

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

FAKULTA SOCIÁLNÍCH VĚD

Institut ekonomických studií

Bakalárska práca

2013

Mária Mišuráková

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

FAKULTA SOCIÁLNÍCH VĚD

Institut ekonomických studií



Mária Mišuráková

Porovnanie troch úžitkových funkcií a ich  
aplikácia na rôzne aspekty spotrebiteľského  
chovania

*Bakalárska práca*

Praha 2013

Autorka práce: **Mária Mišuráková**

Vedúci práce: **Ing. Ivo Koubek**

Rok obhajoby: **2013**

## **Bibliografický záznam**

MIŠURÁKOVÁ, Mária. *Porovnanie troch úžitkových funkcií a ich aplikácia na rôzne aspekty spotrebiteľského chovania*. Praha 2013. 51 s. Bakalárska práca (Bc.) Univerzita Karlova, Fakulta sociálnych vied, Inštitút ekonomických študií. Vedúci bakalárskej práce Ing. Ivo Koubek

## **Anotácia (abstrakt)**

Merať úroveň úžitku človeka z bohatstva a predpovedať jeho chovanie na základe nej sa pokúšali viacerí ekonómovia. V práci popisujem tri takéto modely - teóriu očakávaného úžitku, prospektovú teóriu a teóriu maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia. Na základe experimentu sa snažím zistiť, ktorý z týchto modelov najlepšie zodpovedá realite. Pre tento účel som navrhla ekonomickú hru skúmajúcu rozhodovanie ľudí v rizikových situáciách. Otestovala som ju na vzorke žiakov strednej školy. Ako najvhodnejšia reprezentácia ich chovania sa javí konvexná úžitková funkcia podľa teórie očakávaného úžitku. Z nej vyplývajúci sklon k riziku si vysvetľujem faktom, že experiment prebehol v laboratórnych podmienkach.

## **Kľúčové slová**

očakávaný úžitok, prospektová teória, asymetrická oceňovacia funkcia, paretovská pravdepodobnosť prežitia, averzia k riziku, spotrebiteľský výber

## **Abstract**

Many economists have tried to measure the utility of wealth and to predict human behavior based on this. In my thesis, I describe three such models - the expected utility theory, the prospect theory and the maximization of the probability of economic survival theory. Using an experiment, I try to figure out which model best represents the reality. For this purpose I developed an economic game to observe decisions of people in situations involving risk which I performed with a group of high-school students. The best representation of their behavior appears to be a convex utility function according to the expected utility theory. The implied risk-seeking is, in my opinion, caused by the fact that the experiment was conducted under laboratory conditions.

## **Keywords**

expected utility, prospect theory, asymmetric S-shaped value function, Pareto survival distribution, risk aversion, consumer choice

**Rozsah práce:** 55 333 znakov

## **Prehlásenie**

Prehlasujem, že som svoju prácu napísala samostatne a výhradne s použitím citovaných prameňov.

Prehlasujem, že práca nebola použitá na získanie iného titulu.

Súhlasím s tým, aby práca bola prístupná pre študijné a výskumné účely.

Praha 13. mája 2013

---

Podpis

## **Pod'akovanie**

Na tomto mieste sa chcem poďakovať Ing. Ivovi Koubkovi za jeho podnetné pripomienky a vedenie mojej práce. Moja vďaka patrí aj riaditeľke OA-KA v Rimavskej Sobote, ktorá mi umožnila zrealizovať experiment, ako aj žiakom, ktorí sa ho zúčastnili.

# Téza bakalárskej práce

---

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Autorka</b>          | Mária Mišuráková  |
| <b>Vedúci práce</b>     | Ing. Ivo Koubek   |
| <b>Navrhovaný názov</b> | Porovanie troch úžitkových funkcií a ich aplikácia na rôzne aspekty spotrebiteľského chovania |

---

**Predbežná náplň práce:** V mojej práci sa bližšie pozriem na tri teórie, ktoré vysvetľujú chovanie spotrebiteľov, a to model maximalizácie paretovskej pravdepodobnosti ekonomického prežitia, teóriu očakávaného úžitku von-Neumanna a Morgensterna a prospektovú teóriu Kahnemana a Tverského. Budem analyzovať jednotlivé prístupy, hľadať ich výhody a nevýhody a porovnávať ich medzi sebou. Súčasťou práce bude aj experiment, pomocou ktorého sa pokúsim načrtnúť konkrétne situácie, v ktorých sa uplatňujú a potvrdiť tak platnosť jednotlivých prístupov v praxi.

## Osnova:

1. Úvod do problematiky, teoretické pozadie jednotlivých modelov
2. Porovnanie úžitkových funkcií podľa daných modelov
3. Stanovenie cieľov experimentu, formulácia hypotéz
4. Analýza výsledkov experimentu
5. Záver, možné doporučenia

## Zoznam odbornej literatúry

1. CAMERER, Colin F. Prospect theory in the wild: Evidence from the field. *Advances in Behavioral Economics*, 2004, 148-161.



2. FISHBURN, Peter C. Retrospective on the utility theory of von Neumann and Morgenstern. *Journal of Risk and Uncertainty*. 1989, vol. 2, no. 2, s. 127-157. ISSN 0895-5646.
3. FRANK, Robert H. *Mikroekonomie a chování*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Svoboda, 1995. ISBN 80-205-0438-9.
4. FRIEDMAN, Milton a SAVAGE, Leonard J. The expected-utility hypothesis and the measurability of utility. *The Journal of Political Economy*. 1952, vol. 60, no. 6, s. 463-474. ISSN 0022-3808.
5. HLAVÁČEK, Jiří a HLAVÁČEK, Michal. *Poptávková funkce na trhu s pojištěním: porovnání maximalizace paretovské pravděpodobnosti přežití s teorií EUT von Neumanna a Morgensterna a s prospektovou teorií Kahnemana a Tverského*. Praha: FSV UK, WP IES 14/2006.
6. HLAVÁČEK, Jiří. Zobecněný princip chování firmy v tržní ekonomice. *Politická ekonomie*. Praha: VŠE, 2000, roč. 48, č. 4, s. 515-519. ISSN 0032-3233.
7. HLAVÁČEK, Jiří a HLAVÁČEK, Michal. *Zobecněná mikroekonomie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1685-8.
8. KAHNEMAN, Daniel a TVERSKY, Amos. *Choices, values, and frames*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. ISBN 0-521-62749-4.
9. KAHNEMAN, Daniel a TVERSKY, Amos. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*. 1979, vol. 47, no. 2, s. 263-292. ISSN 1468-0262.
10. RABIN, Matthew. Risk aversion and expected-utility theory: A calibration theorem. *Econometrica*. 2000, vol. 68, no. 5, s. 1281-1292. ISSN 1468-0262.

11. SKOŘEPA, Michal. Daniel Kahneman a psychologické základy ekonomie. *Politická ekonomie*. Praha: VŠE, 2004, č. 2, s. 247-255. ISSN 0032-3233.
12. SKOŘEPA, Michal. *Zpochybnění deskriptivnosti teorie očekávaného užítku*. Praha: FSV UK, WP IES 7/2006.
13. TVERSKY, Amos a KAHNEMAN, Daniel. The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*. 1981, vol. 211, no. 4481, s. 453-458. ISSN 0036-8075.
14. TVERSKY, Amos a KAHNEMAN, Daniel. Rational choice and the framing of decisions. *Journal of business*. 1986, vol. 59, no. 4, s. S251-S278. ISSN 1537-5374.
15. VON NEUMANN, John a Oskar MORGENSTERN. *Theory of games and economic behavior*. 2nd ed. Princeton: Princeton University Press, 1947. ISBN 06-911-1993-7.

Praha 4. júna 2012

---

Autorka

---

Vedúci práce

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| Úvod  | 3         |
| <b>1 Popis jednotlivých modelov</b>   | <b>6</b>  |
| 1.1 Teória očakávaného úžitku von Neumanna a Morgensterna   | 6         |
| 1.2 Prospektová teória Kahnemana a Tverského . . . . .  | 9         |
| 1.3 Teória maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia (resp. minimalizácie pravdepodobnosti ekonomického zániku) subjektu . . . . . | 15        |
| <b>2 Porovnanie jednotlivých modelov</b>  | <b>18</b> |
| 2.1 Teória očakávaného úžitku vs. prospektová teória . . . . .  | 18        |
| 2.2 Teória očakávaného úžitku vs. model maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia . . . . .  | 19        |
| 2.3 Prospektová teória vs. model maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia . . . . .   | 20        |
| 2.4 Celkové porovnanie . . . . .  | 20        |
| <b>3 Príprava experimentu</b>   | <b>23</b> |
| 3.1 Pravidlá hry . . . . .  | 23        |
| 3.2 Priebeh hry . . . . .   | 26        |
| 3.3 Očakávaný výsledok (hypotézy) . . . . .   | 29        |
| <b>4 Výsledky experimentu</b>   | <b>36</b> |
| <b>Záver</b>  | <b>41</b> |
| <b>Referencie</b>   | <b>43</b> |
| <b>Zoznam príloh</b>  | <b>45</b> |
| <b>Prílohy</b>  | <b>46</b> |

## Zoznam obrázkov

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Úžitková funkcia podľa EUT . . . . .   | 8  |
| 2 | Asymetrická oceňovacia funkcia . . . . .   | 13 |
| 3 | Vážiaca funkcia . . . . .  | 14 |
| 4 | Distribučná funkcia rozdelenia pravdepodobnosti ekono-<br>mického prežitia . . . . . | 17 |
| 5 | Porovnanie úžitkových funkcií . . . . .  | 21 |

## Zoznam tabuliek

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Porovnanie EUT a PT . . . . .  | 18 |
| 2 | Optimálne stratégie pre rôzne tvary úžitkovej funkcie -<br>úlohy s lotériou . . . . .  | 33 |
| 3 | Optimálne stratégie pre rôzne tvary úžitkovej funkcie -<br>úlohy s poistením . . . . . | 33 |
| 4 | Optimálne stratégie v jednotlivých kolách . . . . .                                    | 37 |
| 5 | Počty aktívnych hráčov . . . . .   | 37 |
| 6 | Zhoda hráčov s jednotlivými funkciami . . . . .  | 38 |

## Úvod

Vždy máme na výber. Možno to znie ako klišé, ale je to čistá pravda. Ľudia sa neustále ocitajú v situáciách, keď si majú vybrať medzi dvomi alebo viacerými alternatívami. Nie vždy si to musia uvedomovať, ale pravdou je, že sa rozhodujú každé ráno, či ísť do práce alebo zostať doma, zjesť na raňajky jogurt alebo sladké pečivo, cestovať vlastným autom alebo prostriedkom MHD. Počas života sa stretávame aj s omnoho zložitejšími problémami, ktoré vyžadujú výber z dostupných možností. Každý z nás disponuje určitým kapitálom - fyzickým a samozrejme ľudským, a neustále musíme prijímať rozhodnutia o tom, akým spôsobom ho investujeme. Jedným z najdôležitejších faktorov, ktoré ovplyvňujú tieto rozhodnutia je miera rizika. Nejde len o investície do viac či menej rizikových produktov na finančnom trhu, ale napríklad aj o otázku výberu povolania. To môže byť tiež málo rizikové (napr. učiteľ, úradník), stredne rizikové (zubár, účtovník) a vysoko rizikové (pilot lietadla, automobilový pretekár) [1, s. 284].

Snažiť sa modelovo zachytiť takéto typy rozhodovaní by ale bolo príliš komplikované. Množstvo parametrov, ktoré na ne pôsobia, je tak obrovské, že presné rozhodnutie človeka možno len veľmi ťažko predvídať. Napriek tomu za určitých zjednodušujúcich predpokladov možno určiť najvhodnejšiu alternatívu, ktorú by si mal racionálny rozhodovateľ zvoliť.

V mojej práci sa zameriam na rozhodnutia, ktorých výsledkami sú peňažné hodnoty, či už isté alebo neisté. Teda zaujímať ma bude rozhodovanie medzi alternatívami v jednotlivých hrách. Túto problematiku poprvýkrát pomenovali a definovali John von Neumann a Oskar Morgenstern v roku 1944 [2].

Avšak spôsob, akým sa ľudia rozhodujú, sa snažili formalizovať viacerí ekonómovia dávno pred nimi. Spočiatku predpokladali, že rozhodovo-

vateľ berie do úvahy tzv. *očakávanú hodnotu*. Napríklad si má vybrať, či dostane s určitosťou zaplatených 10 eur, alebo sa zúčastní lotérie, v ktorej má šancu 1 ku 100 vyhrať 1 200 eur. Očakávanou hodnotou sa rozumie súčin hodnoty daného výsledku a jeho pravdepodobnosti [3, s. 92]. Teda v prvom prípade je to  $10 \times 1 = 10$  eur (pretože tú výplatu má istú) a v tom druhom sa očakávaná hodnota vypočíta ako  $1\,200 \times 0,01 = 12$  eur. Potom rozhodovateľ porovná očakávané hodnoty týchto dvoch alternatív a vyberie si tú vyššiu. V našom prípade by sa mal logicky prikloniť k lotérii. Skúste si však urobiť rýchly prieskum a opýtať sa ľudí vo vašom okolí, ktorú z týchto možností by brali skôr. Predpokladám, že sa nájde ne jeden, čo by si zvolil prvú alternatívu. Znamená to ale, že sa chová iracionálne, alebo snáď nevie počítať? Vôbec nie. Jednoducho sa rozhoduje podľa iného kľúča. Keďže nejde o ojedinelý prípad, ale takého ľudské chovanie bolo pozorované opakovane, bolo potrebné prísť s novým prístupom. Objavil sa pojem *úžitok*.

Jedným z prvých, kto ho použil, bol Daniel Bernoulli. Ten tvrdil, že „hodnota veci sa nemá určiť podľa jej ceny, ale podľa úžitku, ktorý nesie. Cena totiž závisí jedine na veci samotnej a je pre všetkých rovnaká, zatiaľ čo úžitok závisí na konkrétnych okolnostiach prostredia, v ktorom rozhodovateľ žije“ [4, s. 24, vlastný preklad]. Čo prináša niekomu vysoký úžitok, môže byť pre iného menej uspokojujúce, teda každý človek má svoju vlastnú úžitkovú funkciu. Tá určitým úrovňam bohatstva priraďuje konkrétne hodnoty úžitku. Daný rozhodovateľ si potom nevyberá na základe očakávanej hodnoty, ale očakávaného úžitku, ktorý vypočíta ako súčin úžitku z danej alternatívy a jej pravdepodobnosti.

