

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Ekonomická fakulta
Katedra aplikované matematiky a informatiky

Teze diplomové práce

Věžňovo dilemma

Vypracoval: Bc. Tereza Čapková

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Roskovec Ph.D.

České Budějovice

2023

Klíčová slova: věžňovo dilemma, teorie her, aplikovaná ekonomie, behaviorální ekonomie

JEL Classification: C70, C73, D90, D91

Anotace: Tato diplomová práce se zabývá studiem věžňova dilematu v iterované formě, která představuje způsob hraní této hry, kdy se hráči utkávají v několika kolech a mají možnost měnit svou strategii na základě zkušeností z předchozích her. Cílem práce je vyhodnotit vhodné strategie v případě iterovaného věžňova dilematu na základě informací o druhém hráči, jako je například pohlaví, věk, nebo jiné charakteristiky. Dále se práce zaměřuje na analýzu toho, které údaje o hráčích jsou významné pro změnu chování hráčů a do jaké míry se strategie hráčů shodují se známými strategiemi z turnajů AI. V úvodní části práce jsou představeny základní koncepty teorie her a věžňovo dilemma. Dále jsou vysvětleny důležité pojmy týkající se iterované formy hry, jako jsou opakované hraní, možnost změny strategie a spolupráce mezi hráči. Také jsou představeny klasické strategie věžňova dilematu, jako je například Holubice, Jestřáb a Kopírák. V praktické části práce je popsána webová aplikace, která byla vytvořena pro simulaci ekonomického střetu mezi zákazníkem a řemeslníkem. Tato aplikace umožňuje hráčům hrát věžňovo dilemma v iterované formě a změnit svou strategii na základě zkušeností z předchozích her. Aplikace obsahuje různé AI strategie, proti kterým hráči mohou hrát. Data o chování hráčů jsou shromažďována a následně analyzována pomocí pozorování a statistických metod. Výsledky této práce ukazují, že v hraní není mezi muži a ženami téměř žádný rozdíl a významné rozdíly lze pozorovat pouze mezi mladšími a staršími skupinami hráčů. Toto tvrzení bylo v práci ověřeno pomocí χ^2 testu. V závěru byla nalezena optimální strategie proti různým skupinám hráčů, kterou je spolupráce po celou dobu a zrada v posledním kole.

Úvod a přehled literatury

V polovině 20.století se díky zásluze několika vědců vyvinula nová disciplína aplikované matematiky s názvem teorie her. Tato disciplína studuje strategické situace, ve kterých strany, nazývané hráči, dělají rozhodnutí, která jsou na sobě závislá. Tato vzájemná závislost znamená, že rozhodnutí jednoho hráče může ovlivnit výsledky, kroky i strategie ostatních hráčů. Teorie her poskytuje matematický rámec pro analýzu mnoha situací a předpovídání jejich výsledků a chování.

Tradiční pojetí teorie her ve svém jádru předpokládá, že hráči jsou racionální. To znamená, že pečlivě zváží všechny možné výsledky svých činů a zvolí ten, který maximalizuje jeho vlastní užitek. Ukazuje se, že v realitě lidé nehledají vždy pro sebe to nejlepší. Často v nás zvítězí lidskost, a tak místo soutěžení s ostatními hráči spolupracujeme, nebo jim dokonce pomáháme na úkor vlastního blaha. V některých případech jsou rozhodnutí tak náročná, že nelze očekávat optimalizaci při jejich provádění a lidé rozhodují pocitově nebo intuitivně. Rozhodnutí tedy není vždy jen o výši užitku, ale také o pocitech či důvěře daných stran. Tím se v modernějším pojetí stává teorie her předmětem zkoumání i oborů mimo matematiku, jako jsou například sociologie, aplikovaná psychologie, experimentální ekonomie či behaviorální ekonomie.

Tato diplomová práce se zabývá speciální hrou zvanou věžňovo dilemma v iterované formě, kdy opakujeme hru mezi hráči v několika kolech a hráči mají možnost měnit strategii na základě zkušeností z předchozích her, tedy pracují se zkušeností a odhadem druhého hráče.

V teoretické části se zaměříme na zavedení a představení věžňova dilemma, a to jak v klasické formě, tak v iterované. V praktické části poznatky testujeme pomocí webové aplikace simulující ekonomický střet zákazníka a řemeslníka, díky níž sbíráme data o chování různých skupin hráčů. Na závěr jsou data pomocí statistických analýz vyhodnocena a jsou vyvozeny závěry o vhodných strategiích.

