

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

KOGNITÍVNE ASPEKTY HRY STARCRAFT 2
DIPLOMOVÁ PRÁCA

2015

Bc. Andrej Čičmanský

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

KOGNITÍVNE ASPEKTY HRY STARCRAFT 2
DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program: Kognitívna veda (jednoodborové štúdium, magisterský II. st.,
denná forma)

Študijný odbor: 2503 Kognitívna veda

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky

Školiteľ: RNDr. Kristína Rebrová PhD.

Konzultant: RNDr. Kristína Rebrová PhD.

Bratislava 2015

Bc. Andrej Čičmanský

Čestné prehlásenie

Čestne prehlasujem, že diplomovú prácu s názvom Kognitívne aspekty hry StarCraft 2 som vypracoval samostatnou vlastnou tvorivou činnosťou pod vedením diplomovej vedúcej s použitím uvedenej literatúry.

Bratislava, jún 2015

.....

Pod'akovanie

Chcel by som pod'akovať všetkým, ktorí akýmkoľvek spôsobom prispeli k tvorbe mojej diplomovej práce. Predovšetkým by som sa chcel pod'akovať mojej diplomovej vedúcej RNDr. Kristíne Rebrovej PhD. za odbornú pomoc a pozitívny prístup pri vedení mojej práce. Chcel by som sa pod'akovať aj Mgr. Michaele Veselovskej za nenahraditeľnú pomoc pri tvorbe odborného textu práce.

Abstrakt

Cieľom diplomovej práce bolo určiť, či dôležitosť premenných vývoja expertízy je stabilná naprieč všetkými úrovňami expertízy pri hraní Starcraft 2: Hearth of the Swarm. Ďalším cieľom bolo prešetrenie vývoja expertízy pre jednotlivé hrateľné rasy v rámci vybranej hry. Posledným cieľom bolo poskytnúť prehľad výskumov zaoberajúcich sa kognitívnymi výskumami na počítačových hrách a zároveň zamerať sa v nich na použité metódy výskumu. Zaoberali sme najmä výskumami benefitov hrania počítačových hier a výskumom vývoja expertízy. Témou nášho výskumu je kognitívny výskum na počítačových hrách. Vybraná počítačová hra patrí do kategórie počítačových stratégií odohrávajúcich sa v reálnom čase. Hranie takéhoto typu hier vyžaduje súbežné a nepretržité vykonávanie akcií, koordináciu a spracovanie informácií. Pre náš výskum sme čerpali dáta zo záznamov hier, ktoré obsahovali všetky herné akcie vykonané hráčmi. Pomocou merania premenných zastupujúcich pozornosť, kognitívno-motorické a perцепčné procesy hráčov sme dokázali, že dôležitosť týchto premenných nie je stabilná naprieč všetkými úrovňami vývoja expertízy. Vývoj výskumu expertízy sme rozšírili o analýzu vývoja expertízy medzi jednotlivými hernými rasami. Na určenie dôležitosti premenných sme použili klasifikáciu cez náhodný les. Naše výsledky sme porovnali s predchádzajúcim výskumom v danej oblasti.

Abstract

The aim of our thesis was to determine whether variables importance during development of expertise is stable across all levels of expertise in playing Starcraft 2: Heart of the Swarm. Another aim was to investigate development of expertise for each playable race within the selected game. Last aim was to provide an overview of relevant studies dealing with cognitive research on computer games while focusing on research methodology. We focused mainly on studies about benefits of playing computer games and studies of expertise development. Theme of our study is cognitive research on computer games. Selected computer game belongs to category of computer real-time strategy games. Playing this type of games requires simultaneous and continuous actions, coordination and information processing. Data for our research was obtained from records of games, which contain all game actions performed by players. By measuring the variables representing attention, cognitive-motor and perceptual processes of players we have shown that the importance of these variables is not stable across all levels of expertise development. We extended research of expertise development by analysis of the expertise development among the playable races. To determine the importance of the variables, we used the classification through random forest. We compared our results with the previous research in this area.

Predhovor

Túto diplomovú prácu sme si vybrali na základe zaujímavého kognitívneho hľadiska na oblasť našich voľnočasových aktivít. Skúmanie efektov počítačových hier je obľúbenou témou v súčasných kognitívnych výskumoch. Táto diplomová práca, teda spája naše rozsiahle skúsenosti s hraním počítačových stratégií v reálnom čase s realizáciou odborného výskumu.

Cieľom našej práce je overiť, či predikovaná dôležitosť premenných vývoja expertízy je stabilná naprieč všetkými úrovňami expertízy hráčov StarCraftu 2. Práca zahŕňa popis vybraných kognitívnych výskumov z oblasti hrania počítačových hier, a taktiež zahŕňa aj kvantitatívny výskum realizovaný na počítačovej hre StarCraft 2: Hearth of the Swarm.

Práca je určená pre výskumníkov zaoberajúcich sa kognitívnym výskumom na počítačových strategických hrách hraných v reálnom čase a pre výskumníkov venujúcich sa výskumu vývoja expertízy.



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Bc. Andrej Čičmanský
Študijný program: kognitívna veda (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)
Študijný odbor: 9.2.11. kognitívna veda
Typ záverečnej práce: diplomová
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Kognitívne aspekty hry Starcraft 2

Cieľ: Cieľom diplomovej práce je určiť ako a ktoré kognitívne kapacity rozvíja hranie známej RTS videohry Starcraft 2. Predchádzajúce výskumy v danej oblasti naznačujú, že pozornosť je jednou z hlavných kapacít podliehajúcich intenzívnemu rozvoju pri hraní. Medzi ostatné rozvíjané kapacity môžu patriť: pracovná pamäť, schopnosť multitaskingu, plánovanie, problem solving a jemná motorika. Úlohou študenta je získať a analyzovať základné informácie zo záznamov hier už existujúcimi nástrojmi a preskúmať a implementovať nové techniky spracovania takýchto údajov.