Rôzni ekonómovia pracovali s rôznymi typmi úžitkových funkcií. Objavila sa *ordinálna úžitková funkcia*, ktorá predpokladá, že spotrebiteľ je schopný vyjadriť iba preferenciu, resp. indiferenciu medzi dvomi alternatívami. Nekonečným porovnávaním všetkých dostupných možností tak môže dôjsť k preferenčnému usporiadaniu, z ktorého dokážeme ur-

čiť, či považuje súbor  $A$  za lepší, horší alebo rovnako dobrý ako súbor  $B$ . V prípade, že jednotlivé alternatívy sú dostupné bez rizika, výber je jednoduchý - spotrebiteľ volí súbor, ktorý mu prináša najvyšší úžitok, teda leží najvyššie v jeho preferenčnom usporiadaní. Nemôžeme ale nič tvrdiť o veľkosti rozdielu medzi úžitkami, ktoré mu prinášajú jednotlivé alternatívy. To nám umožňuje *kardinálna úžitková funkcia*, ktorá jednotlivým položkám priraduje konkrétny počet tzv. *utilov* (jednotiek úžitku). Vďaka nim potom môžeme napríklad presne definovať prírastok úžitku z dodatočnej jednotky určitého statku a kardinálnu úžitkovú funkciu tak možno aplikovať na rozhodnutia medzi alternatívami obsahujúcimi riziko.

Ja sa v tejto práci budem konkrétne zaoberať teóriou očakávaného úžitku, prospektovou teóriou a teóriou maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia subjektu. V prvej kapitole ponúkam ucelený pohľad na tieto prístupy, každý z nich opisujem a vysvetľujem základnú myšlienku, ktorá je za nimi. Druhá kapitola je zameraná na porovnanie týchto teórií. Konfrontujem ich najprv po dvojiciach („každú s každou“) a potom všetky navzájom. Svoje závery sa pokúsím potvrdiť experimentom, ktorého priebeh popisuje tretia kapitola. V záverečnej štvrtej kapitole rozoberám výsledky môjho pokusu.

# 1 Popis jednotlivých modelov

Na nasledujúcich stranách sa pokúsím načrtnúť, v čom spočíva podstata teórií, ktoré som sa rozhodla analyzovať. Uvádzam ich v chronologickom poradí, teda podľa obdobia ich vzniku.

## 1.1 Teória očakávaného úžitku von Neumanna a Morgens- terna

Už spomínaní matematik John von Neumann a ekonóm Oskar Morgenstern vo svojej knihe *Theory of Games and Economic Behavior* (v preklade Teória hier a ekonomické správanie) z roku 1944 argumentujú, že „za podmienok, na ktorých je založená analýza indierenciálnych kriviek, je treba už len troška úsilia naviac, aby sme dosiahli numerický úžitok“ [2, s. 17, vlastný preklad]. Podľa nich sa človek namiesto toho, aby porovnával očakávané hodnoty, rozhoduje podľa úrovne úžitku, ktorú mu prinášajú jednotlivé alternatívy. Pre každého jedinca potom existuje funkcia úžitku, obyčajne sa označuje ako  $U$  (z angl. utility = úžitok), ktorá každej úrovni bohatstva  $w$  (z angl. wealth = bohatstvo) pridelí hodnotu  $U(w)$ . Teda predstavme si, že náš individuálny rozhodovateľ má pred sebou dve možnosti  $A$  a  $B$ . Možnosť  $A$  pre neho znamená nezapojiť sa do hry, s určitosťou zostane na svojej pôvodnej hodnote bohatstva  $w_0$ . Možnosť  $B$  zasa predstavuje hru - napríklad hod mincou, kde s rovnakou pravdepodobnosťou môže vyhrať aj stratiť  $x$ . Očakávaný úžitok (EU, z angl. expected utility) z hry sa rovná očakávanej hodnote úžitku všetkých možných výsledkov [5, s. 215]. Teda:

$$EU = \sum p_i \times U(w_i)$$

kde  $p_i$  je pravdepodobnosť  $i$ -teho výsledku a  $w_i$  je celkové bohatstvo jedinca, v prípade, že nastane tento výsledok. V našom prípade teda očakávaný úžitok možnosti  $A$  bude  $EU(A) = 1 \times U(w_0)$  a pre možnosť



$B$  sa vypočíta ako  $EU(B) = 0,5 \times U(w_0 + x) + 0,5 \times U(w_0 - x)$ . Rozhodovateľ si potom zvolí tú alternatívu, ktorá mu prináša vyšší úžitok, teda porovnáva hodnoty  $EU(A)$  a  $EU(B)$ .

Podľa von Neumanna a Morgensterna funkcia úžitku existuje, ak sú splnené určité predpoklady, alebo axiómy. Uvádzajú tieto:

- *úplnosť*: pre každé dve alternatívy  $A$  a  $B$  platí buď  $A \prec B$ ,  $A \succ B$  alebo  $A \sim B$  (teda buď je  $A$  považovaná za horšiu ako  $B$ , lepšiu ako  $B$  alebo rovnako dobrú) a *tranzitivita*: ak platí, že  $A \prec B$  a zároveň  $B \prec C$ , potom  $A \prec C$ ,
- *radenie a kombinovanie*: ak  $A \prec B$ , potom  $A \prec p \times A + (1-p) \times B$ , čo možno interpretovať nasledovne: ak je  $B$  preferovaná pred  $A$ , potom aj šanca  $(1-p)$  získať  $B$  namiesto  $A$  je preferovaná, ak  $p$  je dostatočne malé. To platí aj pre opačnú preferenciu. Ďalej ak  $A \prec B \prec C$ , potom existuje  $p$ , také že  $p \times A + (1-p) \times C \prec B$ , čo znamená, že akokoľvek je  $C$  samostatné preferované, môžeme jeho vplyv oslabiť, ak mu pridáme dostatočne malú pravdepodobnosť. Tento predpoklad nazývame aj *spojitosťou*.
- *algebra kombinovania*:  $p \times A + (1-p) \times B \sim (1-p) \times B + p \times A$ , teda nezáleží na poradí jednotlivých alternatív. Tiež platí, že  $p \times [q \times A + (1-q) \times B] + (1-p) \times B \sim r \times A + (1-r) \times B$ , kde  $r = p \times q$ , čiže spotrebiteľ dokáže správne transformovať výsledok zloženej hry a rozhoduje sa, ako by išlo o jednokolovú hru. [2, s. 26]

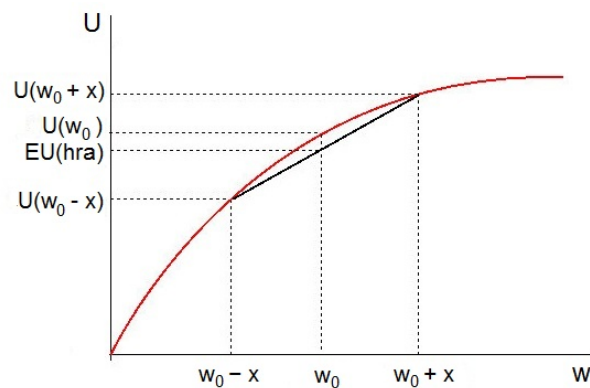
Tieto axiómy neskôr upravovali a snažili sa vylepšiť viacerí ekonómovia, napr. Marsch, Friedman a Savage, Samuelson, Herstein a Milnor, Cramer, Baumol a Jensen, ktorí prišli s viacerými alternatívami, viac alebo menej podobnými originálu [6, s. 131]. Dnes asi najpoužívanejšia a najzrozumiteľnejšia verzia obsahuje *úplnosť*, *tranzitivitu*, *nezávislosť* (ak platí, že  $A \prec B$ , potom aj  $p \times A + (1-p) \times C \prec p \times B + (1-p) \times C$ ,

kde  $p \in (0, 1)$ ) a *spojitosť* (ak  $A \succ B \succ C$ , potom existujú  $p$  a  $q$  také, že  $B \succ p \times A + (1 - p) \times C$  a zároveň  $B \prec q \times A + (1 - q) \times C$ ) [7, s. 3].

S teóriou očakávaného úžitku sa spája aj pojem *klesajúceho medz-ného (marginálneho) úžitku*. Prejavuje sa v konkávnosti úžitkovej funkcie a vychádza z psychologického poznatku, že ak sila impulzu rastie, postupne klesá dopad, ktorý má na psychiku človeka dodatočné zvýšenie tohto impulzu o jednotku [7, s. 2]. To sa dá ľahko predstaviť, ak porovnáte, akú hodnotu má pre vás 10-centová minca, ktorú nájdete na chodníku vo chvíli, keď máte v peňaženke len 40 centov a potrebujete ich 50 na čokoládovú tyčinku, alebo vo chvíli, keď sa práve chystáte kúpiť automobil za 30 000 eur a na účte máte ešte štvrtí milióna.

Pomocou konkávnosti úžitkovej funkcie možno vysvetliť aj ďalší bežný rys spotrebiteľského chovania - neochotu riskovať. Táto *averzia k riziku* sa prejavuje napríklad v tom, že väčšina ľudí odmietne tzv. spravodlivú hru: rovnakú šancu vyhrať alebo stratiť tú istú sumu peňazí. To možno ilustrovať na obrázku 1.

Obr. 1: Úžitková funkcia podľa EUT



Zdroj: autorka podľa [5, s. 217]

Subjekt sa rozhoduje, či vstúpi do hry, kde má možnosť 50 : 50 vyhrať alebo stratiť  $x$ . V tom prípade buď skončí so sumou  $w_0 + x$  alebo  $w_0 - x$ . Ak sa do hry nezapojí, zostane na pôvodnej úrovni bohatstva, teda  $w_0$ . Ak je daný subjekt rizikovo averzný, jeho úžitková funkcia má tvar ako

na obrázku 1 a je zrejmé, že jeho úžitok zo súčasného bohatstva  $U(w_0)$  je vyšší ako očakávaný úžitok z hry. Teda ak maximalizuje svoj úžitok, na hru nepristúpi. V prípade, že by mal sledovaný jedinec *záľubu v riziku*, jeho úžitková funkcia z peňazí by bola konvexná. Ak by bol jeho vzťah k riziku neutrálny, funkcia by bola lineárna. [5, s. 217-220]

Úžitková funkcia von Neumanna Morgensterna nám ale neumožňuje vysvetliť jeden veľmi bežný rys spotrebiteľského chovania. Nie je ojedinelé, že jedinec si na jednej strane poistí svoj majetok, teda obáva sa straty, vykazuje averziu k riziku, ale na druhej strane si ochotne kúpi lístok do lotérie s minimálnou šancou na výhru, teda riziko dobrovoľne vyhľadáva. V prípade, že by úžitková funkcia bola len konkávna alebo len konvexná na celom svojom definičnom obore, takéto chovanie by sa pomocou nej nedalo popísať. Napriek tomu sa nedá poprieť, že je úplne bežné a nemožno ho považovať za iracionálne. Jednoducho musí existovať iný spôsob, iná funkcia, ktorou ho možno zachytiť. A údajne existuje. *Asymetrická*.

## 1.2 Prospektová teória Kahnemana a Tverského

Kritika teórie očakávaného úžitku na seba nenechala dlho čakať. Azda najúspešnejšie sa ju podarilo spochybníť francúzskemu ekonómovi Mauriceovi Allaisovi. Ten na parížskom kolokviu v roku 1952 ukázal, že aj tí najracionálnejší rozhodovatelia robia chyby, ktorými systematicky porušujú postuláty teórie očakávaného úžitku, tzv. Allaisove paradoxy [7, s. 1]. Pred účastníkov kolokvia položil nasledujúci problém. Mali si vybrať jednu z možností (sumy sú uvedené vo vtedajších frankoch):

|           |  |
|-----------|--|
| Možnosť A | istota získania 100 miliónov   |
| Možnosť B | 10 % šanca vyhrať 500 miliónov<br>89 % šanca vyhrať 100 miliónov<br>1 % šanca nevyhrať nič |

a potom jednu z nasledujúcich alternatív:

Možnosť *C*                      11 % šanca vyhrať 100 miliónov  
   89 % šanca nevyhrať nič

Možnosť *D*                      10 % šanca vyhrať 500 miliónov  
   90 % šanca nevyhrať nič [8, s. 527]

Pozorný čitateľ si všimne, že možnosti *C* a *D* vznikli z možností *A* a *B* odčítaním 89%-nej šance získania 100 miliónov. Racionálny rozhodovateľ, ktorý uprednostní *A* pre *B* by potom na základe teórie očakávaného úžitku mal voliť *C* pred *D*. Ľahko to možno overiť matematicky. Ak je možnosť *A* považovaná za lepšiu ako *B*, potom platí, že  $U(A) > U(B)$ , teda:

$$1 \times U(w_0 + 100) > 0,1 \times U(w_0 + 500) + 0,89 \times U(w_0 + 100) + 0,01 \times U(w_0)$$

Po úprave (odčítaní  $0,89 \times U(w_0 + 100)$  od oboch strán) dostávame:

$$0,11 \times U(w_0 + 100) > 0,1 \times U(w_0 + 500) + 0,01 \times U(w_0)$$

Keď potom porovnáme možnosti *C* a *D*, ak rozhodovateľ preferuje *C*, platí:

$$0,11 \times U(w_0 + 100) + 0,89 \times U(w_0) > 0,1 \times U(w_0 + 500) + 0,9 \times U(w_0)$$

Opäť pomocou jednoduchej ekvivalentnej úpravy (odčítaním  $0,89 \times U(w_0)$ ) dostaneme:

$$0,11 \times U(w_0 + 100) > 0,1 \times U(w_0 + 500) + 0,01 \times U(w_0),$$

čo je identické s upravenou prvou nerovnicou.

