate in an economics experiment. The instructions you are about to read are self explanatory. We will not answer any questions during this experiment. If you have any questions, you should read back through these instructions. Now that the experiment has begun, we ask that you do not talk, at all, during this experiment.

In this experiment each of you will be paired with a different person who is in another room. You will not be told who these people are either during or after the experiment. This is room A, other participants are in room B. You will notice that there are other people in the same room with you who are also participating in this experiment. You will not be paired with any of these people. A person in room A, called monitor A, and a person in room B, called monitor B, will be chosen for today's experiment. The monitors will be in charge of the envelopes as explained below. In addition the monitors will verify that the instructions have been followed as they appear here.

Each person in room A and each person in room B has been given \$10 as a show up fee for this experiment. Persons in room A will have the opportunity to send in an envelope, some, all, or none of their show up fee to a person in room B. Each dollar sent to room B will be tripled. For example, if you send an envelope which contains \$2, the envelope will contain \$6 when it reaches room B. If you send an envelope which contains \$9, the envelope will contain \$27 when it reaches room B. The person in room B will then decide how much money to send back to the person in room A and how much money to keep.

(For the social history treatment we added the following paragraph)

Each of you has received a report summarizing the decisions of the previous 32 pairs of subjects who have participated in this experiment during July. Please check the last page of the instructions to be sure you have this sheet.

The remainder of these instructions will explain exactly how this experiment is run. This experiment is structured so that no one, including the experimenters and monitors, will know the personal decision of people in either room A or room B. Since your decision is private we ask that you do not tell anyone your decision either during, or after, the experiment.

The experiment is conducted as follows: Twelve large unmarked envelopes have been placed in a box in room A. Each of these envelopes contains 10 one dollar bills (the show up fee for a person in room A), a smaller inner envelope, and a key in a sealed envelope marked KEY. The inner envelope and key are marked with the same letter of the alphabet. The monitor, in room A, will point to one person at a time, and hand that person an unmarked envelope from the box. The person who was pointed to will then go to one of the seats, with a large box on top and privately open the unmarked envelope inside the box. Only the person

who opened the envelope will know which letter of the alphabet was in the envelope. Do not open the envelope marked KEY until you are told to do so. The monitor will then point to the next person, and continue in this fashion until everyone has made their decisions.

Each person in room A must decide how many dollar bills to put in the inner envelope. The person then pockets the remaining dollar bills and the envelope marked KEY. Examples: (1) Put \$2 in the inner envelope, and pocket \$8 as well as the envelope marked KEY. (2) Put \$9 in the inner envelope, and pocket \$1 as well as the envelope marked KEY. These are examples only, the actual decision is up to each person.

Once a person in room A has made a decision they should put the inner envelope back inside the large unmarked envelope, and return the unmarked envelope to the box marked return envelopes. Persons in room A should make sure that they have kept the envelope marked KEY as they will use this later in the experiment. Notice that each envelope returned will look exactly the same.

After all the envelopes have been put in the return box monitor A will transport the box to a recorder who is in the hallway. With monitor A observing, the recorder will then, one at a time, take the inner envelope out of the unmarked envelope and record on a blank sheet of paper, the letter on the envelope, and the amount of money in the envelope. While monitor A is observing, the recorder will then triple the amount of money in the inner envelope, and place the inner envelope back into the unmarked outer envelope. At this point, the recorder will signal the monitor from room B to come to the recorder's desk. Once monitor B has arrived monitor A will be asked to return to room A.

Monitor B will then carry the box of envelopes to room B. Monitor B will then point to one person at a time, and hand that person an unmarked envelope from the box. The person who was called will then go to a seat with a large box on top and then privately open the outer envelope inside the box. The monitor will then point to the next person. Each person in room B must decide how many dollar bills to leave in the inner envelope. The person then pockets the remaining dollar bills. The inner envelope should then be placed in the unmarked outer envelope and the outer envelope should then be placed in the box marked return envelopes. The person in room B will then be asked to leave since the experiment is over for that person. When you leave we ask that you leave the building. After all the envelopes in room B are returned, monitor B will transport the box to the recorder in the hallway. The recorder will then, one at a time, open the inner envelope and record on a blank sheet of paper, the letter on the envelope, and the amount of money in the inner envelope. The recorder will then signal monitor A to come to the recorder's desk. Once monitor A has arrived monitor B will return to room B.

When monitor A arrives the monitor and recorder will carry the box of envelopes to room C directly opposite room A. Room C contains mailboxes with identifying letters. The letters correspond to the letters on the inner envelopes. While the recorder observes, monitor A will place each inner envelope in the box with the corresponding letter. All the mailboxes will then be locked. The recorder will then go back to room B and monitor A will go to room A.

Monitor A will then point to one person at a time from room A. That person will then enter room C alone and open the envelope marked KEY. Inside this envelope is a lettered key which will open the mailbox with the corresponding letter. The inner envelope in the mailbox is the same one the person in room A started with. We have underlined the letters H and I on the key tags to make it clear which letter you have. The person from room A will then go to the appropriate mailbox, open it, take out the envelope, and remove the money. The person will then return the envelope to the mailbox and lock the mailbox. The person will then return the key to the envelope marked KEY and drop the envelope in the box just outside the door in the hallway. When you are called to go to room C you should take all your belongings since you will be asked to leave the building when you are done.

When everyone in room A has left, the experiment is over, and the monitors will be paid for their participation.