Klasické věžňovo dilemma můžeme nalézt v mnoha vědeckých pracích. Některé z prací zabývající se aplikací do ekonomie jsou například Carilli a Dempster (2001), Ginevičius a Krivka (2008) nebo Holt a Capra (2000). Velmi zajímavý je příklad z tabákového průmyslu z USA, kterým se zabývá Mankiw (1999).

Iterované věžňovo dilemma je model používaný v teorii her ke studiu toho, jak se jednotlivci rozhodují v opakovaných interakcích, které představují jednotlivá opakování situace popsateľné věžňovým dilematem. Vychází z klasického věžňova dilematu s jediným rozdílem opakování hry. Tento model se často používá k vysvětlení sociálních vztahů a chování v různých situacích, jako jsou například mezinárodní vztahy, ekonomické transakce, a dokonce i mezilidské vztahy. Ve zjednodušené formě se hra zahajuje tím, že obě strany dostanou možnost spolupracovat nebo nespolečupracovat. Pokud obě strany spolupracují, obě strany získají určité výhody. Pokud však jedna strana nespolečupracuje a druhá spolupracuje, nespolečupracující získá větší výhody, zatímco spolupracující strana přijde o výhody. Pokud obě strany nespolečupracují, obě strany přijdou o výhody. Protože se hra opakuje několikrát, jejich rozhodnutí v každém kole mohou ovlivnit výsledky budoucích kol. To umožňuje možnost spolupráce a rozvoj důvěry mezi hráči. Přičemž dle Nashe je optimálním řešením nespolečupráce, které vede k maximalizaci zisku. Například hráč může začít kooperovat, ale pokud druhý hráč nespolečupracuje, může se rozhodnout pro nespolečupráci v příštím kole.

Existují různé strategie pro iterované věžňovo dilemma, včetně těch, které se snaží vytvořit důvěru a kooperaci, a těch, které se snaží využít zradu k vlastnímu prospěchu. Výsledky těchto strategií se mohou lišit v závislosti na tom, jaké jsou cíle hráčů a jaké jsou podmínky hry.

Pokud se hraje pouze jedno kolo, měli bychom dle Nashe nespolupracovat. Pokud nás čekají kola dvě, pak Nash tvrdí, že v posledním kole budeme nespolupracovat, což považuje za nejlepší, a proto se i na předposlední kolo dívá jako na jediné. Tímto způsobem lze odvodit od konce, že dle Nashe se zdá být nejlepší strategií nespolupracovat v posledním, předposledním i všech předcházejících kolech.

Nyní uvádíme některé ze strategií (Case, 2017), které jsme v praktické části využili pro tvorbu protihráčů. V některých případech se jedná o klasické strategie používané v modelech teorie her. Níže popisujeme jednotlivé myšlenky strategií a jejich výhody a nevýhody:

- **Holubice** (Anděl, Naivka) zahrnuje vždy volbu spolupráce bez ohledu na akce druhého hráče. Tato strategie je založena na myšlence, že spolupráce je vždy nejlepší dlouhodobou strategií, i když vede ke krátkodobým ztrátám (pokud ovšem nehraje proti jestřábovi či zlatokopce).
- **Jestřáb** (Dábel, Podrazák) vždy volí nespolupráci bez ohledu na činy druhého hráče. Tato strategie je založena na myšlence, že nespolupráce je vždy nejvýnosnější strategií, i když vede k dlouhodobým nákladům.
- **Mstítel** začíná spoluprací a poté spolupracuje do té doby, než ho protihráč podvede. Po nespolupráci od protihráče pokračuje do konce hry už jen nespolupráci. Strategie mstitelce má jednu velkou nevýhodu, kdy po jedné nespolupráci protihráče už nikdy nenaváže spolupráci, i kdyby to bylo výhodné.
- **Kopírák** (Tit for tat) na začátku hry spolupracuje a následně kopíruje vždy předchozí tah soupeře. Tato strategie je účinná, protože odměňuje spolupráci a trestá za nespolupráci, což může povzbudit ke spolupráci i druhého hráče.

Robert Axelrod společně s William D. Hamiltonem (1981) publikovali studii pojednávající o výsledcích počítačového turnaje (Axelrod, 1980), kde proti sobě nasimulovali různé strategie a pomocí pseudoevolučního algoritmu (nedochází k vývoji, ale jen vymírání a klonování) turnaj vyhodnotili. Tyto strategie předložil odborníci na her v ekonomii, sociologii, politologii a matematice. Nejúspěšnější strategií v tomto turnaji byla jednoduchá strategie Kopíráka.