Keď však Maurice Allais predložil túto voľbu pred svojich kolegov v kolokviu, väčšina prekvapivo odpovedala „iracionálne“, teda zvolili *A*

pred  $B$ , ale  $D$  pred  $C$ , čím porušili axiómu nezávislosti teórie očakávaného úžitku [7, s. 6]. Úžitková funkcia podľa von Neumanna a Morgensterna tak v tejto skúške neobstála a viacerí ekonómovia sa pokúšali navrhnúť alternatívny rámec. Milton Friedman a Leonard Savage prišli v roku 1948 s úžitkovou funkciou, v ktorej sa striedali konkávne časti s konvexnými a umožnila tak vysvetliť napríklad súčasný záujem o poistenie a ochotu zúčastniť sa lotérie [1]. Niečo podobné navrhol v roku 1952 aj americký ekonóm Harry Markowitz [9].

Najväčší úspech na tomto poli však zaznamenali psychológ Daniel Kahneman spolu s matematikom Amosom Tverskym. Tí oslovili študentov, aby odpovedali na otázky typu: „Ktorú z nasledujúcich možností by ste preferovali?“

|             |  |
|-------------|--|
| Možnosť $A$ | 4 000 s pravdepodobnosťou 0,8<br>0 s pravdepodobnosťou 0,2 |
|-------------|--|

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| Možnosť $B$ | 3 000 s istotou |
|-------------|-----------------|

A potom

|             |  |
|-------------|--|
| Možnosť $C$ | 4 000 s pravdepodobnosťou 0,2<br>0 s pravdepodobnosťou 0,8 |
|-------------|--|

|             |  |
|-------------|--|
| Možnosť $D$ | 3 000 s pravdepodobnosťou 0,25<br>0 s pravdepodobnosťou 0,75 |
|-------------|--|

(Možné výhry sú uvedené v izraelských šekloch, pričom priemerný mesačný príjem jednej rodiny bol v tom čase asi 3 000 izraelských šekelov.) Zatiaľ čo pri voľbe medzi možnosťami  $A$  a  $B$  80 % opýtaných uprednostnilo  $B$ , teda istotu 3 000 šekelov, keď už si mali vybrať medzi  $C$  a  $D$ , 65 % študentov si zvolilo možnosť  $D$ , čím opäť porušili teóriu von Neumanna a Morgensterna. [10, s. 265]

V tomto výskume boli študentom kladené viaceré otázky podobného charakteru, pričom odpovede respondentov potvrdili ich predpoklady a postupne tak vyvracali jednotlivé axiomy teórie očakávaného úžitku.

Podobný efekt zaznamenali Kahneman a Tversky aj pri otázkach týkajúcich sa nepeňažných výsledkov, napríklad pri voľbe medzi 50%-nou šancou vyhrať trojtýždňový zájazd do Anglicka, Francúzska a Talianska alebo istotou týždňového zájazdu do Anglicka a následne pri voľbe medzi 5%-nou šancou vyhrať spomínaný trojtýždňový zájazd alebo 10%-nou šancou vyhrať týždňový zájazd do Anglicka. [10, s. 267]

Zaujímavý je aj problém, v ktorom mali respondenti voliť medzi preferovanými spôsobmi liečby smrteľnej Ázijskej choroby, ktorá, ak sa nijako nezasiahne, zabije 600 ľudí. Ak prijmu program *A*, 200 ľudí určite zachráni, ak program *B*, s pravdepodobnosťou  $1/3$  zachráni všetkých 600 ľudí, s pravdepodobnosťou  $2/3$  nikoho. Väčšina (72 %) opýtaných zvolila program *A*. Pred druhú skupinu respondentov bol predložený rovnaký popis choroby, ale nasledovný plán: ak prijmu program *C*, 400 ľudí určite zomrie, ak program *D*, s pravdepodobnosťou  $1/3$  nezomrie nikto, ale s pravdepodobnosťou  $2/3$  zomrú všetci. Pri takto položených možnostiach sa väčšina (78 %) priklonila k programu *D*. Keď si však pozorne prezriete všetky možnosti, zistíte, že *A* a *C* a rovnako aj *B* a *D* sú identické, akurát sú inak formulované. Prvá skupina opýtaných mala pred sebou výsledky liečby v podobe zachránených, zatiaľ čo druhá skupina mŕtvych, teda zatiaľ čo jedni sa rozhodovali „v oblasti ziskov“, druhí „v oblasti strát“. [11, s. S260]

Kahneman a Tversky však nielen spochybnili teóriu očakávaného úžitku von Neumanna a Morgensterna, ale ponúkli i alternatívny rámec. Na základe odpovedí respondentov na dobre mierené otázky odpozorovali nasledujúce rysy v rozhodovaní:

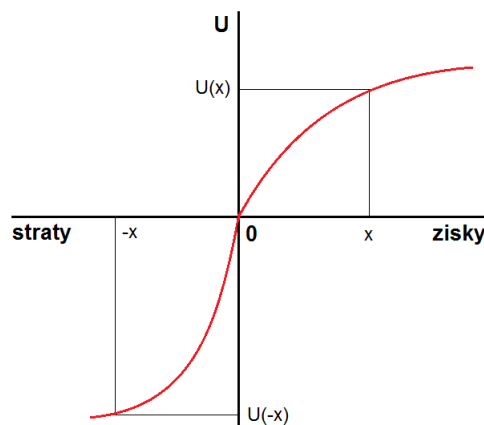
1. *Rozdielne chovanie v oblasti ziskov a strát.* V rozhodnutiach medzi ziskovými alternatívami (alebo alternatívami s kladným výsledkom) je spotrebiteľ rizikovo averzný - preferuje istotu, aj keď menšieho zisku pred neistým vyšším ziskom. Keď sa ale rozhoduje medzi alternatívami so záporným výsledkom, je ochotný riskovať, ak

existuje aj malá pravdepodobnosť nižšej straty.

2. *Rôzna intenzita vnímania ziskov a strát.* Platí, že spotrebiteľ reaguje citlivejšie na zmeny v oblasti strát, inými slovami, pociťuje intenzívnejšie stratu určitej sumy ako rovnako veľký zisk. Teda  $U(x) < |U(-x)|$ .
3. *Rozhodovanie vzhľadom k referenčnému bodu.* Spotrebiteľ neberie do úvahy konečné stavy, ale rozhoduje sa na základe rozdielu od referenčného bodu, ktorým je 0.

Tieto empirické pozorovania poskytli základ pre tzv. *prospektovú teóriu*. Podľa nej systém rozhodovania subjektu najlepšie odráža *asymetrická oceňovacia funkcia* (obr. 2), ktorá je konkávna v oblasti ziskov, čo vyjadruje averziu k riziku v tejto oblasti, ale je konvexná v oblasti strát, kvôli ochote riskovať záporné čiastky. Inflexným bodom je teda 0. Navyše, v oblasti strát je asymetrická oceňovacia funkcia strmšia, keďže straty sú vnímané citlivejšie. [10, s. 279]

Obr. 2: Asymetrická oceňovacia funkcia



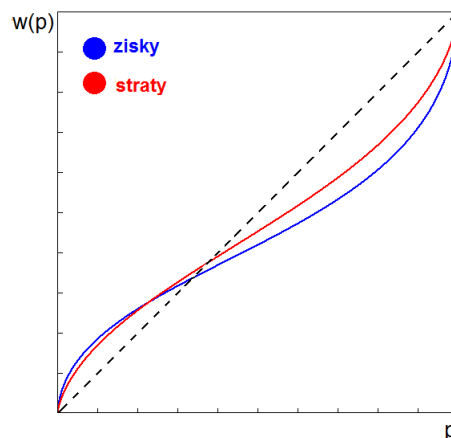
Zdroj: autorka podľa [5, s. 283]

Ďalšou novinkou oproti všeobecne platným princípom v tom čase, bolo zavedenie tzv. *rozhodovacích váh*. Tento prístup sa považuje za

jeden z najväčších prínosov prospektovej teórie. Podľa Kahnemana a Tverského, ľudia neberú do úvahy objektívne pravdepodobnosti, ale ich transformované hodnoty. Teda každý rozhodovateľ priraduje pomocou akejsi vážiacej funkcie jednotlivým alternatívam subjektívne pravdepodobnosti, na základe ktorých ich potom porovnáva. Pre takto transformované pravdepodobnosti platí, že veľmi nízke pravdepodobnosti sú väčšinou nadhodnocované, zatiaľ čo stredné a vysoké sú podhodnocované. [12, s. 454]

Túto prospektovú teóriu z roku 1979 Kahneman a Tversky v roku 1992 vylepšili na tzv. kumulatívnu prospektovú teóriu. Tá umožnila uvažovať viac ako len dva prospekty a priniesla aj novú definíciu vážiacej funkcie. Pomocou nej sa transformujú „kumulatívne pravdepodobnosti“ - teda pravdepodobnosti získania i-teho alebo lepšieho výsledku, a to osobitne pre straty a zisky (obr. 3). [3, s. 109-111]

Obr. 3: Vážiaca funkcia



Zdroj: autorka podľa [13, s. 309, 312]



### 1.3 Teória maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia (resp. minimalizácie pravdepodobnosti ekonomického zániku) subjektu

Po ďalší teoretický model vysvetľujúci chovanie ekonomických aktérov nemusíme chodiť ďaleko. Svojou originálnou koncepciou do tejto témy prispel aj profesor Hlaváček, ktorý pôsobí na FSV UK. Podľa neho je realita zložitejšia ako ju predpokladá štandardná mikroekonomická teória a jediným záujmom rozhodovateľa nemusí byť vždy iba zisk, resp. úžitok.

Namiesto toho čelí subjekt *viacerým ohrozeniam* rôznej povahy zároveň. Napríklad ide o firmy, ktoré sa obávajú nielen nízkeho zisku, ale zároveň aj straty zamestnancov kvôli príliš nízkym mzdám či straty odberateľov kvôli privysokým cenám. Ak nechcú zaniknúť, snažia sa týmto rizikám vyhnúť a inštinktívne tak *maximalizujú pravdepodobnosť svojho ekonomického prežitia*. Podľa profesora Hlaváčka „ak subjekt vie odhadnúť pravdepodobnosť svojho ekonomického zániku pre každé jednotlivé ohrozenie, môže tieto pravdepodobnosti skladať, čím prevedie všetky ohrozenia na jediné skalárne kritérium, a síce pravdepodobnosť zániku subjektu z dôvodu naplnenia ktoréhokoľvek z uvažovaných ohrození“ [14, s. 8]. To ale neplatí len v prípade firiem, tento princíp možno uplatniť aj na ďalšie hospodárske jednotky - domácnosti. Napríklad, ak je podmienkou prežitia manžela súčasné prežitie manželky, maximalizovaná pravdepodobnosť jeho prežitia bude súčinom pravdepodobností prežitia jeho samotného a manželky. V prípade, že jediným ohrozením subjektu je nedostatok financií, splýva tento model so štandardným mikroekonomickým modelom maximalizácie zisku, resp. úžitku [14, s. 7].

Teória profesora Hlaváčka tak nie je v rozpore s mainstreamovým prístupom, skôr je akýmsi zovšeobecnením modelovania správania sa ekonomických subjektov. Pomocou nej najprv vysvetlil chovanie firmy v centrálne plánovanej ekonomike, ktorá sa namiesto maximalizácie zisku

snažila o čo najväčšiu rezervu, aby tak zabránila prílišnému navyšovaniu plánovanej výroby [15]. Neskôr si všimol, že pomocou zovšeobecnenej mikroekonomickej možno popísať altruizmus a donátorstvo [16], alebo tiež odvodiť funkcie ponuky vzdelávania univerzít pre rôzne formy financovania [17].

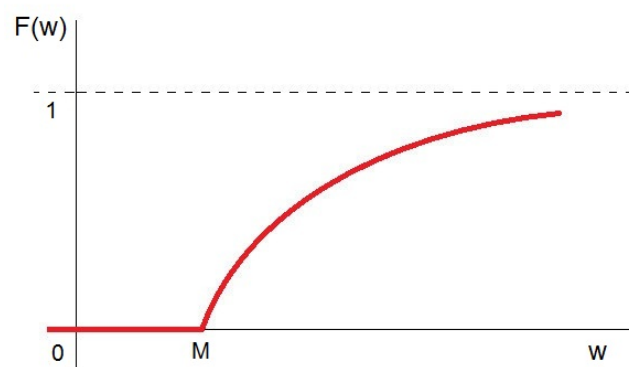
Čo sa týka spotrebiteľského chovania, profesor Hlaváček spolu so svojim synom dr. Michalom Hlaváčkom, ktorý tiež pôsobí mimo iného aj ako pedagóg na IES FSV UK, princípy, ktoré popísali v knihe *Zobecněná mikroekonomie* z roku 2000, veľmi dobre uplatnili pri vysvetľovaní vzťahu k poisteniu [18]. Prínos ich teórie spočíva v tom, že popísali racionálneho rozhodovateľa ako subjekt maximalizujúci pravdepodobnosť svojho ekonomického prežitia. Rozhodujúcou veličinou tu nie je len aktuálny dôchodok subjektu (značíme  $w$ ), ale aj *existenčné minimum* (značíme  $M$ ), teda medza istého zániku - ak príjem subjektu klesne pod túto úroveň, zaniká. Pre pravdepodobnosť ekonomického prežitia potom platí, že je:

1. rovná nule pre dôchodok na a pod medzou istého zániku,
2. rovná jednej pre dôchodok rastúci nad všetky medze,
3. priamo úmerná relatívnej rezerve dôchodku oproti medzi istého zániku. [18, s. 1]

Hlaváčkovci uvádzajú, že najvhodnejšie túto pravdepodobnosť reprezentuje Paretovo rozdelenie prvého stupňa. Distribučná funkcia (obrázok 4) tohto rozdelenia má potom tvar:

$$F(w) = \frac{w - M}{w} \quad \text{pre } w \geq M$$
$$F(w) = 0 \quad \text{pre } w < M \text{ [18, s. 1].}$$

Obr. 4: Distribučná funkcia rozdelenia pravdepodobnosti ekonomického prežitia



*Zdroj:* autorka podľa [18, s. 1]

## 2 Porovnanie jednotlivých modelov

Aj keď sa všetky spomínané teórie snažia modelovať prakticky to isté, spôsoby, ktoré na to využívajú sa v mnohom líšia. Pokúsím sa zhrnúť tie najdôležitejšie rozdiely medzi nimi.