Literatúra: Hayhoe, M. & Ballard, D.H. (2005). Eye movements in natural behavior. Trends in Cognitive Sciences, 9
Joshua M. Lewis, Patrick Trinh, David Kirsh (2011). A Corpus Analysis of Strategy Video Game Play in Starcraft: Brood War. In Proceedings of the 33rd Annual Conference of the Cognitive Science Society, pp. 687-692
Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. Nature, 423, 534-537

Kľúčové

slová: starcraft 2, pozornosť, kognitívne schopnosti

Vedúci: RNDr. Kristína Rebrová, PhD.

Katedra: FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky

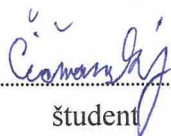
Vedúci katedry: prof. Ing. Igor Farkaš, PhD.

Spôsob sprístupnenia elektronickej verzie práce:
bez obmedzenia

Dátum zadania: 06.12.2012

Dátum schválenia: 06.12.2012

prof. RNDr. Pavol Zlatoš, PhD.
garant študijného programu


študent


vedúci práce

Obsah

Úvod.....	11
1. Skúmanie kognitívnych aspektov kolektívnych počítačových hier.....	12
1.1 Výskum na počítačových hrách	12
1.2 Cieľ výskumu	13
1.3 Výskumné otázky	14
1.4 Výskumné metódy	14
1.5 Etapy výskumu	14
2. Teoretické východiská	16
2.1 Počítačové strategické hry hrané v reálnom čase.....	16
2.2 StarCraft 2: Hearth of the Swarm	17
2.3 Pozitívne efekty hrania počítačových hier	22
2.3.1 Zlepšenie základných kognitívnych funkcií a percepcie	22
2.3.2 Zlepšenie vyšších kognitívnych funkcií.....	22
2.3.3 Zlepšenie kognitívnej flexibility	23
2.3.4 Zlepšenie kognitívnej flexibility hraním StarCraftu	24
2.3.5 Zlepšenie exekutívnych schopností	27
2.3.6 Zlepšenie exekutívnych schopností hraním Space Fortress.....	27
2.4 Výskum vývoja expertízy	33
2.4.1 Vývoje hernej expertízy v StarCrafte 2.....	34
3. Priebeh výskumu.....	38
3.1 Prvá etapa	38
3.2 Druhá etapa	38
3.2.1 Výber technológie pre tvorbu parsovacieho programu.....	38
3.2.2 Definovanie premenných vývoja expertízy	39
3.2.3 Tvorba parsovacieho programu.....	43

3.3	Tretia etapa.....	44
3.3.1	Zber dát	44
3.3.2	Príprava dát pre spracovanie parsovacím programom.....	46
3.4	Štvrtá etapa.....	46
3.4.1	Náhodný les.....	46
3.4.2	Dôležitosť premenných.....	47
3.4.3	Využitie náhodných lesov	48
3.4.4	Analýza vytvorených grafov dôležitosti premenných vývoja expertízy 48	
	Záver	54
	Literatúra.....	55
	Príloha A	61

Úvod

Výskumy hrania počítačových hier bývajú často kontroverzným predmetom diskusie v psychológii a kognitívnej vede. Najväčšou kritikou sú teórie, ktoré naznačujú, že hranie počítačových hier môže viesť k znecitliveniu voči násiliu, ktoré môže viesť k agresívnemu a anti-sociálnemu správaniu v reálnom svete. V poslednej dobe sa ale dostávajú do popredia mnohé výskumy kladných vplyvov hrania počítačových hier, rovnako ako aj naša práca. Medzi niektoré dokázané kladné vplyvy hrania počítačových hier patria napríklad zlepšenie kritického myslenia a riešenia problémov, vylepšenie motorických schopností a priestorovej pozornosti či zníženie stresu.

Počítačové hry pre viacerých hráčov môžu prispieť k zlepšeniu sociálnych schopností a umožňujú vytváranie medzil'udských vzťahov, ktoré by ináč neboli možné. Bolo dokázané, že hranie niektorých hier vylepšuje sebaovládanie a pomáha kontrolovať túžby. Viacero výskumov preukázalo, že hranie stratégií odohrávajúcich sa v reálnom čase vedie k zlepšeniu kognitívnej flexibility.

Cieľom našej práce je nadviazať na niekoľko ročný výskum tímu Thompson, Blair, Chen, Henrey (2013) z prestížnej Simon Fraser University v Kanade. My sme sa snažili rozšíriť vyššie uvedený výskum z počítačovej stratégie odohrávajúcej sa v reálnom čase Starcraft 2 na jej nasledovníka Starcraft 2: Hearth of the Swarm. Hlavným cieľom bolo overiť, či dôležitosť premenných vývoja expertízy je stabilná naprieč všetkými úrovňami expertízy pri hraní Starcraft 2: Hearth of the Swarm.

V prvej kapitole **Skúmanie kognitívnych aspektov kolektívnych počítačových hier** sa zaoberáme výskumom na počítačových hrách, popisujeme ciele nášho výskumu, výskumné otázky, metódy a etapy nášho výskumu.