Cíl práce

Cílem práce je vyhodnotit vhodné strategie v případě iterovaného věžňova dilematu podle informací o druhém hráči (např. pohlaví, věk), také analyzovat které údaje o hráčích jsou význačné pro změnu jeho chování, do jaké míry se strategie hráčů shodují se známými strategiemi z turnajů AI. To provádíme sběrem dostatečného množství dat pomocí vlastní webové aplikace simulující situaci z reálného života podle vzoru iterovaného věžňova dilematu. V této webové aplikaci hrají různé AI strategie, proti kterým budou uživatelé (hráči) hrát. Tato data poté budou zanalyzována pomocí pozorování/statistických metod a budou z nich vyvozeny závěry.

Metodika

V první části jsme vytvořili jednoduchou konzolovou aplikaci pomocí programovacího jazyku C#. Výběr utvrdila hlavně dlouholetá zkušenost s tímto programovacím jazykem a také přátelské prostředí programu Visual Studio. Cílem tohoto programu bylo nasimulovat pseudoevoluční algoritmus různých skupin strategií a poukázat na důležitost počtu hraných kol při rozhodování jakou strategii využít.

V druhé části jsme naprogramovali webovou aplikaci pomocí programovacího jazyku Python. Konkrétně se jedná o Flaskovou aplikaci a pro sestavení aplikace byla využita knihovna Poetry. Dotazníky na webu byly vytvořeny pomocí WTForms. Ve způsobu ukládání dat, jsme se rozhodli pro SQLite, které sice není žádným pokročilým nástrojem, ale pro potřeby této aplikace bohatě postačí, a naopak je spíše výhodou, protože příliš nezatěžuje server. Pro

nasazení webové aplikace využíváme kontejnerizaci pomocí Dockeru a celá webová aplikace je nasazena na vlastních serverech pod vlastní doménou <https://creationoftrust.capek.io>. Web byl později přeložen i do anglického jazyka kvůli zefektivnění sběru dat. Tato webová aplikace sloužila po určitý čas pro sběr dat o rozhodování lidí v nastíněné situaci.

Tato nastíněná situace byla následující:

Představte si, že jste si pořídili dům, který je potřeba ještě zrekonstruovat. Ve svém okolí tak vyhledáte firmu, která má k dispozici potřebné řemeslníky. Pro potřeby modelu je tato firma v celém okolí jediná, kvůli nedostatku řemeslníků. Postupně potřebujete dokončit 5 prací se srovnatelnými náklady, proto víte, že s firmou budete spolupracovat celkem pětkrát. Jak už to, tak v reálném světě bývá, nebude tento kontrakt, tak jednoduchý. Máte totiž možnost s firmou zacházet s různou vstřícností. Na začátku Vašeho kontraktu totiž zaplatíte zálohu ve výši 25 tisíc korun. Tuto zálohu můžete buďto na konci splatnosti doplatit dalšími 25 tisíci a anebo firmě nedoplatit, ať už pro nedůvěru v její práci, nebo kvůli šetření. Ale pozor, stejné možnosti má i firma! Ta Vám může dodat dílo v plné výši a kvalitě anebo práci odbýt, to ovšem nepoznáme, doplacení či nedoplacení musíme provést bez této informace, stejně tak firma v době práce neví, zda dostane doplacení. Celkem tedy mohou nastat čtyři situace, ohodnocené následovně: Váš zisk je, o kolik je pro vás práce hodnotnější než platba, a firma získá rozdíl platby a svých nákladů.

Tento model lze převést do výplatní matice, kde strategií jedna obou je důvěra a druhou strategií je nedůvěra:

	Firma	
Uživatel	(50, 50)	(0, 75)
	(75, 0)	(25, 25)

Nebo ho lze interpretovat slovně:

- *Oba si budou důvěřovat, oba získávají 50 tisíc korun (uživatel dílo v této hodnotě a firma výplatu v této hodnotě)*
- *Uživatel bude firmě důvěřovat, ale ona jemu ne – uživatel nezíská nic, protože mu bude dodáno dílo v hodnotě zálohy, firma použije velmi levné materiály, a tak získá celou částku 75 tisíc korun (materiály v hodnotě 50 tisíc korun a uživatelskou zálohu)*
- *Uživatel firmě věřit nebude a ona jemu bude důvěřovat – uživatel získá 75 tisíc korun (25 tisíc díky nedoplatenému záloze a dílo v hodnotě 50 tisíc korun) a firmě se pokryjí pouze náklady, takže nezíská nic*
- *Navzájem si nebudou důvěřovat – oba získají 25 tisíc korun, firma získá zálohu a uživatel získá dílo v menší hodnotě*

Uživatel se pohyboval v ilustrovaném uživatelském rozhraní, kdy každá firma měla odlišnou postavičku. Rozhodování probíhalo pomocí dvou tlačítek, která sloužila pro ukládání dat do databáze pomocí binárních hodnot.