### 2.1 Teória očakávaného úžitku vs. prospektová teória

Ide o dva najznámejšie prístupy k modelovaniu ľudského rozhodovania. Oba majú svojich prívržencov aj odporcov. Každý z nich bol navrhnutý dvojicou uznávaných ekonómov.

Ich spoločnou vlastnosťou je, že úžitková funkcia vyplývajúca z oboch týchto modelov je nelineárna a rastúca (väčšie bohatstvo prináša zjavne väčší úžitok). Obe odrážajú snahu jednotlivca o maximalizáciu úžitku, ktorý sa vypočíta ako súčin hodnoty priradenej k danému výsledku a jeho pravdepodobnosti.

Hlavné rozdiely medzi úžitkovou funkciou podľa von Neumanna a Morgensterna a tou podľa Kahnemana a Tverského sumarizuje nasledovná tabuľka:

Tabuľka 1: Porovnanie EUT a PT

| Vlastnosť   | Teória očakávaného úžitku  | Prospektová teória  |
|---|--|---|
| tvár úžitkovej funkcie  | čisto konkávna alebo čisto konvexná                                  | konvexná pre záporné, konkávna pre kladné hodnoty bohatstva (dôchodku) – inflexný bod v 0   |
| hodnota úžitku sa vypočíta  | z celkového bohatstva  | zo zmeny bohatstva oproti referenčnému bodu   |
| rozhodovacie váhy (pri neistých výsledkoch)                                     | objektívne pravdepodobnosti  | transformované pravdepodobnosti (malé sú nadhodnocované, veľké podhodnocované)              |
| vzťah k riziku  | rovnaký na celom definičnom obore (averzia, neutralita alebo záľuba) | ochota riskovať záporné čiastky, neochota riskovať kladné                                   |
| medzný úžitok peňazí  | klesajúci  | rastúci v zápornej časti (rastúci pokles úžitku pri klesajúcej strate), klesajúci v kladnej |
| závislosť úžitku z prírastku alebo úbytku peňazí od aktuálnej hodnoty bohatstva | áno  | nie   |
| vnímanie ziskov a strát   | rovnako intenzívne   | asymetrické, straty sú vnímané citlivejšie ako zisky  |

Zdroj: autorka

Teória očakávaného úžitku je teda špeciálnym prípadom prospektivej teórie, keď vážiaca funkcia je lineárna, teda rozhodovateľ hodnotí jednotlivé pravdepodobnosti objektívne, a zisky a straty vníma rovnako citlivo. Potom by stačilo pracovať s kladnou časťou asymetrickej úžitkovej funkcie, kde referenčným bodom by bola aktuálna úroveň bohatstva.

## 2.2 Teória očakávaného úžitku vs. model maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia

Ďalší model, ktorý budem porovnávať s teóriou očakávaného úžitku je teória maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia (resp. minimalizácie pravdepodobnosti ekonomického zániku) subjektu. Podobne ako v prípade prospektivej teórie nejde o protirečivý prístup, ale len o zovšeobecnenie známej EUT (expected utility theory).

Zatiaľ čo maximalizácia pravdepodobnosti ekonomického prežitia počíta s viacerými ohrozeniami, ktorým subjekt čelí a snaží sa im vyhnúť, resp. umožňuje zohľadniť viaceré faktory rozhodovania, jediným motívom rozhodovateľa je podľa teórie očakávaného úžitku práve maximalizácia úžitku. V prípade, že sa daný subjekt rozhoduje len na základe tohto kritéria, oba prístupy splývajú. Ak si arbitrárne zvolíme hodnoty úžitku v rozmedzí  $\langle 0, 1 \rangle$  a lineárnu lomenú funkciu (tvaru  $U(w) = \frac{w - M}{w}$ ) ako úžitkovú funkciu, ktorá mimochodom zodpovedá predpokladom EUT, dostávame presne distribučnú funkciu rozdelenia pravdepodobnosti prežitia. Pre bohatstvo na a pod určitou hranicou (hranicou zániku  $M$ ) je úžitok, resp. pravdepodobnosť prežitia nulová, inak rastúca, vykazujúc klesajúci medzný prírastok.

Teda ak by sme tieto dva prístupy porovnávali pre prípad jediného ohrozenia, a to nedostatkom peňažných prostriedkov, sú identické (líšiť sa môžu tvarom úžitkovej funkcie, ktorá je podľa EUT pre každého iná, jej základné vlastnosti sú ale rovnaké). Rovnaký je aj základný motív - subjekt sa usiluje dosiahnuť čo najvyššie bohatstvo, aby maximalizoval

svoj úžitok a tak aj pravdepodobnosť prežitia.

### **2.3 Prospektová teória vs. model maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia**

Dalo by sa povedať, že oba tieto prístupy kontrujú teórii očakávaného úžitku a snažia sa ponúknuť alternatívny rámec. Určite známejšou je prospektová teória, ale model profesora Hlaváčka považujem za nemenej dobrú alternatívu.

Pre jednoduchosť predpokladajme opäť iba jedno obmedzenie, a to nízkym bohatstvom. Potom, ako v predchádzajúcej podkapitole, maximalizácia pravdepodobnosti prežitia a maximalizácia úžitku predstavujú jedno a to isté. Platia teda rovnaké závery ako v podkapitole 2.1.

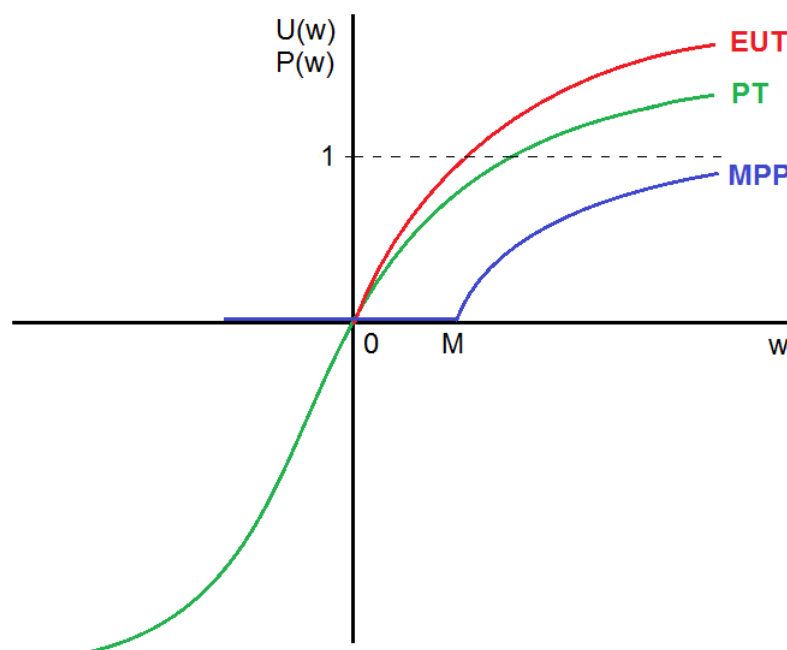
### **2.4 Celkové porovnanie**

Kvôli názornosti sa pokúsim načrtnúť všetky tri úžitkové funkcie podľa jednotlivých modelov do jedného obrázku (obr. 5). Červená krivka predstavuje úžitkovú funkciu podľa teórie očakávaného úžitku, zelená asymetrickú oceňovaciu funkciu podľa prospektovej teórie a modrá distribučnú funkciu rozdelenia pravdepodobnosti podľa teórie maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia.

Všetky tri funkcie sú neklesajúce, takže je zrejmé, že s každou ďalšou jednotkou bohatstva úžitok subjektu rastie alebo zostáva nezmenený.

Zo zakrivenia, resp. konkávnosti funkcie podľa EUT aj MPP (maximalizácie pravdepodobnosti prežitia) vyplýva, že rozhodovateľ neprijme tzv. spravodlivú hru - rovnakú možnosť získať alebo stratiť tú istú sumu peňazí, teda má averziu k riziku. Ten istý záver platí, aj keby sme správanie jednotlivca posudzovali na základe prospektovej teórie, len vysvetlenie je iné. Práve asymetrickosť funkcie, ktorá zabezpečuje, že straty sú vnímané intenzívnejšie, spôsobuje nevôľu púšťať sa do takýchto hier. Rozhodovateľ urobí lepšie, ak na hru nepristúpi a zostane tak na svojej

Obr. 5: Porovnanie úžitkových funkcií



Zdroj: autorka

pôvodnej úrovni úžitku. Ak by totižto spravodlivú hru prijal, hrozí mu väčší pokles úžitku pri strate, ako nárast úžitku pri zisku. Kahneman a Tversky na základe experimentov v laboratórnych podmienkach vypočítali, že straty sú vnímané priemerne 2,25-krát citlivejšie ako zisky, a tak by mal subjekt pristúpiť iba na takú hru, ktorá mu s rovnakou pravdepodobnosťou ponúka výhru minimálne 2,25-násobne väčšiu ako prehru (teda napríklad hra s 50-percentnou šancou získať cez 225 eur a 50-percentnou šancou stratiť 100 eur). [13, s. 311]

V prípade hroziacej straty je situácia trochu iná. Podľa EUT aj MPP sa subjekty poisťujú proti hroziacim škodám (samozrejme iba za poistné, ktorého zaplatenie neznamená posun na úroveň úžitku nižšiu ako by bol očakávaný úžitok bez poistenia, resp. poistné, ktoré nie je likvidačné). Prospektová teória ale predpokladá, že subjekt je viac ochotný riskovať, keď ide o prípadnú stratu. Jednoducho by sa to dalo vysvetliť tak, že zaplatiť poistné preňho predstavuje tak veľký pokles úžitku, že to radšej

riskne a bude dúfať, že sa mu škoda vyhne (samozrejme pri extrémne nízkom poistnom a vysokej pravdepodobnosti straty je výhodnejšie poistiť sa aj podľa tejto teórie).

Práve na tieto dva vyššie spomínané aspekty ľudského chovania - riskovanie peňazí v hrách a poisťovanie sa proti možným škodám budem skúmať v nasledujúcom experimente.



### 3 Príprava experimentu

V nasledujúcej časti sa budem snažiť na základe experimentu potvrdiť, resp. vyvrátiť platnosť jednotlivých modelov. Keďže hodnotu peňazí pre človeka možno najlepšie určiť z jeho vzťahu k riziku, teda, či je alebo nie je ochotný riskovať určitú sumu peňazí, podrobím respondentov otázkam týkajúcich sa poistenia a možnosti zapojiť sa do lotérie.

Pretože opýtaní budú žiaci strednej školy, experiment bude prebiehať formou ekonomickej hry, ktorá bude pre nich atraktívna. Tí z nich, ktorým sa bude dariť najlepšie, získajú odmenu v podobe čokolády. Tak by som chcela žiakov motivovať, aby uvažovali čo možno najracionálnejšie a sledovali svoj cieľ. Podstatou hry bude totiž nasporiť čo najviac peňazí. Aby som čo najlepšie nasimulovala skutočné podmienky, budeme používať malé papierové kópie eurobankoviek a reálne sumy pre lepšiu predstaviteľnosť. Hru zohrám so žiakmi II. A triedy Obchodnej akadémie v Rimavskej Sobote, ktorú som navštevovala pred mojím štúdiom na IES. Kvôli udržaniu väčšej pozornosti žiakov a ľahšej práci s nimi budú rozdelení na dve skupiny (po 15 žiakov). Odmenu dostanú piati žiaci z každej skupiny.

#### 3.1 Pravidlá hry

Ekonomická hra, ktorú som pre tento účel navrhla, nesie názov „Rok plný rizika“, má totiž dvanásť kôl (podľa mesiacov v roku). Polovica úloh bude zameraná na skúmanie správania sa pri poistení, ďalších 6 úloh na chovanie sa pri účasti v lotériách. Na začiatku dostanú hráči nasledovné informácie:

- Predstavte si seba ako čerstvého absolventa školy, pracujete v administratíve a zarábate mesačne v čistom 600,- eur (túto výplatu dostanete vždy na začiatku mesiaca).

- Bývate v dvojizbovom byte na sídlisku Západ a mesačne zaň platíte hypotéku 250,- eur, energie 100,- eur a ďalších 150,- eur potrebujete na ďalšie nevyhnutné výdaje (strava, oblečenie, benzín...). Všetky tieto náklady (spolu 500,- eur) zaplatíte súhrnne vždy na konci mesiaca. Rozdiel, čo vám zostane, si ukladáte do banky na sporiaci účet, z ktorého nie je možné počas roka robiť výbery, ani do neho nahliadať a sledovať stav peňazí na ňom.
- Ak vám na konci mesiaca zostane menej ako 500,- eur, a teda nie ste schopní uhradiť svoje nevyhnutné výdaje, prestávate byť samostatnou hospodárskou jednotkou a musíte sa nastáňovať späť k rodičom. Ja vám ale ponúkam možnosť zostať v hre (teda stále budete mať šancu na výhru), musíte však odovzdať celý obnos peňazí, ktorí ste si od začiatku hry na sporiaci účet uložili.
- Nemáte žiadne iné úspory, ktoré by ste mohli použiť na uhradenie strát a ani nie je možné, aby ste si vzali pôžičku, teda jediným vašim príjmom je spomínaná výplata 600,- eur na mesiac.
- Okrem bytu, ktorý máte v prenájme, vlastníte auto, ktoré potrebujete dennodenne na cestu do práce na druhom konci mesta a tiež malú chatku v chatovej oblasti za mestom, ktorú ste nedávno zdedili a v letných mesiacoch tam trávite víkendy s priateľmi, na dlhšie obdobie je ale neobývateľná.

Hra bude prebiehať nasledovne:

- Na začiatku každého kola (mesiaca) dostanete výplatu 600,- eur.
- Počas kola dostanete jednu ponuku buď na poistenie alebo na kúpu lístka do lotérie a je len na vás, či ju prijmete. Na otázku, či ju prijímate, neexistuje správna odpoveď, je to len vaše rozhodnutie a vždy je v ňom isté riziko. Či ste urobili dobre, zistíte až pred koncom kola, keď vyžrebujeme výhercov lotérie, resp. tých čo utrpeli škodu

(v prípadoch kôl s poistením). To, že sa zúčastní lotérie, resp. poistí váš sused alebo aj celý zvyšok triedy, neznamená, že je to optimálna stratégia aj pre vás. Ak tak neurobia, tiež to nemusí byť to najlepšie rozhodnutie.