V druhej kapitole **Teoretické východiská** rozoberáme predchádzajúce výskumy v oblasti kognitívnych výskumoch na počítačových hrách.

V tretej kapitole **Priebeh výskumu** podrobne popisujeme postup našej práce pri realizácii výskumu. V tejto kapitole taktiež prezentujeme aj výsledky nášho výskumu a odpovedáme na výskumné otázky.

1. Skúmanie kognitívnych aspektov kolektívnych počítačových hier

V tejto časti diplomovej práce sa zoznámime s výskumným problémom a témou výskumu, cieľom výskumu, položíme si výskumné otázky, vysvetlíme výskumné metódy a popíšeme priebeh výskumu.

1.1 Výskum na počítačových hrách

Témou nášho výskumu bol kognitívny výskum vývoja expertízy na expanzii hry Starcraft 2: Hearth of the Swarm. Počítačové hry reprezentujú pohlcujúcu a častokrát intenzívnu aktivitu, ktorá je jedinečná pre moderného človeka a jej popularita rapídne rastie. Vzhľadom k všade prítomným počítačovým hrám v modernej kultúre, je dôležité klásť si otázku, či počítačové hry môžu tvarovať určité súčasti ľudskej kognície.

V roku 2014 bolo namerané spoločnosťou Entertainment Software Association¹, že 59% bežnej populácie hrá alebo hralo počítačové hry, pričom priemerný vek hráča je 31 rokov. Hranie počítačových hier sa stáva čoraz viac frekventovanejším: 50% mladých ľudí hlásilo hranie „včera“ a 60% mládeže hrá počítačové hry na prenosných zariadeniach (Rideout, Roberts, Foehr, 2005).

Autori v štúdiu (Thompson et al., 2013), na ktorú sme nadviazali argumentujú, že hranie počítačových stratégií odohrávajúcich sa v reálnom čase (angl. Real-time strategy, ďalej len RTS) môže byť považované za zaujímavú oblasť štúdia expertízy v rovnakom zmysle, akým je štúdia expertízy v šachu alebo v hre Go. Táto štúdia prebiehala na RTS StarCraft 2. Medzi nutné kompetencie pre hranie StarCraftu 2 patria rýchle a zmysluplné pohyby rúk, ako aj inteligentné ovládanie hernej kamery za účelom vidieť a konať. Z toho vyplýva, že pozornosť, percepcia, rozhodovacie procesy a motorická kontrola (dohromady označované pojmom kognitívne a motorické schopnosti) sú dôležitými faktormi StarCraft 2 expertízy.

Na základe štúdie domény expertízy, ktorá je celá postavená na počítačovom základe, bolo autorom umožnené získať presné merania výkonu v jeho prirodzenom

¹ http://www.theesa.com/wp-content/uploads/2014/10/ESA_EF_2014.pdf

prostredí. Za použitia existujúcej, populárnej a súťažne hranej počítačovej hry autori mohli získať veľkú množinu rozdielnych dát od participantov z celého sveta. Od spracovania tohto výskumu sa na trhu objavila nová expanzia základnej hry Starcraft 2: Hearth of the Swarm, ktorá zvýšila náročnosť a zložitosť hry predstavením nových komplexných herných jednotiek. V našom výskume sme sa zaoberali vývojom expertízy v tomto hernom rozšírení.

Snažili sme sa naviazať na výskum (Thompson et al., 2013). Na základe tohto výskumu sa objavuje niekoľko opomenutých problémov vo výskumnom dizajne, ktoré vyplynuli aj z analýzy výskumu (Lewis, Trinh, Kirsh, 2011). Jeden z týchto problémov vychádza z faktu, že autori sa nezaoberali skutočnosťou, že na hranie jednotlivých herných rás v počítačovej hre StarCraft 2 je potrebná rôzna množina zručností naprieč stupňami vývoja expertízy. Avšak už z herného dizajnu vyplýva, že štýl hrania týchto rás je diametrálne odlišný. Snažili sme sa teda nájsť tieto rozdiely, pretože predpokladáme, že jednotlivé premenné vývoja expertízy (napr. premenné reflektujúce pozornosťné procesy, motorické zručnosti, ovládanie pozornosti) budú nadobúdať rozdielne hodnoty pre každú z troch hrateľných rás v hre.

1.2 Cieľ výskumu

Cieľom nášho výskumu bolo overiť, či predikovaná dôležitosť premenných vývoja expertízy je stabilná naprieč všetkými úrovňami expertízy hráčov StarCraftu 2. Vyberali sme také premenné, ktoré boli priamymi ukazovateľmi kognitívnych a motorických schopností. Okrem toho sme vybrali aj premenné týkajúce sa kognitívnej záťaže, čo je množstvo mentálnej energie potrebné na vykonanie určitých úloh.

Prvým cieľom bolo overiť, či dôležitosť premenných vývoja expertízy je stabilná naprieč všetkými úrovňami expertízy pri hraní Starcraft 2: Hearth of the Swarm. Druhým cieľom bolo prešetrenie vývoja expertízy pre jednotlivé hrateľné rasy v rámci vybranej hry. V rámci týchto dvoch cieľov bola potrebná zmena výpočtu premenných použitých v predchádzajúcich výskumoch (Thompson et al., 2013; Lewis, Trinh, Kirsh, 2011) a zároveň sme pridali nové premenné vývoja expertízy. Posledným cieľom bolo poskytnúť prehľad výskumov zaoberajúcich sa kognitívnymi výskumami na počítačových hrách a zároveň zamerať sa v nich na použité metódy výskumu.