Očištění těchto dat bylo provedeno v programu DataSpell pomocí SQL příkazů. K vizualizaci dat jsme se rozhodli využít Microsoft PowerBI, které nabízí řadu způsobů, jak data vizualizovat a zpracovávat.

Na datech jsme nejprve prováděli řadu pozorování, a to mezi skupinami muži/ženy a mladší/starší. Dále jsme pozorovali úspěšnosti jednotlivých strategií proti populaci uživatelů. To jsme podložili statistikou pomocí χ^2 testu dobré shody. V závěru jsme pomocí rekurze identifikovali strategii s největší očekávanou hodnotou.

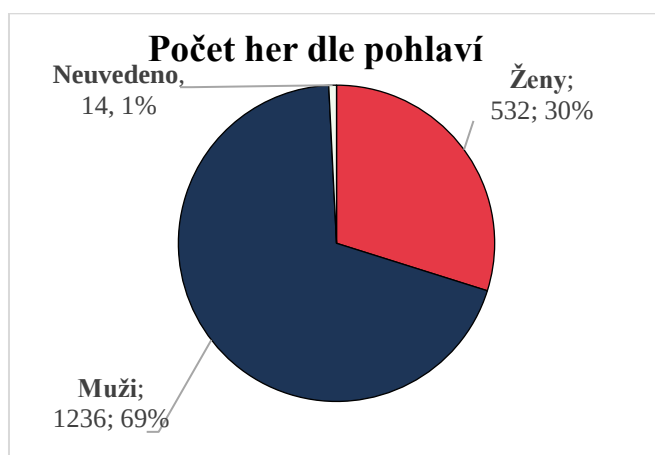
Populace dat

Web byl spuštěn na konci září 2022 a data byla sbírána do konce února 2023. Za tuto dobu pěti měsíců byla nasbírána data od 350 uživatelů, což činí 1907 jednotlivých her.

Web jsme šířili hlavně pomocí sociálních sítí, studentských skupin a také byl vytvořen plakát, který jsme vyvěsili na fakultě, sociální síť fakulty a v podnicích v Českých Budějovicích. Tímto bychom chtěli poděkovat všem zúčastněným i šířitelům tohoto webu.

Z dat jsme v první řadě eliminovali uživatele, kteří nedohráli žádnou hru, a poté uživatele, kteří pouze rychle klikali na tlačítka v prvních hrách – u pozdějších je to pochopitelné. Po očištění těchto uživatelů se počet snížil na 303 uživatelů a 1782 her po pěti kolech. V průměru tedy každý uživatel nahrál necelých šest her. Díky sběru základních informací o uživateli můžeme data rozdělit hned na několik podskupin, ve kterých je pak budeme analyzovat.

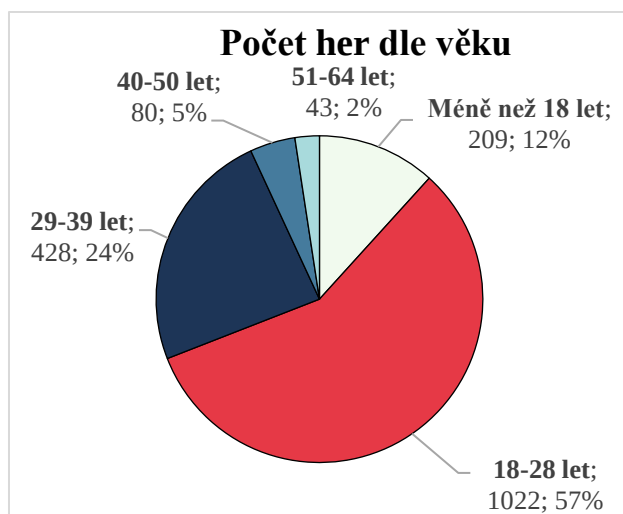
Graf 1: Počet her dle pohlaví



Zdroj: vlastní tvorba

Jak můžeme vidět z Grafu 1, v našem vzorku jsou zastoupeni muži více než ženy, a to téměř dvojnásobně. Přestože jsou zastoupeni rozdílně, počet her je dostatečný v obou kategoriích a v naší analýze to nezpůsobí problém.

Graf 2: Počet her dle věku



Zdroj: vlastní tvorba

Graf 2 zobrazuje počet her dle věku, kde se nám nepodařilo zajistit alespoň částečně rovnoměrný vzorek uživatelů. Pro další analýzy proto rozdělujeme uživatele na dvě

skupiny: do 28 let a starší. Skupina mladších je tedy zastoupena 69 % s počtem 1231 her a skupina starších uživatelů 31 % s 551 hrami.