- Na konci každého kola si od každého z vás pozbieram po 500,- eur, teda vaše nevyhnutné mesačné výdavky. Kto ich nebude schopný uhradiť, dostáva trest (zoberiem mu celé doterajšie úspory). Zvyšné peniaze si vložíte do obálky s nápisom „Banka“ a v ďalších kolách sa ich nesmiete dotknúť.
- Na konci 12. kola (na konci roka) zistíme výšku bankového konta každého z vás a prví piati, ktorí si najviac nasporili, budú odmenení.

Premenné, ktoré budem používať pri výpočtoch:

- $w_i = w = 600,-$  eur = celkové bohatstvo hráča v i-tom kole
- $M_i = M = 500,-$  eur = hranica ekonomického zániku
- $a_i$  = suma poistného ponúknutého v kole i
- $k_i$  = náhrada od poisťovne v kole i
- $L_i$  = možná strata v kole i (pri otázkach o poistení)
- $p_i$  = pravdepodobnosť poistnej udalosti resp. pravdepodobnosť výhry v i-tom kole
- $G_i$  = výška výhry v kole i (pri otázkach o účasti v lotérii)
- $l_i$  = cena tiketu (vstupenky do lotérie) v i-tom kole
- počet kôl = 12 ( $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ )
- počet hráčov = 30

## 3.2 Priebeh hry

Celú hru som formulovala tak, aby každé kolo bolo považované za jednokolovú hru a žiaci sa snažili maximalizovať svoj úžitok, resp. peňažný obnos bez ohľadu na priebeh ostatných kôl. Preto nemajú možnosť nahliadať do svojich úspor v banke a porovnávať sa tak s ostatnými hráčmi. Keďže nemajú prehľad o celkovom stave svojich financií, a už vôbec nie o ostatných, ich jedinou možnosťou ako vyhrať je snažiť sa uložiť si do banky v každom kole čo najvyšší obnos.

Pre jednoduchosť všetky riziká, možnosti poistenia a lotérie platia vždy len pre to jediné dané kolo (daný mesiac). V jednotlivých kolách budú teda žiaci riešiť nasledujúce úlohy:

### 1. kolo:

Na plese, na ktorý ste boli pozvaní, je tento rok špeciálna tombola: 1 lístok stojí 20,- eur a keď si ho kúpite, máte šancu 1 : 3 vyhrať 50,- eur (s pravdepodobnosťou 2 : 3 nezískate nič). Teda každý tretí tiket vyhráva. Kúpite si lístok do tejto lotérie?

$$[p_1 = 1/3, G_1 = 50, l_1 = 20]$$

### 2. kolo:

V zime boli tuhé mrazy, ktoré sa podpísali pod obrovské množstvo výtlkov na ceste, po ktorej dennodenne chodíte autom do práce. V jednej oblasti (ktorej sa nijako nemôžete vyhnúť) je situácia dokonca taká zlá, že každé dvesté auto, ktoré tadiaľ prejde, si poškodí podvozok. Vo vašom prípade, keď tadiaľ chodíte každý pracovný deň (ktorých je vo februári 20) ráno a večer (to je spolu 40 jász) to znamená, že s pravdepodobnosťou 20 % si počas mesiaca február poškodíte podvozok. Ten si budete musieť nevyhnutne opraviť, čo by vás stálo 200,- eur. Výtlky budú opravovať 1. marca. Na trhu je ale dostupné poistenie, kde poistné činí jednorázovo 30,- eur a v prípade poistnej udalosti vám vyplatia 180,-

eur. Prijmete túto možnosť poistiť sa?

$$[p_2 = 1/5, a_2 = 30, L_2 = 200, k_2 = 180]$$

### 3. kolo:

Máte možnosť zapojiť sa do Veľkonočnej lotérie. Lístok stojí 10,- eur a dáva šancu 1 ku 100 vyhrať 500,- eur. Kúpíte si tiket do tejto lotérie?

$$[p_3 = 1/100, G_3 = 500, l_3 = 10]$$

### 4. kolo:

Aprílové počasie a veľké dažde môžu spôsobiť vytopenie pivnice na vašej chatke. Poistovňa odhaduje pravdepodobnosť škody vo výške 450,- eur na 1 % a ponúka poistenie za 10,- eur, pri ktorom v prípade poistnej udalosti vyplatí 400,- eur. Prijmete jej ponuku?

$$[p_4 = 1/100, a_4 = 10, L_4 = 450, k_4 = 400]$$

### 5. kolo:

V rámci osláv dní mesta zavítal do mesta cirkus s kolotočmi a pouličnými umelcami. Jeden z nich ponúka nasledovnú hru: na stole sú položené 4 rovnaké klobúčiky. Pod jedným z nich sa skrýva výhra 30,- eur, pod ostatnými nič. Máte jeden pokus na odhalenie niektorého z klobúčikov, čo pod ním nájdete, si môžete ponechať. Za možnosť zahrať si zaplatíte 10,- eur. Pristúpite na takúto hru? (Vždy po výbere klobúčika sa zatiahne opona, klobúčiky sa opäť premiešajú, takže máte rovnakú šancu na výhru ako ktorýkoľvek iný hráč.)

$$[p_5 = 1/4, G_5 = 30, l_5 = 10]$$

### 6. kolo:

Dostali ste ako darček poukaz na all inclusive dovolenku. Hotel je ale v oblasti plnej vreckových zlodejov. Plánujete si vziať hotovosť 200,- eur a riziko, že vám ju celú ukradnú je 10 %. Poistovňa vám ponúka možnosť

poistiť sa sumou 30,- eur a v prípade, že vás okradnú, nahradí vám celú sumu (200,- eur). Uzavriete poistenie?

$$[p_6 = 1/10, a_6 = 30, L_6 = 200, k_6 = 200]$$

### 7. kolo:

V meste prebieha Veľká letná lotéria, z ktorej výťažku sa má zrenovovať mestská pláž. Jeden lístok do nej stojí 20,- eur. Počas jednej z akcií Kultúrneho leta potom bude každý desiaty lístok vylosovaný a jeho majiteľ získa 100,- eur. Máte teda 10-percentnú šancu na výhru. Kúpíte si taký lístok?

$$[p_7 = 1/10, G_7 = 100, l_7 = 20]$$

### 8. kolo:

August bude tento rok veľmi suchým mesiacom. Nedostatok dažďa a tropické teploty spôsobia, že riziko požiaru strechy vašej chatky je 5 %. Našťastie je neďaleko hasičská stanica, a je predpoklad, že oheň sa podarí uhasiť skôr, ako zasiahne zvyšok chatky, prípadne susedné pozemky. Odhadovaná strata ale stále činí 300,- eur (sú to náklady na opravu strechy). Môžete sa poistiť za 20,- eur a v prípade požiaru dostanete od poisťovne 250,- eur. Poistíte sa?

$$[p_8 = 1/20, a_8 = 20, L_8 = 300, k_8 = 250]$$

### 9. kolo:

Na párty pri príležitosti konca leta sa hrá zaujímavá hra. Vložíte do nej 50,- eur, hodíte mincou a v prípade, že padne hlava, vyhrávate 100,- eur. Ak padne orol, nezískate nič. Prijmete túto ponuku?

$$[p_9 = 1/2, G_9 = 100, l_9 = 50]$$

### 10. kolo:

V meste vyčíňa vandal, ktorý v noci obchádza sídliská a škriabe lak

náhodne vybratým autám. Už takto prešiel viacero miest a polícii sa ho stále nedarí chytiť. V každom meste pobudne presne mesiac a za tú dobu zničí každé desiate auto stojace na parkovisku. V prípade, že by sa to stalo vám, škoda by predstavovala 150,- eur. Poistovňa vám ponúka možnosť poistiť sa proti tomuto výtržníkovi sumou 20,- eur. V prípade škody vám vyplatí 100,- eur. Prijmete jej ponuku?

$$[p_{10} = 1/10, a_{10} = 20, L_{10} = 150, k_{10} = 100]$$

### 11. kolo:

V celoštátnej lotérii je tentoraz jackpot 5 000,- eur. Pravdepodobnosť jeho získania je 1 : 50, ale vstupenka do tejto súťaže stojí až 100,- eur. Kúpите si ju?

$$[p_{11} = 1/50, G_{11} = 5000, l_{11} = 100]$$

### 12. kolo:

Blížia sa Vianoce a práve ste sa dozvedeli, že svietilka na vašom vianočnom stromčeku sú dosť nebezpečné - minulý rok po sviatkoch sa zistilo, že svietilka od tohto istého výrobcu spôsobili požiar stromčeka až v dvadsiatich zo 100 domácností, ktoré ich používali. Škoda predstavuje 100,- eur. Môžete si zakúpiť nové, za 20,- eur, ktoré sú úplne bezpečné. Kúpите si ich, alebo zostanete pri tých pôvodných?

$$[p_{12} = 1/5, a_{12} = 20, L_{12} = 100, k_{12} = 100]$$

## 3.3 Očakávaný výsledok (hypotézy)

Ako som už na začiatku kapitoly spomenula, na základe chovania žiakov v tomto experimente sa budem snažiť zistiť, ktorá z teórií o meraní úžitku sa najviac približuje realite. Použijem na to jednoduchý matematický výpočet. Vypočítam hodnoty úžitku z daných alternatív podľa jednotlivých prístupov. Porovnáam ich medzi sebou a zistím tak opti-

málne chovanie v danej situácii podľa toho-ktorého modelu. Na záver tieto stratégie porovnám so skutočnými rozhodnutiami hráčov mojej ekonomickej hry a pokúsím sa zistiť, ktorý model im najlepšie zodpovedá.

Začnem teóriou maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia. Podľa nej pri možnosti poistiť sa rozhodovateľ porovnáva tieto dve hodnoty:

$$P_{i,A} = p_i \times \frac{w - a_i - L_i + k_i - M}{w - a_i - L_i + k_i} + (1 - p_i) \times \frac{w - a_i - M}{w - a_i}$$

$$P_{i,N} = p_i \times \frac{w - L_i - M}{w - L_i} + (1 - p_i) \times \frac{w - M}{w}$$

kde  $P_{i,A}$  je jeho pravdepodobnosť prežitia v  $i$ -tom kole v prípade, že sa poistí a  $P_{i,N}$  v prípade, že poistenie neprijme. ( $i = 2, 4, 6, 8, 10, 12$ )

V úlohách, pri ktorých ide o účasť v hre vyberá vyššiu z týchto pravdepodobností:

$$P_{i,A} = p_i \times \frac{w - l_i + G_i - M}{w - l_i + G_i} + (1 - p_i) \times \frac{w - l_i - M}{w - l_i}$$

$$P_{i,N} = p_i \times \frac{w - M}{w}$$

kde  $P_{i,A}$  je jeho pravdepodobnosť prežitia v  $i$ -tom kole, ak vstúpi do hry a  $P_{i,N}$  v prípade, že sa rozhodne neriskovať. ( $i = 1, 3, 5, 7, 9, 11$ )

Pri každom z vyššie uvedených zlomkov podľa predpokladu modelu platí, že ak je menovateľ  $< M$ , daný zlomok  $= 0$ . (Pretože by sme inak dostali zápornú pravdepodobnosť. Tá ale môže byť najmenšia nulová, a to v prípade, že bohatstvo subjektu bude nižšie ako jeho hranica ekonomického prežitia  $\Rightarrow$  subjekt s istotou zaniká, nemá žiadnu pravde-



podobnosť na prežitie.)

Podľa mojich výpočtov (príloha A1) by optimálnou stratégiou hráča podľa teórie maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia bolo poistenie sa len v 12. kole (v ostatných by sa racionálny rozhodovateľ nemal poistiť) a vstup do hry v žiadnom z kôl. Uvidíme, či sa to experimentom potvrdí.

Podľa tejto teórie ďalej platí, že ak je bohatstvo subjektu nižšie ako  $M$ , ale existuje možnosť zapojiť sa do lotérie, aj keď vstupenka do nej je privysoká a za normálnych okolností by ju daný subjekt neprijal, v tejto situácii nejaké peniaze obetuje, lebo by už aj tak zanikol a takto má aspoň minimálnu šancu prežiť. Teda ak si má vybrať medzi istým zánikom a aj zanedbateľnou šancou na prežitie, vyberá si druhú možnosť. To ma vedie k úvahe, že ak by niektorý hráč mojej hry prišiel v jednom z kôl o všetky úspory v banke a jeho šanca na celkové víťazstvo by tak bola nulová, bude sa v ďalších kolách jednoznačne púšťať do rizika a zapájať do lotérií, ktoré mu poskytnú aspoň malú šancu na „vrátenie sa do hry“. Na druhej strane odmietne poistenie, ktoré by v jeho prípade už nič neriešilo (ak nemá vyhrať, je mu jedno, či skončí ako posledný alebo predposledný). Po vyhodnotení experimentu sa tiež presvedčím, či sa táto moja úvaha potvrdila.

Ďalším skúmaným modelom je teória očakávaného úžitku. Podľa nej to už ale nebude také jednoduché. Úžitková funkcia podľa tejto teórie je pre každý subjekt odlišná. Jej tvar odráža vzťah rozhodovateľa k riziku - konkávna funkcia indikuje averziu, naopak konvexná funkcia sklon k riziku. Pokúsim sa vypočítať optimálnu stratégiu v každom kole mojej ekonomickej hry s použitím rôznych tvarov úžitkovej funkcie. Najčastejšie sa predpokladá jej konkávnosť, teda funkcia má tvar mocniny celkového bohatstva, kde mocniteľom je číslo medzi 0 a 1. (napríklad  $1/2$ , teda úžitková funkcia má tvar  $U(x) = x^{1/2} = \sqrt{x}$ ). V našom prí-

pade bude  $x$  celkové bohatstvo hráča v danom kole pri rôznych stavoch sveta (teda či sa zapojí do lotérie a vyhrá, alebo nevyhrá, alebo sa ani nezapojí, či sa poistí a bude poškodený, alebo sa poistí a nič sa mu nestane, alebo sa nepoistí a bude poškodený alebo sa nepoistí, ale vyhne sa strate).