1.3 Výskumné otázky

Vo výskume sme si položili tieto výskumné otázky:

- 1) Akým spôsobom sa vyvíja kognitívny výskum v oblasti hrania počítačových hier?
- 2) Aká je dôležitosť premenných vývoja expertízy naprieč všetkými úrovňami expertízy pri hraní Starcraft 2: Hearth of the Swarm?
- 3) Ako sa zmení dôležitosť premenných vývoja expertízy pri zmene ich výpočtu?
- 4) Akým spôsobom sa líši vývoj expertízy pre jednotlivé hrateľné rasy oproti vývoju expertízy bez rozlíšenia na konkrétne rasy?

1.4 Výskumné metódy

V našej práci sme využili metodológiu kvantitatívneho výskumu. Dáta pre našu prácu sme získali z voľne dostupných internetových zdrojov. Dáta sme sťahovali v priebehu jari 2015 z internetovej stránky², ktorá poskytuje priestor pre zdieľanie záznamov viacerých počítačových hier.

Na získanie relevantných informácií zo záznamov hier Starcraft 2: Hearth of the Swarm (ďalej už len SC 2: HotS) sme naprogramovali parser týchto záznamov v programovacom jazyku C#.

Na spracovanie vyextrahovaných dát zo záznamov hier SC 2: HotS sme použili klasifikáciu cez náhodný les za účelom získania dôležitosti premenných naprieč úrovňami expertízy. Následne sme tieto výsledky analyzovali.

1.5 Etapy výskumu

Náš výskum sme viedli v niekoľkých nasledovných etapách:

V prvej etape sme sa zamerali na štúdium literatúry z oblasti kognitívneho výskumu na hrách. V rámci štúdia výskumov sme sa zamerali na oblasti dokázateľných pozitívnych efektov hrania počítačových hier, oblasti rozvoja kognitívnych schopností u starších ľudí, oblasti tréningu vyšších kognitívnych funkcií a oblasti výskumov zahŕňajúce hranie počítačových RTS hier.

² <http://www.gamereplays.org/starcraft2/replays.php?game=33&show=search>

V druhej etape sme sa sústredili na vytvorenie C# program na spracovanie záznamov hier. Na začiatku tejto etapy sme si stiahli niekoľko záznamov hier zo stránky uvedenej vyššie za účelom objasnenia dátovej štruktúry záznamov. V tejto etape sme definovali premenné vývoja expertízy a zároveň sme popisovali ich zastúpenie kognitívnymi kapacitami.

V tretej etape sme sa zaoberali zberom dát a ich prípravou na spracovanie programom, ktorý sme vytvorili v predchádzajúcej etape. Príprava dát zahŕňala triedenie záznamov hier a extrahovanie zoznamu herných akcií zo záznamových súborov. Extrakcia herných akcií bola poloautomatizovaná pomocou AutoHotkey³ skriptov.

V štvrtej etape sme na ohodnotenie dôležitosti premenných naprieč úrovňami expertízy použili klasifikáciu pomocou náhodných lesov, ktoré odlišili hráčov z dvoch rôznych líg. Následne sme analyzovali všetky dôležitosti premenných a porovnali sme ich s výsledkami predchádzajúceho výskumu v tejto oblasti.

³ <http://www.autohotkey.com/>

2. Teoretické východiská

V tejto časti práce predstavíme teoretické východiská, ktoré slúžia ako hlavné zdroje motivácie a informácií pre náš výskum. Zároveň sa tu uvedieme niektoré kľúčové pojmy.

2.1 Počítačové strategické hry hrané v reálnom čase

Náš výskum prebiehal na strategických počítačových hrách hraných v reálnom čase (angl. Real-time strategy, ďalej RTS). RTS hry sú počítačové hry, v ktorých hráč rozvíja herné figúrky nazvané jednotky s ultimátnym cieľom zničiť nepriateľovu základňu. Majú tri relevantné rozdiely od tradičných strategických hier ako napríklad šach alebo Go. Po prvé, RTS hry obsahujú ekonomický komponent, takže hráč musí získavať a míňať suroviny na produkciu jednotiek a budov. Mnohé z hráčových rozhodnutí sú spojené s vyváženým utrácaním zdrojov medzi militantným a ekonomickým vývojom. Po druhé, herná plocha, zvaná mapa, je oveľa väčšia ako hráčova viditeľnosť v hociktorom momente hry. Výsledná neistota o hernom stave vedie k rade stratégií pre zhromažďovanie informácií a vyžaduje stálu ostražitosť ako aj vysoko rozvinuté pozornosťné procesy. Po tretie, v RTS hre hráč nemusí čakať na ťah svojho protivníka. Hráči, ktorí dokážu plniť svoje strategické ciele efektívnejšie majú obrovskú výhodu. V dôsledku toho sú rozvinuté motorické zručnosti s klávesnicou a myšou neoddeliteľným komponentom hry. Každá hra produkuje veľké množstvo behaviorálnych dát – bežná hra šachu pozostáva zo 40 ťahov (Chessgames Services LLC, 2014) jedným hráčom, kým priemerná RTS hra pozostáva z 1000 ťahov jedným hráčom.