O uživateli byla sbírána i další data, ale nepodařilo se nám zajistit rozumné rozdělení. Využití těchto rozdělení by mohlo vést ke zpochybnění zobecnitelnosti a proto rozdělení nebyla použita. Toto rozdělení můžete nalézt v plné verzi diplomové práce.

Výsledky

V první řadě si pokládáme otázku: Chovají se lidé jako základní strategie? Zkoumáme v kolika hrách se uživatelé shodují se základními strategiemi – Holubice, Mstitel, Jestřáb, Kopírák, příp. do jaké míry jednají způsobem odlišným a nevysvětlitelným těmito strategiemi. Navíc zkoumáme i strategii Kopíráček, který dá protihráči šanci pro opravu a přestává kooperovat až po dvou po sobě jdoucích nespokojených. Protože se situace samých spoluprací započítává hned do několika strategií zároveň, nepřidává žádnou informační hodnotu, a tak ji z následující tabulek vynecháváme. Počet her po této eliminaci se sníží na 1389.

Tabulka 1: Procentuální zastoupení strategií uživatelů ve hrách bez samých spoluprací (muži vs. ženy)

Skupina	Celkem	Holubice	Jestřáb	Mstitel	Kopírák	Žádná	Kopíráček
Muži	968 her	3,72 %	15,6 %	22,73 %	19,63 %	53,31 %	2,27 %
Ženy	421 her	3,33 %	7,60 %	22,57 %	18,29 %	62,95 %	2,14 %

Zdroj: vlastní výpočty

Překvapivým zjištěním při zkoumání (Tabulka 1) je, že mezi muži a ženami není téměř žádný rozdíl, pokud je porovnáváme se základními strategiemi. Až na výjimku u strategie Jestřába, kde se ukazuje, že muži hrají po celou dobu nespokojených až dvakrát častěji než ženy. Naopak u žen je navýšený počet her mimo základní strategie. U Kopíráčka je dobré analyzovat i jednotlivé uživatele. I v tak malém procentuálním zastoupení této strategie se dle dat ukazuje, že muži dávají druhé šance pouze jednou, a když se to jednou ve hře s jakýmkoliv protihráčem nevyplatí, už nikdy v žádné další hře druhé šance nedávají. U žen je to právě naopak, kdy menší počet žen dá druhé šance vícekrát za sérii her. Malý rozdíl lze pozorovat i v případě nevyužívání žádné strategie, a mohli bychom konstatovat, že muži jsou o něco metodičtější než ženy.

Tabulka 2: Procentuální zastoupení strategií uživatelů ve hrách bez samých spoluprací (starší vs. mladší)

Skupina	Celkem	Holubice	Jestřáb	Mstitel	Kopírák	Žádná	Kopíráček
Mladší	999 her	3,7 %	13,41 %	18,92 %	15,70 %	59,40 %	2,40 %
Starší	402 her	3,23 %	12,94 %	32,09 %	27,36 %	47,26 %	3,23 %

Zdroj: vlastní výpočty

V Tabulce 2 si můžeme povšimnout signifikantního rozdílu v případě žádné základní strategie. Ukazuje se, že starší lidé mnohem častěji používají základní strategie a lze říci, že s nabývajícím zkušenostmi metodičnost stoupá. Poměr využívání Mstitele vs. Kopíráka je téměř totožný, pokud vezmeme v potaz, že skoro polovina mladších uživatelů nevyužila žádnou strategii. Starší uživatelé častěji hrají trestající strategie (Mstitel, Kopírák), takže můžeme tvrdit, že mladší uživatelé jsou shovívavější.

Na data se můžeme dívat i z druhé strany. Tedy jak si jednotlivé skupiny vedou proti AI. Konkrétně jsme zvolili čtyři nejzajímavější AI: Holubice, Jestřáb, Mstitel, Kopírák. Průměrné výplaty počítáme jak pro jednotlivé skupiny, tak i pro AI proti nim.

Průměrné výplaty jsou uvedeny v tisících Kč, tak jak to bylo představováno uživatelům na počátku hry. Pro porovnání využijeme Tabulku 12, kde jsou zobrazeny maximální možné výplaty pro uživatele i AI.