Ak by sa teda hráč v jednotlivých kolách mojej hry rozhodoval na základe teórie očakávaného úžitku, porovnával by (v úlohách o poistení):

$$EU_{i,A} = p_i \times U(w - L_i - a_i + k_i) + (1 - p_i) \times U(w - a_i)$$

$$EU_{i,N} = p_i \times U(w - L_i) + (1 - p_i) \times U(w)$$

kde  $EU_{i,A}$  je očakávaný úžitok subjektu v  $i$ -tom kole v prípade, že sa poistí a  $EU_{i,N}$  v prípade, že možnosť poistiť sa nevyužije ( $i = 2, 4, 6, 8, 10, 12$ ).

Pri úlohách týkajúcich sa účasti v lotérii by porovnával:

$$EU_{i,A} = p_i \times U(w - l_i + G_i) + (1 - p_i) \times U(w - l_i)$$

$$EU_{i,N} = U(w)$$

kde  $EU_{i,A}$  je očakávaný úžitok subjektu v  $i$ -tom kole v prípade, že si zakúpi vstupenku do lotérie a  $EU_{i,N}$  v prípade, že sa rozhodne nehrať ( $i = 1, 3, 5, 7, 9, 11$ ).

Za  $U(x)$  budem dosadzovať rôzne mocninové funkcie. Nasledujúce tabuľky zhrňujú optimálne stratégie hráča v jednotlivých hrách pre rôzne tvary úžitkových funkcií.

Tabuľka 2: Optimálne stratégie pre rôzne tvary úžitkovej funkcie - úlohy s lotériou

| U(x) =               | Mal by si hráč kúpiť tiket? |         |         |         |         |          |
|----------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
|                      | 1. kolo                     | 3. kolo | 5. kolo | 7. kolo | 9. kolo | 11. kolo |
| $x^{1/4}$            | -                           | -       | -       | -       | -       | -        |
| $x^{1/2} = \sqrt{x}$ | -                           | -       | -       | -       | -       | -        |
| $x^{3/4}$            | -                           | -       | -       | -       | -       | -        |
| $x^{3/2}$            | -                           | -       | -       | -       | A       | A        |
| $x^4$                | -                           | A       | -       | -       | A       | A        |
| $x^8$                | A                           | A       | -       | -       | A       | A        |
| $x^{17}$             | A                           | A       | A       | A       | A       | A        |

Zdroj: autorka

Tabuľka 3: Optimálne stratégie pre rôzne tvary úžitkovej funkcie - úlohy s poistením

| U(x) =               | Mal by sa hráč poistiť? |         |         |         |          |          |
|----------------------|-------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
|                      | 2. kolo                 | 4. kolo | 6. kolo | 8. kolo | 10. kolo | 12. kolo |
| $x^{1/4}$            | A                       | -       | -       | -       | -        | A        |
| $x^{1/2} = \sqrt{x}$ | A                       | -       | -       | -       | -        | A        |
| $x^{3/4}$            | A                       | -       | -       | -       | -        | A        |
| $x^{3/2}$            | A                       | -       | -       | -       | -        | -        |
| $x^4$                | -                       | -       | -       | -       | -        | -        |
| $x^8$                | -                       | -       | -       | -       | -        | -        |
| $x^{17}$             | -                       | -       | -       | -       | -        | -        |

Zdroj: autorka

Tu je vidieť, že ako sa úžitková funkcia „preklápa“ z kokávnej na konvexnú, klesá záujem o poistenie, ale na druhej strane rastie záľuba v hraní hier - teda averzia k riziku sa mení na záľubu k riziku. Na základe výsledkov experimentu sa pokúsim zistiť, či možno niektorú z týchto

funkcií aplikovať na konkrétne správanie sa jedincov a tiež odhadnúť ich sklon resp. averziu k riziku.

Tretí model, ktorým som sa v mojej práci zaoberala je prospektová teória. Podľa nej je úžitková funkcia asymetrická. Nielenže je v oblasti ziskov konkávna a v oblasti strát konvexná, ale aj sklon týchto dvoch častí je rôzny. Pre straty sa predpokladá, že je niekoľkokrát strmšia ako pre zisky. Podľa Kahnemana a Tverského má tvar:

$$\begin{aligned} v(x) &= x^\alpha && \text{pre } x \geq 0 \\ v(x) &= -\lambda(-x)^\beta && \text{pre } x < 0 \end{aligned}$$

(podľa ich experimentu sú hodnoty parametrov nasledovné:  $\alpha = \beta = 0,88$ ;  $\lambda = 2,25$ ) [13, s. 309, 311]. Ďalším rozdielom oproti predchádzajúcim teóriám sú rozhodovacie váhy. Podľa prospektovej teórie sú objektívne pravdepodobnosti nadhodnocované alebo podhodnocované a táto miera ešte k tomu závisí aj od toho, či sa pohybujeme v oblasti ziskov alebo strát. Teda namiesto toho, aby rozhodovateľ bral pravdepodobnosti také, aké sú, transformuje ich, alebo inými slovami „váži“ ich. Takáto vážiaca funkcia má údajne tvar:

$$w^+(p) = \frac{p^\gamma}{[p^\gamma + (1-p)^\gamma]^{1/\gamma}} \quad w^-(p) = \frac{p^\delta}{[p^\delta + (1-p)^\delta]^{1/\delta}}$$

ktorý sa líši pre zisky a straty v parametroch  $\gamma$  a  $\delta$  (viď obr. 3). Tie podľa experimentu Kahnemana a Tverského majú hodnoty 0,61 a 0,69. (Experimentu sa zúčastnilo 25 študentov Berkeley a Stanfordu, ktorí prostredníctvom počítača vyberali medzi rôznymi istými a neistými prospektami.) [13, s. 309, 312]

Použijem teda tieto namerané hodnoty a vypočítam optimálnu stratégiu v jednotlivých kolách mojej ekonomickej hry. Podľa prospektovej teórie pre subjekt nie je dôležité jeho celkové bohatstvo, ale iba zmeny

od referenčného stavu. V kolách týkajúcich sa poistenia teda porovnáva:

$$V_{i,A} = w^-(p_i) \times [-\lambda(L_i)^\beta + (k_i)^\alpha] + [-\lambda(a_i)^\beta]$$

$$V_{i,N} = w^-(p_i) \times [-\lambda(L_i)^\beta]$$

kde  $V_{i,A}$  je hodnota, akou ocení svoju situáciu v prípade, že sa poistí a  $V_{i,N}$  v prípade bez poistenia.

Keď ide o účasť v lotérii, porovnáva hodnotu 0 (pretože ak nehrá, nič nestratí, ale nič nemôže ani získať) s hodnotou  $V_{i,A} = w^+(p_i) \times (G_i)^\alpha + [-\lambda(l_i)^\beta]$ , ktorá zodpovedá situácii pri zakúpení tiketu do hry.

Prirodzene, racionálny subjekt vyberá vždy vyššiu z týchto hodnôt, čo ma po výpočtoch s vyššie spomenutými koeficientami doviedlo k výsledku, že optimálne rozhodnutie podľa prospektovej teórie je kúpiť si lístok iba do hry v 11. kole a nepoistovať sa vôbec. Experimentom zistím, nakoľko toto korešponduje s reálnym uvažovaním hráčov.

Ak by sme predpokladali, že asymetria medzi vnímaním ziskov a strát nie je až taká veľká a miesto  $\lambda$  dosadili 1,05, pričom ostatné koeficienty by zostali ako predtým, dôjdeme k zaujímavému výsledku. Optimálne by bolo vstúpiť do hry v 11., ale aj v 3. kole a tiež poistiť sa v 2. a 12. kole. Keď sme pracovali s jednoduchou úžitkovou funkciou podľa EUT, kde aktuálna hodnota bohatstva bola umocnená vždy na 1/2, zistili sme, že optimálne je práve poistenie v týchto dvoch kolách, pričom vstup do akejkoľvek hry bol neprípustný kvôli averzii k riziku. Teraz sme ale pomocou prospektovej teórie dokázali konzistentne zachytiť averziu k riziku, a teda ochotu poistiť sa, súčasne so sklonom k riziku, a síce záujem vstúpiť do lotérie sľubujúcej vysokú výhru aj keď s malou pravdepodobnosťou. Či sa takýto vzor chovania objaví aj medzi respondentmi môjho pokusu, zistím v ďalšej kapitole.

## 4 Výsledky experimentu

Ekonomickú hru „Rok plný rizika“ som zohrala s tridsiatimi respondentmi 4. a 5. marca 2013. Ich chovanie som si podrobne zaznamenala, víťazov v oboch skupinách som vyhodnotila a odmenila a teraz overím, či sa potvrdí niektorá z mojich hypotéz, resp. či budem môcť niektorú z už spomínaných úžitkových funkcií a s ňou aj teórií o vzťahu k peniazom aplikovať na skutočné správanie sa nezávislých rozhodovateľov. Odporované chovanie sa teda budem snažiť „napasovať“ na jednu z funkcií:

- $P = \frac{W - M}{W}$ , kde  $W$  je celkové bohatstvo subjektu a  $M$  je hranica jeho ekonomického zániku
- $U_1 = W^{1/2}$
- $U_2 = W^{3/2}$
- $U_3 = W^4$
- $V_1 = x^{0,88}$ , ak  $x \geq 0$       a       $V_1 = -2,25(-x)^{0,88}$ , ak  $x < 0$
- $V_2 = x^{0,88}$ , ak  $x \geq 0$       a       $V_2 = -1,05(-x)^{0,88}$ , ak  $x < 0$

Všetky z nich vedú k podobným záverom, a to nezapájať sa ani do hry, ale ani do poistenia vo väčšine kôl. Sú tu ale určité rozdiely v tom, v ktorých kolách je optimálne sa zapojiť podľa jednotlivých funkcií. Pokúsim sa zistiť, ktorú z nich možno najlepšie aplikovať na správanie sa hráčov. Tiež sa bližšie pozriem na ich chovanie v prípade, že dostali penalizáciu v podobe odobratia všetkých zatiaľ nasporených peňazí.

V nasledujúcej tabuľke sú zhrnuté optimálne stratégie v jednotlivých hrách podľa pozorovaných funkcií (zvislá čiarka znamená účasť v hre, resp. ochotu poistiť sa). Presné hodnoty funkcií pre dané stratégie sú uvedené v tabuľkách v prílohe A.

Tabuľka 4: Optimálne stratégie v jednotlivých kolách

| Funkcia | Kolo |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
|---------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
|         | 1.   | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
| P       |      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| U1      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| U2      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| U3      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| V1      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| V2      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |

Zdroj: autorka

Z týchto údajov vyplýva, že hráči by mali byť pomerne zdržanliví - neriskovať a nezapájať sa do lotérií, ale na druhej strane by sa takmer nikdy nemali ani poisťovať. Realita ale na moje prekvapenie bola iná - hráči sa naopak poisťovali a nakupovali tikety pomerne často, ako vidno z nasledujúcich dvoch tabuliek.

Tabuľka 5: Počty aktívnych hráčov

|          | počet predaných tiketov (z 30) |          | počet poistených (z 30) |
|----------|--------------------------------|----------|-------------------------|
| 1. kolo  | 11                             | 2. kolo  | 25                      |
| 3. kolo  | 16                             | 4. kolo  | 10                      |
| 5. kolo  | 16                             | 6. kolo  | 17                      |
| 7. kolo  | 18                             | 8. kolo  | 14                      |
| 9. kolo  | 26                             | 10. kolo | 17                      |
| 11. kolo | 12                             | 12. kolo | 10                      |

Zdroj: autorka

Najväčší záujem bol o lotériu v 9. kole (tiket stál 50 eur a dával šancu 1 : 2 vyhrať 100 eur) - hráči ju zjavne považovali za atraktívnu vzhľadom na relatívne vysokú pravdepodobnosť výhry. Najviac hráčov sa poistilo v 2. kole, kde pravdepodobnosť škody bola 1 : 5, ktorú zrejme považovali za príliš ohrozujúcu. Vysvetlením môže byť aj akási opatrnosť na začiatku hry. (Z rovnakého dôvodu nakúpilo v 1. kole tikety najmenej

hráčov.)

Presné odpovede jednotlivých hráčov, ako aj ich úspešnosť, resp. stratu v jednotlivých hrách sú zachytené v tabuľkách v prílohe B. Aby som zistila, nakoľko sa ich reakcie približujú študovaným modelom, spočítala som si percentuálnu zhodu rozhodnutí každého hráča s optimálnymi rozhodnutiami podľa jednotlivých modelov (príloha C).

Najvyššiu priemernú zhodu (55,56 %) som zaznamenala pri funkcii  $U_2$ , ktorá zodpovedá teórii očakávaného úžitku, kde úžitok sa vypočíta ako celkové bohatstvo subjektu umocnené na 1,5. Priemerný hráč teda odpovedal na viac ako polovicu otázok tak, ako by zodpovedalo tomuto modelu. Úžitková funkcia je v tomto prípade konvexná a teda jej „majiteľ“ má sklon k riziku (to by vysvetľovalo časté nákupy tike-  
tov). Naopak najnižšiu priemernú zhodu (43,89 %) pozorujem pri teórii maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia.

K podobným záverom som prišla, aj keď som spočítala počty hráčov, ktorým sa tá-ktorá teória približuje najviac, teda s ktorou majú najvyššiu zhodu. Kým pri funkcii  $U_2$  sú to až trinásti, maximalizácia prežitia, ako aj pôvodná prospektová teória, najlepšie pasuje len trom. Ostatné údaje zachytáva tabuľka 6 (pozn.: pre niektorých hráčov sa ako najvhodnejšia ukázala aj viac ako jedna funkcia).