Autori v štúdií (Thompson et al., 2013), na ktorú sme nadviazali argumentujú, že hranie RTS môže byť považované za zaujímavú oblasť štúdia expertízy v rovnakom zmysle, akým je štúdia expertízy v šachu alebo v Go. Pre úspech v hre je potrebné zapojiť značné množstvo stratégie a vedomostí, ktoré oboje vyžadujú veľké množstvo herných skúseností. Tieto podmienky spĺňajú definíciu expertízy:

„vlastnosti, zručnosti a vedomosti, ktoré oddeľujú expertov od nováčikov a menej skúsených ľudí“ (Ericsson, 2006, p. 3).

Aspekty RTS hier spolu s telemetrickou kolekciou a analýzou detailných záznamov hry vytvárajú platformu s nasledovnými prednosťami (Thompson et al., 2013):

1. Prostredie s bohatými a dynamickými úlohami
2. Silne motivovaní participanti
3. Presné merania motorických výkonov a alokácie pozornosti
4. Neinvazívne a priame merania výkonu v rámci domény
5. Veľká množina dát
6. Značné množstvo premenných
7. Veľa stupňov expertízy

Tento prístup je teda veľmi vhodný pre výskum vývoja expertízy.

Autori v štúdiu (Thompson et al., 2013) dodávajú, že s ohľadom na zlepšenie použitia metódy telemetrického zberu dát, RTS hry môžu slúžiť kognitívnej vede ako „štandardné prostredie pre výskumné úlohy“, rovnako ako *Drosophila* slúži biológii.

2.2 StarCraft 2: Hearth of the Swarm

StarCraft 2: Hearth of the Swarm (ďalej už len SC 2: HotS) je počítačová RTS hra, ktorá pre naše potreby zahŕňa práve dvoch hráčov. Podstatou hry je manažovanie ozbrojeného konfliktu z naklonenej vtácej perspektívy (angl. angled top-down perspective). Hráči používajú jednotky, ktoré rovnako ako šachové figúrky majú rozdielne prednosti, slabosti a schopnosti za účelom porazenia súperových jednotiek a zničenia súperových budov. Hráč vyhráva hru zničením všetkých nepriateľských budov alebo protihráčovým opustením hry. Hracie jednotky bojujú na dvoj-dimenzionalnej hernej mape, ktorej viditeľnosť je pre hráčov obmedzená iba na okolie ich jednotiek a budov. Navyše, hráčovo primárne zobrazenie hracej plochy pokrýva iba veľmi malú časť celkovej hracej plochy (viď Obrázok 1). Dizajn týchto vlastností vytvára SC 2: HotS hrou s nekompletnou informáciou o hernom stave, kde efektívna distribúcia pozornosti je prvoradá.



Obrázok 1 Ukážka hernej obrazovky v SC 2: HotS

Hráči musia súbežne a nepretržite vykonávať akcie, aby dosiahli svoje strategické ciele. SC 2: HotS je hrou s neobmedzenými možnosťami pre hráča. To znamená, že neexistuje obmedzenie počtu alebo frekvencií akcií, ktoré hráč môže vykonať, aby zmenil herný stav. Herné jednotky dokážu plniť zadané príkazy s určitou mierou autonómnosti. Dokážu nájsť cestu herným prostredím do cieľového bodu zadaného hráčom alebo reagovať ak sú napadnuté. Toto správanie herných jednotiek je jednoduché a občas nepredvídateľné, takže hráči musia spravovať svoje jednotky neustále za účelom dosiahnutia vyžadovaného správania.

Jedným z hlavných prítlačlivých aspektov hry SC 2: HotS je asymetria herných rás. Hráč môže v hre hrať za jednu z troch herných rás:

- Protoss
- Terran
- Zerg

Každá z týchto herných rás má vlastný špecifický dizajn a kompletne rozdielne sady budov a jednotiek. Z dizajnu týchto rás vyplýva špecifický herný štýl pre každú rasu. Zároveň herný štýl a strategický postup závisí aj od rasy zvolenej protihráčom. Komplexná diskusia o rozdieloch v stratégiách v jednotlivých kombináciách rás v zápasoch ďaleko presahuje obmedzený priestor tejto diplomovej práce.

Rovnakým spôsobom akým obstarávanie peňazí v stolnej hre Monopoly umožňuje nakupovanie pozemkov a obstarávanie ďalších financií, hospodárenie s ekonomickými prostriedkami je rozhodujúce pre úspech v SC 2: HotS. V hre sa nachádzajú dva druhy ekonomických prostriedkov, minerály a plyn. Tieto herné suroviny sú distribuované v určitých zoskupeniach naprieč hernou mapou a hráči ich ťažia pomocou pracovných jednotiek. Aby hráči dokázali efektívnejšie ťažiť herné suroviny, tak musia postaviť nové budovy v blízkosti týchto surovín a zároveň musia chrániť svoje pracovné jednotky, zatiaľ čo zabráňujú svojmu protihráčovi vykonávať rovnakú činnosť. Hráči používajú nazbierané suroviny na výrobu útočných jednotiek a budov, ktoré zvyšujú ich šancu na vyhratie hry. Z tohto vyplýva, že manažment ekonomiky v SC 2: HotS sa týka zabezpečovania a ťaženia herných surovín, a produkovania väčšieho množstva herných jednotiek ako protihráč. Toto je však ťažká úloha už len sama o sebe. Hráč musí súbežne venovať svoju pozornosť viacerým súbojom herných jednotiek naprieč mapou.