U mužů a žen nepozorujeme žádné výrazné rozdíly. Mezi staršími a mladšími jsou největší rozdíly výplat pozorovány proti Mstiteli a Kopírákovi. Proto se podívejme na procentuální zastoupení ve skupinách uživatelů v počtech nespoluprací

Tabulka 3: Procentuální zastoupení ve skupinách uživatelů v počtech nespoluprací proti AI Mstiteli

	Mladší	Starší
Žádná nespolupráce	32,57 %	52,81 %
Jedna nespolupráce	13,71 %	21,35 %
Dvě nespolupráce	11,43 %	3,37 %
Tři nespolupráce	16,00 %	10,11 %
Čtyři nespolupráce	19,43 %	5,62 %
Pět nespoluprací	6,86 %	6,74 %

Zdroj: vlastní výpočty

Jak vidíme z Tabulky 3, tento rozdíl je způsoben hlavně díky velkému zastoupení samých spoluprací. Starší uživatelé získali větší výplatu díky tomu, že v případě samých spoluprací Kopírák hraje také samé spolupráce a tím obě skupiny získávají. Zajímavé je i pozorování, kdy uživatelé provedou jednu nespolupráci. V naší populaci starší uživatelé provádějí jednu nespolupráci v posledním kole v 94 % případů, kdežto mladší uživatelé pouze v 70 %. I díky tomuto rozdílu starší uživatelé mají větší průměrné výplaty, protože nespolupráce v posledním kole zůstává nepotrestána.

Zatím jsme prováděli pouze pozorování a z některých jsme vyvozovali i závěry. Pomocí χ^2 testu dobré shody můžeme ověřit, zda jsou naše pozorování správná. Protože pro provedení tohoto testu je nutné, aby v každé kategorii byl výskyt minimálně pěti prvků, museli jsme naše data ořezat o jedno poslední kolo, protože mnoho větví nebylo dostatečně zastoupeno, připomeňme, že větví je 4^5 tedy 1024. Tato analýza je tedy provedena na 4 kolech. Zkoumání provádíme pomocí počtů spoluprací versus naše čtyři AI, tak jako v předchozí kapitole.

- I. H_0 = Mezi skupinami není v hraní proti danému AI žádný rozdíl
- II. H_1 = Mezi skupinami jsou v hraní proti danému AI rozdíly
- III. Kritická hodnota $\alpha = 0,05$

Hypotéza H_0 bude zamítnuta, pokud p-hodnota bude pod kritickou hodnotou α . Očekáváme tedy zamítnutí H_0 hypotézy u skupiny mladší a starších. Příloha 1 a 2 jsou zdrojové excelové soubory s těmito analýzami.

Tabulka 4: p-hodnoty χ^2 testu při analýze mužů a žen

	Holubice	Jestřáb	Mstitel	Kopírák
p-hodnota	0,1048	0,8830	0,5728	0,2175

Zdroj: vlastní výpočty

Tabulka 4 ukazuje p-hodnoty χ^2 testu ve skupině mužů a žen. Ani v jednom případě se kritická hodnota α nedostala pod naši hranici, a tak nemůžeme hypotézu H_0 zamítnat. Mezi muži a ženami není statisticky signifikantní rozdíl.

Tabulka 5: p-hodnoty χ^2 testu při analýze mladších a starších

	Holubice	Jestráb	Mstítel	Kopírák
p-hodnota	0,0111	0,2023	0,0010	0,0323

Zdroj: vlastní výpočty

Jak je vidět v Tabulce 5 u skupiny mladších a starších zamítáme hypotézu H_0 ve třech případech. Tento jev pro nás není překvapením vzhledem k předchozím pozorováním. Můžeme tedy říci, že mezi skupinami mladších a starších uživatelů je statisticky signifikantní rozdíl v případě her proti Holubici, Mstítelovi a Kopírákovi v počtu spoluprací/nespoluprací.

Jedním z hlavních cílů této práce je nalézt nejlepší strategii proti nasbírané populaci dat. Hledání nejlepší strategie bylo prováděno pomocí rekursivního programování sestavením rozhodovacího stromu. Toto hledání je prováděno na statických strategiích, které nereagují na předchozí kola.

Při sestavování rozhodovacího stromu jsme došli k poznatku, že mnoho větví v případě pěti kol je prázdných, což není v počtu 1024 větví překvapivé. Pro správný výpočet očekávané hodnoty je za potřebí, co nejvíce zaplněný strom. V případě prázdné větve jsme tedy hodnoty nahrazovali nulou, což vedlo ke zkreslování výsledku. Proto jsme se rozhodli udělat nejlepší pětikolovou strategii a čtyřkolovou strategii. V případě čtyř kol jsme totiž dosahovali úplného stromu. Výsledky pro pět kol naleznete v úplném znění diplomové práce, protože závěry jsou pro obě situace shodné.