Tabuľka 6: Zhoda hráčov s jednotlivými funkciami

| Funkcia | Priemerná zhoda (v %) | Počet hráčov, ktorým zodpovedá: |               |               |
|---------|-----------------------|---------------------------------|---------------|---------------|
|         |                       | najlepšie                       | aspoň na 50 % | aspoň na 75 % |
| P       | 42,22                 | 3                               | 14            | 1             |
| U1      | 48,33                 | 7                               | 21            | 2             |
| U2      | 54,44                 | 13                              | 22            | 5             |
| U3      | 50,83                 | 11                              | 19            | 6             |
| V1      | 43,33                 | 3                               | 16            | 2             |
| V2      | 48,06                 | 7                               | 17            | 2             |

Zdroj: autorka



Podľa tejto analýzy vychádza teória očakávaného úžitku ako jednoznačný víťaz. Ako som už ale spomenula, optimálne stratégie podľa všetkých sledovaných funkcií sú takmer rovnaké a na základe môjho experimentu je pomerne ťažké usúdiť, ktorá z nich je najlepšia. Skúsme sa teda pozrieť na racionalitu jednotlivých hráčov, alebo mieru, v akej sa ich správanie zhoduje s ktorýmkoľvek zo študovaných prístupov. Rozdelím hráčov na tri skupiny - tých, čo sa aspoň s jedným prístupom zhodujú na 75 % a viac, tých, čo sa zhodujú s niektorou s teórií minimálne na 50 % ale menej ako 75 % a zvyšní budú tí, čo sa ani s jednou nezhodujú ani len na 50 %. V prvej („najlepšej“) skupine sú desiaty žiaci, v druhej pätnásti a v poslednej piati. Môžeme teda povedať, že tretina opýtaných sa chová racionálne - ich rozhodnutia v jednotlivých kolách sú navzájom konzistentné, akoby skutočne nasledovali nejakú funkciu, na ktorej si môžu v každej situácii vyhľadať príslušnú hodnotu, porovnať ju s alternatívou a zvoliť tú výhodnejšiu. Pätnásti žiaci (presná polovica) zo strednej skupiny sú na tom podobne, aj keď sa od tejto funkcie častejšie odkláňajú, ale väčšinou ju viac-krát akceptujú ako neakceptujú. Posledných 5 žiakov (šestina respondentov) sa od tejto pomyselnéj funkcie odkláňa veľmi často. Nemusí to ale znamenať, že sú úplne iracionálni. Naopak, pravdepodobne sledujú inú funkciu, ktorá sa ale vymyká štandardným mikroekonomickým teóriám, ktoré som rozoberala v tejto práci.

Pozrime sa ešte na chovanie žiakov, ktorí počas hry prišli o všetky svoje úspory, ale dostali možnosť hrať ešte v ďalších kolách. Z tabuliek v prílohe B vidíme, že ich bolo spolu v oboch skupinách 5. Išlo o hráčov číslo 5, 9, 21, 27 a 30, ktorí boli penalizovaní v 6., 8. alebo 10. kole. Štyria z nich sa už v žiadnom ďalšom kole nepoistili a rovnako štyria si kúpili lístok do lotérie pri každej ďalšej príležitosti (jeden hráč si kúpil 2 tikety z 3 možných). Potvrdila sa tak istým spôsobom aj teória maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia, podľa ktorej je subjekt

ochotný riskovať, keď už sa nachádza pod hranicou ekonomického zániku (v našom prípade určite vie, že bez doterajších úspor nemôže atakovať jednu z prvých piatich pozícií, ktoré budú odmenené) aj také sumy, ktoré by inak neriskoval, a to aj napriek nízkej pravdepodobnosti úspechu.

## Záver

Formalizovať princíp, podľa ktorého sa subjekty rozhodujú v situáciách zahrňajúcich riziko, sa snažili viacerí ekonómovia. Najznámejšími takýmito pokusmi sú rozhodne teória očakávaného úžitku a prospektová teória. Veľmi zaujímavý koncept pre mňa je aj teória maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia. Práve tieto tri modely som sa snažila v mojej práci popísať, porovnať a konfrontovať s reálnymi pozorovaniami.

Porovnávaním jednotlivých teórií v prostredí ekonomickej hry som dospela k záveru, že aj keď každý z troch sledovaných modelov pristupuje k problematike odlišne, všetky spejú v zásade k tomu istému výsledku. Odlišné metódy, ktoré využívajú, nám umožňujú racionálne podchytiť niektoré črty ľudského chovania. Na príklade som ukázala, ako prospektová teória dokáže vysvetliť súčasnú záľubu v riziku a s ňou spojenú účasť v lotériách a averziu k rizikovým situáciám, čo sa prejavuje uzatváraním poisťného. Podľa logiky teórie maximalizácie pravdepodobnosti ekonomického prežitia som vysvetlila správanie subjektov nachádzajúcich sa pod existenčnou hranicou.

Ako najvhodnejšia reprezentácia spotrebiteľských preferencií v oblasti peňazí z môjho experimentu vyšla teória očakávaného úžitku s konvexnou úžitkovou funkciou. Tu ale predpokladám, že výsledok bol ovplyvnený špecifickými podmienkami, v ktorých prebiehal experiment. Nečakane vysoký záujem riskovať si vysvetľujem faktom, že hráčom chýbala „záporná“ motivácia. Hra bola postavená tak, aby tretina najúspešnejších získala odmenu. Tá síce motivovala k rozumnému správaniu, na druhej strane ale podnecovala akúsi hravosť. Respondenti boli v situácii, keď mohli len získať a nie stratiť, z experimentu mohli odísť len o niečo bohatší, ale nie chudobnejší. Preto sa nestránili vkladať do hry aj vyššie obnosy peňazí, ktorých by sa v reálnom živote určite ťažšie vzdávali. Ďalším faktorom boli podľa mňa aj príliš zjednodušujúce pod-

mienky. Výplatu v každom kole získali hráči bez námahy, čo v reálnom živote samozrejme neplatí a vzťah k peniazom sa tak výrazne zmenil.

Napriek tomu sa mi, myslím, podarilo ukázať, že ľudia sa v otázkach rizika rozhodujú racionálne. Aj keď nie v úplne každej situácii, ale vo všeobecnosti áno.

## Referencie

- [1] FRIEDMAN, Milton a SAVAGE L. J. The Utility Analysis of Choices Involving Risk. *The Journal of Political Economy*. 1948, vol. 56, no. 4, s. 279-304. ISSN 0022-3808.
- [2] VON NEUMANN, John a Oskar MORGENSTERN. *Theory of games and economic behavior*. 2nd ed. Princeton: Princeton University Press, 1947. ISBN 06-911-1993-7.
- [3] BALÁŽ, Vladimír. Prospektová teória a jej miesto v ekonomickom myslení. In: BAČOVÁ Viera. *Rozhodovanie a usudzovanie*. Bratislava: Ústav experimentálnej psychológie SAV, 2010, s. 88-132. ISBN 978-80-88910-30-5.
- [4] BERNOULLI, Daniel. Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk. *Econometrica*. 1954, vol. 22, no. 1, s. 22-36. ISSN 1468-0262.
- [5] FRANK, Robert H. *Mikroekonomie a chování*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Svoboda, 1995. ISBN 80-205-0438-9.
- [6] FISHBURN, Peter C. Retrospective on the utility theory of von Neumann and Morgenstern. *Journal of Risk and Uncertainty*. 1989, vol. 2, no. 2, s. 127-157. ISSN 0895-5646.
- [7] SKOŘEPA, Michal. *Zpochybnění deskriptivnosti teorie očekávaného užítku*. Praha: FSV UK, WP IES 7/2006.
- [8] ALLAIS, Maurice. Le Comportement de l'Homme Rationnel devant le Risque: Critique des Postulats et Axiomes de l'Ecole Americaine. *Econometrica*. 1953, vol. 21, no. 4, 503-546. ISSN 1468-0262.
- [9] MARKOWITZ, Harry. The Utility of Wealth. *The Journal of Political Economy*. 1952, vol. 60, no. 2, s. 151-158. ISSN 0022-3808.

- [10] KAHNEMAN, Daniel a TVERSKY, Amos. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*. 1979, vol. 47, no. 2, s. 263-292. ISSN 1468-0262.
- [11] TVERSKY, Amos a KAHNEMAN, Daniel. Rational choice and the framing of decisions. *Journal of business*. 1986, vol. 59, no. 4, s. S251-S278. ISSN 1537-5374.
- [12] TVERSKY, Amos a KAHNEMAN, Daniel. The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*. 1981, vol. 211, no. 4481, s. 453-458. ISSN 0036-8075.
- [13] TVERSKY, Amos a KAHNEMAN, Daniel. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and uncertainty*. 1992, vol. 5, no. 4, s. 297-323. ISSN 0895-5646.
- [14] HLAVÁČEK, Jiří a HLAVÁČEK, Michal. *Zobecněná mikroekonomie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1685-8.
- [15] HLAVÁČEK, Jiří. Zobecněný princip chování firmy v tržní ekonomice. *Politická ekonomie*. Praha: VŠE, 2000, roč. 48, č. 4, s. 515-527. ISSN 0032-3233.
- [16] HLAVÁČEK, Jiří a HLAVÁČEK, Michal. *Models of Economically Rational Donators: altruism can be cruel*. Praha: FSV UK, WP IES 63/2004.
- [17] HLAVÁČEK, Jiří. *Nabídková funkce ve vysokoškolském vzdělávání*. Praha: FSV UK, WP IES 90/2005.
- [18] HLAVÁČEK, Jiří a HLAVÁČEK, Michal. *Poptávková funkce na trhu s pojištěním: porovnání maximalizace paretovské pravděpodobnosti přežití s teorií EUT von Neumanna a Morgensterna a s prospektovou teorií Kahnemana a Tverského*. Praha: FSV UK, WP IES 14/2006.

## Zoznam príloh

**Príloha A:** Optimálne stratégie hráčov v jednotlivých kolách ekonomickej hry podľa rôznych úžitkových funkcií (tabuľky)

**Príloha B:** Prehľad výsledkov experimentu pre jednotlivé skupiny (tabuľky)

**Príloha C:** Prehľad výsledkov experimentu - zhoda s jednotlivými modelmi (tabuľka)

**Príloha D:** Fotografie z priebehu experimentu - ekonomickej hry

# Príloha A1

Účasť v lotérii podľa teórie MPP – funkcia P

|          | W   | M   | p    | G    | I   | P <sub>N</sub> | P <sub>A</sub> | Má hrať? |
|----------|-----|-----|------|------|-----|----------------|----------------|----------|
| 1. kolo  | 600 | 500 | 0,33 | 50   | 20  | 0,167          | 0,161          | NIE      |
| 3. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 500  | 10  | 0,167          | 0,156          | NIE      |
| 5. kolo  | 600 | 500 | 0,25 | 30   | 10  | 0,167          | 0,163          | NIE      |
| 7. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 100  | 20  | 0,167          | 0,151          | NIE      |
| 9. kolo  | 600 | 500 | 0,5  | 100  | 50  | 0,167          | 0,161          | NIE      |
| 11. kolo | 600 | 500 | 0,02 | 5000 | 100 | 0,167          | 0,018          | NIE      |

Poistenie podľa teórie MPP – funkcia P

|          | W   | M   | p    | a  | L   | k   | P <sub>A</sub> | P <sub>N</sub> | Má sa poistiť? |
|----------|-----|-----|------|----|-----|-----|----------------|----------------|----------------|
| 2. kolo  | 600 | 500 | 0,2  | 30 | 200 | 180 | 0,116          | 0,133          | NIE            |
| 4. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 10 | 450 | 400 | 0,152          | 0,165          | NIE            |
| 6. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 20 | 200 | 200 | 0,138          | 0,150          | NIE            |
| 8. kolo  | 600 | 500 | 0,05 | 20 | 300 | 250 | 0,134          | 0,158          | NIE            |
| 10. kolo | 600 | 500 | 0,1  | 20 | 150 | 100 | 0,130          | 0,150          | NIE            |
| 12. kolo | 600 | 500 | 0,2  | 20 | 100 | 100 | 0,138          | 0,133          | ÁNO            |

Účasť v lotérii podľa EUT – funkcia U1

|          | W   | M   | p    | G    | I   | EU1 <sub>N</sub> | EU1 <sub>A</sub> | Má hrať? |
|----------|-----|-----|------|------|-----|------------------|------------------|----------|
| 1. kolo  | 600 | 500 | 0,33 | 50   | 20  | 24,495           | 24,422           | NIE      |
| 3. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 500  | 10  | 24,495           | 24,377           | NIE      |
| 5. kolo  | 600 | 500 | 0,25 | 30   | 10  | 24,495           | 24,442           | NIE      |
| 7. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 100  | 20  | 24,495           | 24,283           | NIE      |
| 9. kolo  | 600 | 500 | 0,5  | 100  | 50  | 24,495           | 24,474           | NIE      |
| 11. kolo | 600 | 500 | 0,02 | 5000 | 100 | 24,495           | 23,397           | NIE      |

Poistenie podľa EUT – funkcia U1

|          | W   | M   | p    | a  | L   | k   | EU1 <sub>A</sub> | EU1 <sub>N</sub> | Má sa poistiť? |
|----------|-----|-----|------|----|-----|-----|------------------|------------------|----------------|
| 2. kolo  | 600 | 500 | 0,2  | 30 | 200 | 180 | 23,790           | 23,596           | ÁNO            |
| 4. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 10 | 450 | 400 | 24,279           | 24,372           | NIE            |
| 6. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 30 | 200 | 200 | 23,875           | 24,045           | NIE            |
| 8. kolo  | 600 | 500 | 0,05 | 20 | 300 | 250 | 24,030           | 24,136           | NIE            |
| 10. kolo | 600 | 500 | 0,1  | 20 | 150 | 100 | 23,977           | 24,167           | NIE            |
| 12. kolo | 600 | 500 | 0,2  | 20 | 100 | 100 | 24,083           | 24,068           | ÁNO            |

Účasť v lotérii podľa EUT – funkcia U2

|          | W   | M   | p    | G    | I   | EU2 <sub>N</sub> | EU2 <sub>A</sub> | Má hrať? |
|----------|-----|-----|------|------|-----|------------------|------------------|----------|
| 1. kolo  | 600 | 500 | 0,33 | 50   | 20  | 14696,94         | 14583,12         | NIE      |
| 3. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 500  | 10  | 14696,94         | 14547,60         | NIE      |
| 5. kolo  | 600 | 500 | 0,25 | 30   | 10  | 14696,94         | 14607,76         | NIE      |
| 7. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 100  | 20  | 14696,94         | 14344,65         | NIE      |
| 9. kolo  | 600 | 500 | 0,5  | 100  | 50  | 14696,94         | 14735,23         | ÁNO      |
| 11. kolo | 600 | 500 | 0,02 | 5000 | 100 | 14696,94         | 19114,55         | ÁNO      |