Skúsení hráči SC 2: HotS dosahujú konzistentne lepšie herné výsledky ako menej skúsení hráči, čo je dokázané potrebou herných vývojárov pre vytvorenie systému, ktorý zabezpečuje párovanie hráčov na základe ich schopností pre zabezpečenie férovej hry. Aby všetci hráči na celom svete mali rovnaké herné podmienky (napríklad rýchlosť internetovej odozvy), herní vývojári poskytujú taktiež aj štyri rôzne servery (Európa, Amerika, Kórea a Taiwan, Juhovýchodná Ázia), na ktoré sa môžu hráči pripojiť. Veľkosť rozsahu expertízy, ktorá je predmetom hrania SC 2: HotS nadobúda široký rozmer, takže hra obsahuje sedem rôznych úrovní, do ktorých sú hráči zaradení podľa ich herného výkonu. Tieto úrovne sú reprezentované ligami:

- Bronzová liga
- Strieborná liga
- Zlatá liga
- Platinová liga
- Diamantová liga
- Master liga
- Grandmaster liga – zahŕňa iba top 200 hráčov z každého regiónu, čo je populácia značne menšia než v ostatných ligách. Týchto 200 hráčov pozostáva z najlepších bežných hráčov ako aj z profesionálnych hráčov.

Do týchto líg je hráč zaradený po odohratí prvých piatich kvalifikačných zápasov. Po týchto zápasoch hráči nemusia byť kvalifikovaní do najnižšej (Bronzovej) ligy. Hráči s predchádzajúcimi skúsenosťami v hraní RTS hier sa často hneď kvalifikujú do vyšších líg. Napríklad z našich osobných skúseností môžeme povedať, že po odohraní kvalifikačných zápasov sme sa zaradili hneď do Zlatej ligy. Naopak pre úplných začiatočníkov hra poskytuje 50 cvičných hier so zníženou hernou rýchlosťou a špeciálne upravenými mapami. Rovnako hra obsahuje aj mód hry proti protivníkovi, ktorý je ovládaný počítačom a má viacero úrovní obtiažnosti. Tieto úrovne obtiažností sa prispôsobujú na základe hráčovho výkonu. Hráči sa presúvajú medzi ligami na základe pridelovaného špecifického počtu bodov za výhry a prehry v jednotlivých hrách.

RTS hry taktiež splňajú bežnú predstavu o expertíze (ako napríklad atletická expertíza) založenú na profesionálnom výkone, ktorý vyžaduje schopnosti a odhodlanie ďaleko za hranicami priemerných jednotlivcov. SC 2: HotS podporuje celý rad profesionálnych a poloprofesionálnych hráčov. Vrcholový hráči sú schopní zarobiť až 250 000 \$ ročne (Sutter, 2012), čo je silnou motiváciou pre hráčov hrať túto hru na plný úväzok. Profesionálni hráči trénujú šesť až deväť hodín denne, šesť dní v týždni a zvyčajne majú za sebou dekádu RTS skúseností. Turnaje sú vysielané naživo a profesionálne tímy sú sponzorované veľkými korporáciami ako napríklad Acer, Samsung, FXOpen, SBENU a SK Telecom.

Prvá počítačová hra StarCraft bola vytvorená spoločnosťou Blizzard Entertainment v roku 1998. Ešte v rámci toho istého roku sa táto hra začala hrať súťažne. Napriek tomu, že táto hra má už veľa rokov stále je populárna a využívaná napríklad ako herné prostredie pre súťaže umelej inteligencie (Student StarCraft AI Tournament 2015⁴, IEEE CIG 2014 StarCraft AI Competition⁵).

Južná Kórea je domovom svetovo najrozvinutejšej profesionálnej hráčskej ligy, ktorá je venovaná dominantne SC 2: HotS, ale stále aj prvej hre StarCraft. Súťaže sa odohrávajú vo viacerých formátoch (napríklad súťaž tímov alebo súťaže jednotlivcov) a sú vysielané naprieč viacerými televíznymi stanicami vyhradenými exkluzívne pre elektronické športy. Najlepší hráči sú národnými celebritami a ako spomíname vyššie môžu zarobiť až 250 000 \$ ročne čo zahŕňa ich pravidelný plat, výhry a zárobky z reklám. Avšak kórejskí hráči trénujú

⁴ <http://www.sscaitournament.com/>

⁵ http://cilab.sejong.ac.kr/sc_competition/

až 10 až 13 hodín denne, žijú so svojím tímom v tímových domoch a sú odrádzaní od socializácie mimo tímových spoluhráčov. Tento extrémny životný štýl spopularizovali profesionálni hráči, ktorí sú schopní vykonávať viac ako 300 herných akcií za minútu. Pre porovnanie uvedieme, že najlepší americkí a európski hráči dosahujú cez 200 herných akcií za minútu a začiatočníci začínajú hlboko pod 100 hernými akciami za minútu.

Všetky tieto fakty sú dôkazom, že hranie RTS hier je doménou expertízy. Okrem toho, medzi nutné kompetencie v hre patria rýchle a zmysluplné pohyby rúk, ako aj inteligentné ovládanie hernej kamery za účelom vidieť a konať. Z toho vyplýva, že pozornosť, percepcia, rozhodovacie procesy a motorická kontrola (dohromady označované pojmom kognitívne a motorické schopnosti) sú dôležitými faktormi SC 2: HotS expertízy.

2.3 Pozitívne efekty hrania počítačových hier

V tejto časti našej práce si uvedieme pozitívne efekty hrania počítačových hier a príslušné výskumy, ktoré pojednávajú o týchto efektoch.