Tabulka 6: Nejlepší statické strategie pro čtyři kola

	Všichni	Muži	Ženy	Mladší	Starší
1110	179,6	176,33	186,23	188,23	175,13
1100	177,59	175,56	178,86	178,77	171,81
1000	170,31	171,48	149,73	170,84	167,84
1111	154,6	151,33	161,56	164,63	150,13

Zdroj: vlastní výpočty

Strategie s nejvyššími očekávanými hodnotami v tis. Kč jsou zapsány v Tabulce 6, úplnou tabulku obsahuje Příloha 3. Ukazuje se, že nejvyšší očekávané hodnoty dosahuje strategie 1110 a to pro všechny kategorie uživatelů. Druhou nejlepší strategií je zrada v posledních dvou kolech, tedy 1100. Na třetím místě se u všech, kromě žen, umístila strategie 1000. U žen se tato strategie umístila až na sedmém místě. Proti ženám je třetí nejlepší strategií s vysokou očekávanou hodnotou strategie samých spoluprací. Z tohoto pozorování můžeme soudit, že se ženy nenechají tolikrát podrazit bez potrestání.

Závěr

Tato diplomová práce se zaměřila na aplikaci iterovaného vězňova dilematu na modelu řemeslníka a zákazníka, přičemž jejím cílem bylo zkoumat a vyhodnotit rozdíly mezi různými kategoriemi hráčů.

V první části práce jsme se zabývali rozsáhlou teorií kolem tohoto fenoménu. Představili jsme teorii her, matematické modely rozhodovacích situací a v neposlední řadě i aplikaci do ekonomického světa. Byly představeny základní strategie, které byly dále využívány v praktické části. V závěru této části jsme představili i zajímavý koncept reciprocity.

V úvodu praktické části jsme provedli pseudoevoluční turnaj jednotlivých strategií, který demonstruje, že na počtu kol záleží. Z malého počtu kol mají největší pro-spěch hráči používající strategii Jestřáb, a naopak z velkého počtu kol těží strategie Kopíráka.

Pro sběr dat o různých kategoriích hráčů jsme využili vlastní webovou stránku, na které bylo posbíráno 1907 záznamů her od 350 uživatelů (po ořezání 1782 her od 303 uživatelů). Téměř ideální vzorek byl posbíráno v kategoriích muži, ženy, mladší a starší, kdy rozdělujeme věkem 28 let. Bohužel, v oblasti vzdělání a zaměření se nepodařilo posbírat odpovídající vzorek. Pokud bychom toto rozdělení použili, mohlo by to vést ke zpochybnění zobecnitelnosti, a proto jsme se rozhodli neprovádět analýzy na základě tohoto rozdělení.

Prvotní analýza dat srovnávala chování uživatelů s představenými základními strategiemi. Toto pozorování ukázalo, že mezi muži a ženami není téměř žádný rozdíl v používání těchto strategií, avšak rozdíl byl pozorován v případě, kdy chování hráče nešlo popsat žádnou představenou strategií, což bylo typičtější u žen. Mezi staršími a mladšími byl objeven rozdíl v používání těchto strategií, přičemž starší lidé jsou metodičtější než mladší, tj. mnohem častěji se uchylují k využívání některé ze strategií.

Dále byla zkoumána úspěšnost uživatelů proti jednotlivým AI na naší webové stránce. Opět se ukázalo, že mezi muži a ženami nejsou žádné významné rozdíly, avšak mezi mladšími a staršími byli tyto rozdíly výraznější. Konkrétně u situací proti Mstitelovi a Kopírákovi. Tyto rozdíly byly způsobeny hlavně častějším využitím samých spoluprací, na které ani jedna z AI strategií nereaguje, a tak uživatel získává. Toto zjištění ukazuje, že věk může hrát důležitou roli při rozhodování o tom, jakou strategii proti hráči použít.

Našimi hypotézami v tomto bodě bylo, že mezi muži a ženami nejsou téměř žádné rozdíly oproti tomu, že mezi staršími a mladšími jsou. Tyto hypotézy jsme ověřili pomocí χ^2 testu dobré shody. Skupiny jsme zkoumali v případech, proti jaké strategii zrovna hrají, protože to mohlo výrazně ovlivnit jejich chování. Opravdu jsme prokázali, že mezi muži a ženami nejsou v žádném z případů rozdíly. Naopak v případě mladších a starších jsme hypotézu H_0 , tj. mezi skupinami nejsou žádné rozdíly, zamítli hned ve třech případech. Můžeme tedy konstatovat, že mezi hraním mladších a starších jsou signifikantní rozdíly.