Poistenie podľa EUT – funkcia U2

|          | W   | M   | p    | a  | L   | k   | EU2 <sub>A</sub> | EU2 <sub>N</sub> | Má sa poistiť? |
|----------|-----|-----|------|----|-----|-----|------------------|------------------|----------------|
| 2. kolo  | 600 | 500 | 0,2  | 30 | 200 | 180 | 13466,58         | 13357,55         | ÁNO            |
| 4. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 10 | 450 | 400 | 14313,22         | 14566,34         | NIE            |
| 6. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 30 | 200 | 200 | 13608,56         | 14027,24         | NIE            |
| 8. kolo  | 600 | 500 | 0,05 | 20 | 300 | 250 | 13879,91         | 14221,90         | NIE            |
| 10. kolo | 600 | 500 | 0,1  | 20 | 150 | 100 | 13791,58         | 14181,84         | NIE            |
| 12. kolo | 600 | 500 | 0,2  | 20 | 100 | 100 | 13868,25         | 13993,62         | NIE            |



# Príloha A2

Poistenie podľa EUT – funkcia U3

|          | W   | M   | p    | a  | L   | k   | EU3 <sub>A</sub> | EU3 <sub>N</sub> | Má sa poisťiť? |
|----------|-----|-----|------|----|-----|-----|------------------|------------------|----------------|
| 2. kolo  | 600 | 500 | 0,2  | 30 | 200 | 180 | 102749258000     | 108800000000     | NIE            |
| 4. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 10 | 450 | 400 | 120812179500     | 128309062500     | NIE            |
| 6. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 30 | 200 | 200 | 105560010000     | 119200000000     | NIE            |
| 8. kolo  | 600 | 500 | 0,05 | 20 | 300 | 250 | 111451952500     | 123525000000     | NIE            |
| 10. kolo | 600 | 500 | 0,1  | 20 | 150 | 100 | 109738945000     | 120740625000     | NIE            |
| 12. kolo | 600 | 500 | 0,2  | 20 | 100 | 100 | 113164960000     | 116180000000     | NIE            |

Účasť v lotérii podľa EUT – funkcia U3

|          | W   | M   | p    | G    | I   | EU3 <sub>N</sub> | EU3 <sub>A</sub> | Má hrať? |
|----------|-----|-----|------|------|-----|------------------|------------------|----------|
| 1. kolo  | 600 | 500 | 0,33 | 50   | 20  | 129600000000     | 127953176667     | NIE      |
| 3. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 500  | 10  | 129600000000     | 134077690000     | ÁNO      |
| 5. kolo  | 600 | 500 | 0,25 | 30   | 10  | 129600000000     | 127821047500     | NIE      |
| 7. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 100  | 20  | 129600000000     | 123229840000     | NIE      |
| 9. kolo  | 600 | 500 | 0,5  | 100  | 50  | 129600000000     | 135006250000     | ÁNO      |
| 11. kolo | 600 | 500 | 0,02 | 5000 | 100 | 129600000000     | 183625000000     | ÁNO      |

Poistenie podľa PT – funkcia V1

|          | W   | M   | p    | $\pi(p)$ straty | a  | L   | k   | V1 <sub>A</sub> | V1 <sub>N</sub> | Má sa poisťiť? |
|----------|-----|-----|------|-----------------|----|-----|-----|-----------------|-----------------|----------------|
| 2. kolo  | 600 | 500 | 0,2  | 0,257           | 30 | 200 | 180 | -81,31446       | -61,24421       | NIE            |
| 4. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 0,040           | 10 | 450 | 400 | -28,63306       | -19,29714       | NIE            |
| 6. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 0,170           | 30 | 200 | 200 | -67,40317       | -40,54238       | NIE            |
| 8. kolo  | 600 | 500 | 0,05 | 0,111           | 20 | 300 | 250 | -54,98723       | -37,93740       | NIE            |
| 10. kolo | 600 | 500 | 0,1  | 0,170           | 20 | 150 | 100 | -53,09548       | -31,47481       | NIE            |
| 12. kolo | 600 | 500 | 0,2  | 0,257           | 20 | 100 | 100 | -49,89936       | -33,27811       | NIE            |

Účasť v lotérii podľa PT – funkcia V1

|          | W   | M   | p    | $\pi(p)$ zisky | G    | I   | V1 <sub>N</sub> | V1 <sub>A</sub> | Má hrať? |
|----------|-----|-----|------|----------------|------|-----|-----------------|-----------------|----------|
| 1. kolo  | 600 | 500 | 0,33 | 0,336          | 50   | 20  | 0               | -20,90712       | NIE      |
| 3. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 0,055          | 500  | 10  | 0               | -3,95950        | NIE      |
| 5. kolo  | 600 | 500 | 0,25 | 0,291          | 30   | 10  | 0               | -11,26869       | NIE      |
| 7. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 0,186          | 100  | 20  | 0               | -20,69092       | NIE      |
| 9. kolo  | 600 | 500 | 0,5  | 0,421          | 100  | 50  | 0               | -46,14668       | NIE      |
| 11. kolo | 600 | 500 | 0,02 | 0,081          | 5000 | 100 | 0               | 16,44596        | ÁNO      |

Poistenie podľa PT – funkcia V2

|          | W   | M   | p    | $\pi(p)$ straty | a  | L   | k   | V2 <sub>A</sub> | V2 <sub>N</sub> | Má sa poisťiť? |
|----------|-----|-----|------|-----------------|----|-----|-----|-----------------|-----------------|----------------|
| 2. kolo  | 600 | 500 | 0,2  | 0,257           | 30 | 200 | 180 | -24,71508       | -28,58063       | ÁNO            |
| 4. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 0,040           | 10 | 450 | 400 | -9,23832        | -9,00533        | NIE            |
| 6. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 0,170           | 30 | 200 | 200 | -21,84477       | -18,91978       | NIE            |
| 8. kolo  | 600 | 500 | 0,05 | 0,111           | 20 | 300 | 250 | -18,00114       | -17,70412       | NIE            |
| 10. kolo | 600 | 500 | 0,1  | 0,170           | 20 | 150 | 100 | -19,55611       | -14,68824       | NIE            |
| 12. kolo | 600 | 500 | 0,2  | 0,257           | 20 | 100 | 100 | -15,39822       | -15,52979       | ÁNO            |

Účasť v lotérii podľa PT – funkcia V2

|          | W   | M   | p    | $\pi(p)$ zisky | G    | I   | V2 <sub>N</sub> | V2 <sub>A</sub> | Má hrať? |
|----------|-----|-----|------|----------------|------|-----|-----------------|-----------------|----------|
| 1. kolo  | 600 | 500 | 0,33 | 0,336          | 50   | 20  | 0               | -4,15431        | NIE      |
| 3. kolo  | 600 | 500 | 0,01 | 0,055          | 500  | 10  | 0               | 5,14343         | ÁNO      |
| 5. kolo  | 600 | 500 | 0,25 | 0,291          | 30   | 10  | 0               | -2,16576        | NIE      |
| 7. kolo  | 600 | 500 | 0,1  | 0,186          | 100  | 20  | 0               | -3,93811        | NIE      |
| 9. kolo  | 600 | 500 | 0,5  | 0,421          | 100  | 50  | 0               | -8,62564        | NIE      |
| 11. kolo | 600 | 500 | 0,02 | 0,081          | 5000 | 100 | 0               | 85,49875        | ÁNO      |

# Príloha B1

Prehľad výsledkov experimentu – 1. skupina

|         | 1. kolo |       | 2. kolo       |       | 3. kolo |       | 4. kolo       |       | 5. kolo |       | 6. kolo       |       | 7. kolo |       | 8. kolo       |       | 9. kolo |       | 10. kolo      |       | 11. kolo |       | 12. kolo      |       | Celková<br>našeťrená<br>suma |
|---------|---------|-------|---------------|-------|---------|-------|---------------|-------|---------|-------|---------------|-------|---------|-------|---------------|-------|---------|-------|---------------|-------|----------|-------|---------------|-------|------------------------------|
|         | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?    | výhra | poisti<br>sa? | škoda |                              |
| Hráč 1  |         |       | I             | I     | I       | I     | I             |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         | I     |               |       |          |       |               |       | 1 070                        |
| Hráč 2  | I       |       | I             |       |         |       |               |       |         |       | I             |       |         | I     |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 890                          |
| Hráč 3  | I       |       | I             |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         | I     |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 170                        |
| Hráč 4  |         |       |               |       |         |       | I             |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 120                        |
| Hráč 5  |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               | I     |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 430                          |
| Hráč 6  |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 890                          |
| Hráč 7  | I       |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 880                          |
| Hráč 8  | I       |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 910                          |
| Hráč 9  | I       | I     |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 430                          |
| Hráč 10 | I       | I     |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 220                        |
| Hráč 11 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 100                        |
| Hráč 12 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 090                        |
| Hráč 13 | I       |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 100                        |
| Hráč 14 | I       | I     |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 060                        |
| Hráč 15 | I       |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 120                        |

# Príloha B2

Prehľad výsledkov experimentu – 2. skupina

|         | 1. kolo |       | 2. kolo       |       | 3. kolo |       | 4. kolo       |       | 5. kolo |       | 6. kolo       |       | 7. kolo |       | 8. kolo       |       | 9. kolo |       | 10. kolo      |       | 11. kolo |       | 12. kolo      |       | Celková<br>našatrená<br>suma |
|---------|---------|-------|---------------|-------|---------|-------|---------------|-------|---------|-------|---------------|-------|---------|-------|---------------|-------|---------|-------|---------------|-------|----------|-------|---------------|-------|------------------------------|
|         | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?   | výhra | poisti<br>sa? | škoda | hráč?    | výhra | poisti<br>sa? | škoda |                              |
| Hráč 16 |         |       | I             |       |         |       |               |       |         |       | I             |       |         |       |               |       |         | I     |               |       |          |       |               |       | 1 040                        |
| Hráč 17 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         | I     |               |       |          |       |               |       | 1 090                        |
| Hráč 18 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               | I     |          |       |               |       | 1 140                        |
| Hráč 19 |         |       |               |       |         |       |               |       |         | I     |               |       |         |       |               |       |         | I     |               |       |          |       |               | I     | 1 150                        |
| Hráč 20 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               | I     |          |       |               |       | 980                          |
| Hráč 21 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         | I     |               |       |          |       |               |       | 450                          |
| Hráč 22 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 080                        |
| Hráč 23 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 230                        |
| Hráč 24 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 890                          |
| Hráč 25 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 150                        |
| Hráč 26 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 090                        |
| Hráč 27 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 100                          |
| Hráč 28 |         | I     |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 1 280                        |
| Hráč 29 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 990                          |
| Hráč 30 |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |         |       |               |       |          |       |               |       | 310                          |

# Príloha C

Prehľad výsledkov experimentu – zhoda s jednotlivými modelmi (v %)

|         | Funkcia |       |       |       |       |       |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | P       | U1    | U2    | U3    | V1    | V2    |
| Hráč 1  | 41,67   | 50,00 | 50,00 | 58,33 | 41,67 | 50,00 |
| Hráč 2  | 8,33    | 16,67 | 41,67 | 25,00 | 25,00 | 16,67 |
| Hráč 3  | 50,00   | 58,33 | 66,67 | 66,67 | 50,00 | 58,33 |
| Hráč 4  | 58,33   | 50,00 | 41,67 | 41,67 | 58,33 | 33,33 |
| Hráč 5  | 41,67   | 50,00 | 66,67 | 75,00 | 58,33 | 66,67 |
| Hráč 6  | 16,67   | 25,00 | 50,00 | 50,00 | 33,33 | 41,67 |
| Hráč 7  | 16,67   | 25,00 | 33,33 | 33,33 | 16,67 | 41,67 |
| Hráč 8  | 8,33    | 16,67 | 25,00 | 25,00 | 8,33  | 33,33 |
| Hráč 9  | 41,67   | 50,00 | 66,67 | 58,33 | 58,33 | 50,00 |
| Hráč 10 | 25,00   | 33,33 | 25,00 | 8,33  | 8,33  | 16,67 |
| Hráč 11 | 33,33   | 41,67 | 33,33 | 33,33 | 16,67 | 41,67 |
| Hráč 12 | 41,67   | 50,00 | 58,33 | 41,67 | 41,67 | 33,33 |
| Hráč 13 | 50,00   | 41,67 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 25,00 |
| Hráč 14 | 50,00   | 58,33 | 50,00 | 33,33 | 33,33 | 41,67 |
| Hráč 15 | 50,00   | 58,33 | 50,00 | 33,33 | 33,33 | 41,67 |
| Hráč 16 | 41,67   | 50,00 | 58,33 | 58,33 | 41,67 | 50,00 |
| Hráč 17 | 58,33   | 66,67 | 66,67 | 75,00 | 58,33 | 66,67 |
| Hráč 18 | 66,67   | 75,00 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 75,00 |
| Hráč 19 | 66,67   | 75,00 | 58,33 | 50,00 | 50,00 | 58,33 |
| Hráč 20 | 41,67   | 50,00 | 58,33 | 58,33 | 58,33 | 66,67 |
| Hráč 21 | 58,33   | 66,67 | 91,67 | 91,67 | 75,00 | 83,33 |
| Hráč 22 | 58,33   | 66,67 | 75,00 | 50,00 | 58,33 | 50,00 |
| Hráč 23 | 75,00   | 66,67 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 50,00 |
| Hráč 24 | 25,00   | 33,33 | 41,67 | 41,67 | 25,00 | 50,00 |
| Hráč 25 | 50,00   | 58,33 | 33,33 | 16,67 | 33,33 | 41,67 |
| Hráč 26 | 58,33   | 66,67 | 75,00 | 58,33 | 58,33 | 50,00 |
| Hráč 27 | 41,67   | 50,00 | 75,00 | 75,00 | 58,33 | 58,33 |
| Hráč 28 | 58,33   | 50,00 | 66,67 | 58,33 | 58,33 | 33,33 |
| Hráč 29 | 41,67   | 33,33 | 58,33 | 75,00 | 58,33 | 50,00 |
| Hráč 30 | 41,67   | 50,00 | 58,33 | 58,33 | 41,67 | 66,67 |

## Príloha D