2.3.1 Zlepšenie základných kognitívnych funkcií a percepcie

Predchádzajúce klasické experimentálne výskumy kognitívnych následkov hrania počítačových hier poskytujú dôkazy o tom, že kognitívne a percepčné zmeny nastávajú u ľudí, ktorí nemajú predchádzajúcu skúsenosť s počítačovými hrami a začali hrať tieto hry. Konkrétne je to v prípadoch hrania akčných hier (tzn. hry z pohľadu prvej osoby, rýchle tempo, situácie zabi alebo byť zabitý), ktoré sú spájané so zlepšením jadra percepčného spracovávania (Dye, Green, Bavelier 2009; Green, Bavelier, 2003). Nováčikovia v hraní akčných hier, ktorí podstúpia herný tréning dosahujú množstvo kognitívnych benefitov, vrátane vyššej senzitivity na kontrast (Li et al., 2009), rýchlejšieho spracovávania vizuálnych informácií (Castel, Pratt, Drummond, 2005), rozšírenia zorného poľa (Feng, Spence, Pratt, 2007) a logického porozumenia (Sanchez, 2012).

2.3.2 Zlepšenie vyšších kognitívnych funkcií

Jednou z kľúčových otázok vo výskume počítačových hier ostáva, či hranie počítačových hier dokáže zmeniť aspekty vysoko-úrovňovej kognície (Bavelier et al., 2012). Inými slovami povedané, je tréning na počítačových hrách obmedzený na zlepšenie rýchlosti percepcie, alebo dokáže zlepšiť aj rýchlosť myslenia? Doterajšie výsledky štúdií v tejto oblasti sú sľubné, ale nie dostatočne rozhodujúce. V jednej štúdii (Jaeggi et al., 2008) autori dokázali, že určité formy špecifického tréningu viedli k všeobecnému zlepšeniu kognície vyššej úrovne, pretože test na zmeranie zlepšenia bol úplne odlišný od tréningovej úlohy. V štúdii na starších dospelých (Basak et al., 2008), po 23.5 hodinovom hernom tréningu na RTS hre, účastníci vykazovali výrazné zlepšenie exekutívnych schopností a vizuálno-priestorových schopností oproti kontrolnej skupine, ktorá neprešla herným tréningom. V štúdiách s tréningom na akčných počítačových hrách autori demonštrovali priamu súvislosť medzi hraním a zlepšením v niektorých exekutívnych a kognitívnych úlohách (Green et al., 2012; Strobach et al., 2012). V týchto štúdiách autori objavili aj pozitívny

prenos medzi schopnosťami zdôraznenými určitými typmi hier a výkonom v podobných laboratórnych úlohách. Spomenuté štúdie sú sľubnou indikáciou toho, že tréning na počítačových hrách môže viesť k zlepšeniu výkonu vo väčšine kognitívnych testoch.

Pre kontrast tu uvedieme aj jednu neúspešnú štúdiu (Boot et al., 2008) na počítačových hrách. V tejto štúdii bol použitý herný tréning na mladých dospelých ľuďoch s malými hernými skúsenosťami. Participanti nedokázali preukázať zlepšenie výkonu v kognitívnych testoch ani po 23.5 hodinách tréningu na RTS, akčnej hre alebo na puzzle hre.

Celkovo však predchádzajúci výskum v tejto oblasti indikuje, že hranie počítačových hier môže viesť k zlepšeniu perцепčného a kognitívneho výkonu. Avšak majoritný podiel predchádzajúceho výskumu zahŕňa akčné hry alebo hry, ktoré sú veľmi blízke testovacím podmienkam.

2.3.3 Zlepšenie kognitívnej flexibility

V kontraste s uvedenými predchádzajúcimi výskumami sa v jednej novšej štúdii (Glass, Maddox, Love, 2013) autori pokúšajú ovplyvniť rozsiahlejšie zmeny vo vyšších stupňoch kognitívnych schopností tým, že kladli dôraz na určité kognitívne operácie v rámci jednej (nie akčnej) počítačovej hry. V tejto štúdii sa autori snažili dokázať, že počítačové hry majú schopnosť alternovať kompetencie vyššej úrovne za použitia špeciálneho herného tréningu. Efekty hrania boli merané špecifickými diagnostickými nástrojmi, ktoré boli optimalizované pre zisťovanie efektov hrania počítačových hier na kognitívnu flexibilitu. Kognitívna flexibilita je nevyhnutná schopnosť, ktorá umožňuje posudzovanie a prispôsobenie sa prebiehajúcim psychologickým operáciám, rovnako ako slúži aj na koordináciu alokácie kognitívnych procesov v prostredí, ktoré vyžaduje dynamické rozhodovanie (Crone et al., 2004). Kognitívna flexibilita je taktiež hlavným aspektom kognície, ktorá zahŕňa koordináciu kognitívnych zdrojov v perцепčnej zmene nízkej úrovne a vysoko úrovňovej zmene pravidiel (Ravizza, Carter, 2008), a je spájaná s fluidnou inteligenciou (Colzato et al., 2006) a celkovou psychologickou spokojnosťou (Moore, Malinowski, 2009). Kognitívna flexibilita sa pravdepodobne nevzťahuje iba na jednu neurálnu časť mozgu, ale je skôr reprezentovaná širokou funkčnou sieťou, ktorá zahŕňa prefrontálnu mozgovú kôru a nadradenú parietálnu mozgovú kôru (Duncan, 2001). Jednou možnosťou je, že na zlepšenie tejto kognitívnej flexibility je nutné použiť širší tréning, ktorý

využíva viacero procesov z tejto distribuovanej siete. Na rozdiel od klasických laboratórnych úloh môžu byť určité typy herných zážitkov lepšie pre vyvolanie plasticity v neurálnom systéme podporujúci kognitívnu flexibilitu (Glass, Maddox, Love, 2013).