V závěru jsme pomocí rekurzivního programování seskládali rozhodovací strom a na základě výpočtu očekávané hodnoty jsme zkoumali ultimátní strategii, která nereaguje na soupeře, ale je předem naplánována. Je zajímavé, že i přestože jsme našli rozdíly mezi jednotlivými skupinami, jedna ze strategií byla výrazně lepší než ostatní. Tato strategie jsou samé spolupráce a v posledním kole nespolupráce. Tato strategie je svým způsobem nemorální, a i když je velmi výhodná, hráči ji běžně nepoužívají, a to ani proti AI, kde by potenciálně hráč mohl jednat méně eticky než v reálném životě. Pro správné aplikování této strategie je tak potřeba znát počet kol dopředu, což v našem modelu platilo.

Celkově lze říci, že tato diplomová práce přinesla poznatky o chování hráčů v aplikaci iterovaného věžňova dilematu. Tyto poznatky mohou být důležité pro další výzkum v této oblasti a také pro praktické aplikace v řízení a rozhodování. Dále by bylo zajímavé zkoumat optimální strategie, které budou reagovat na soupeře.

Seznam literatury použité v tezi

Axelrod, R. (1980). More Effective Choice in the Prisoner's Dilemma. *Journal Of Conflict Resolution*, 24(3), 379-403. <https://doi.org/10.1177/002200278002400301>

Axelrod, R. (1980). Effective Choice in the Prisoner's Dilemma. *Journal Of Conflict Resolution*, 24(1), 3-25. <https://doi.org/10.1177/002200278002400101>

Axelrod, R., & Hamilton, W. D. (1981). The Evolution of Cooperation. *Science*, 211(4489), 1390-1396. <https://doi.org/10.1126/science.7466396>

Carilli, A. M., & Dempster, G. M. (2001). Expectations in Austrian Business Cycle Theory: An Application of the Prisoner's Dilemma. *The Review Of Austrian Economics*, 14(4), 319-330. <https://doi.org/10.1023/A:1011985113936>

Case, N. (2017). The Evolution of Trust. Získáno z <https://ncase.me/trust/>

Ginevičius, R., & Krivka, A. (2008). Application of game theory for duopoly market analysis. *Journal Of Business Economics And Management*, 9(3), 207-217. <https://doi.org/10.3846/1611-1699.2008.9.207-217>

Holt, C. A., & Capra, M. (2000). Classroom Games: A Prisoner's Dilemma. *The Journal Of Economic Education*, 31(3). <https://doi.org/10.2307/1183093>

Plný seznam použité literatury je uveden v textu diplomové práce

Další bibliografické údaje

Type of thesis: master

Author: Bc. Tereza ČAPKOVÁ

Academic Year: 2022/2023

Department: Department of Applied Mathematics and Informatics, Faculty of Economics, University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Czech Republic

Thesis supervisor: RNDr. Tomáš Roskovec Ph.D.

Number of pages: 65

Language of thesis: CZ

Title of Thesis: Prisoner's Dilemma

Annotation: This thesis deals with studying the prisoner's dilemma in an iterated form, which represents a way of playing this game when players compete in multiple rounds and have the opportunity to change their strategy based on experience from previous games. The aim of the thesis is to evaluate suitable strategies for the iterated prisoner's dilemma based on information about the other player, such as gender, age, or other characteristics. The thesis also focuses on analyzing which player information is significant for changing player behavior and to what extent player strategies coincide with known strategies from AI tournaments. The introductory part of the thesis presents basic concepts of game theory and the prisoner's dilemma. Important terms related to the iterated form of the game, such as repeated play, the possibility of strategy change, and cooperation between players, are also explained. Classic prisoner's dilemma strategies, such as Dove, Hawk, and Copycat, are also introduced. In the practical part of the thesis, a web application is described that was created to simulate an economic conflict between a customer and a craftsman. This application allows players to play the iterated prisoner's dilemma and change their strategy based on experience from previous games. The application contains various AI strategies that players can play against. Player behavior data is collected and subsequently analyzed using observations and statistical methods. The results of this thesis show that there is almost no difference in play between men and women, and significant differences can only be observed between younger and older player groups. This assertion was verified in the thesis using a χ^2 test. In conclusion, an optimal strategy was found against different player groups, which is cooperation throughout and betrayal in the final round.

Key words: Prisoner's dilemma, game theory, cooperation, applied economics.

Přílohy volně vložené: Příloha č. 1: Excel soubor obsahující χ^2 test dobré shody muži a ženy, Příloha č. 2: Excel soubor obsahující χ^2 test dobré shody mladší a starší

Přílohy vázané v práci: Příloha č. 3: Výplaty všech strategií proti populaci v situaci 4 kol, Příloha č. 4: Výplaty všech strategií proti populaci v situaci 5 kol