2.3.4 Zlepšenie kognitívnej flexibility hraním StarCraftu

Tréning na RTS hrách bol excelentným kandidátom pre zlepšovanie týchto neurálnych sietí vo výskume (Glass, Maddox, Love, 2013) vďaka tomu, že hranie týchto hier vyžaduje trvalú pozornosť a rapídne prepínanie medzi mnohými zdrojmi informácií pri vysokom zaťažení. S využitím upravenej počítačovej RTS hry autori doplnia predchádzajúce výskumy v tejto oblasti, ktoré sú prevažne na akčných počítačových hrách. Od RTS hier očakávali zlepšenie “rýchleho myslenia”, kým zlepšenie percepcie nepodľahne rapídnej zmene (Glass, Maddox, Love, 2013). Pre zodpovedanie otázky, či hranie počítačových hier môže vylepšiť kognitívnu flexibilitu, sa autori v ich štúdií rozhodli použiť RTS hru StarCraft (od Blizzard Entertainment 1998). Ako sme spomenuli vyššie, tak hranie RTS hier zahŕňa vytváranie, organizovanie a riadenie armády proti nepriateľským armádam v reálnom čase v prostredí založenom na dvojrozmernej mape. Autori navyše ešte modifikovali program klasického StarCraftu odstránením upozornení na minimape za účelom toho, aby sa hráči museli viac spoliehať na pamäť pri situáciách, ktoré sa odohrávali mimo hlavnej obrazovky. V krátkosti povedané, kým sa predchádzajúce výskumy na akčných hrách snažili zlepšiť rýchlosť percepcie, tak hranie RTS hier zlepšuje rýchle myslenie a môže byť použité ako úspešný tréningový program. Z toho vyplýva, ako autori predpokladali, že tréning hraním RTS hry vo všeobecnosti vylepší kognitívnu flexibilitu.

Pre hlbšie objasnenie role hrania počítačových hier na kognitívnu flexibilitu bolo hranie prešetrované porovnávaním v rámci jednej hry ako aj medzi hrami. Kontrolná skupina hrala jednoduchšiu hru simulátora života. Hlavná skupina, ktorá podstúpila tréning na RTS hre, bola rozdelená na dve podskupiny. Jedna zo skupín (SC-2) mala k dispozícii dve vlastné základne a dve nepriateľské základne, zatiaľ čo druhá skupina (SC-1) mala k dispozícii iba jednu vlastnú základňu, jednu nepriateľskú a iba polovičnú veľkosť mapy. Takže skupina SC-2 mala za úlohu ovládať a kontrolovať dve separované základne vo viacerých bojoch proti dvom separovaným základňam protivníka. Z tohoto dôvodu podmienky pre skupinu SC-2 podporovali častejšie prepínanie a väčšiu koordináciu kognitívnych zdrojov, ktoré sú

charakteristickými znakmi kognitívnej flexibility. Pre obidve skupiny bola taktiež zvolená reaktívna obtiažnosť hry za účelom udržať pomer výhier a prehíer čo najbližšie k 50%. Takže verzia pre skupinu SC-1 bola navrhnutá tak, aby mala rovnakú obtiažnosť ako verzia pre skupinu SC-2, ale nekládla dôraz na udržanie a striedanie pozornosti medzi dvoma priestorovo oddelenými (mimo obrazovky) základňami. Je dôležité poznamenať, že vďaka možnosti zaznamenávať správanie a herné vlastnosti v rámci hry, autorom bolo umožnené verifikovať množstvo spracovaných informácií medzi dvoma verziami hry. Pre kontrolnú skupinu bola vybraná hra simulátora života The Sims 2 (od Electronic Arts 2004), ktorá bola v predchádzajúcich výskumoch počítačových hier zhodnotená ako veľmi vhodná pre kontrolnú skupinu (Li et al., 2009). Dohromady sa teda autori snažili nielen stanoviť charakteristiky správania, ktoré sa menia tréningom na počítačových hrách, ale aj objasniť charakteristiky hier, ktoré viedli k tejto zmene správania.

Overenie alternácie kognitívnej flexibility

Na overenie zmeny kognitívnej flexibility, ktorá mala byť výsledkom 40 hodinového herného tréningu, participanti splnili množstvo psychologických testov pred a po skončení tréningu. Testy sa skladali z meraní, ktoré sa zameriavali na zmeny v kognitívnej flexibilitate a z ďalších všeobecnejších testov. Testy na meranie kognitívnej flexibility sa skladali z testu pre pozornosťnú sieť (angl. *Attention Network Test*), Stroopovho testu, prepínania medzi úlohami (angl. *task switching*), multi-lokačného pamäťového testu (angl. *multi-location memory task*) a z testu operačného rozpätia (angl. *Operating Span*). Keďže tieto testy vyžadujú pre úspešnosť zmenu a koordináciu zdrojov pre kognitívne procesy, sú pokladané za klasické spôsoby ako zmerať kognitívnu flexibilitu. Napríklad, paradigma testu na prepínanie medzi úlohami obsahuje prepínanie pozornosti medzi dvoma rozličnými úlohami na identifikáciu podnetov. Všetky merania kognitívnej flexibility mali za úlohu posúdiť schopnosť koordinácie pozornosťných procesov medzi dvomi alebo viacerými súbežnými, ale meniacimi sa operáciami. Medzi ostatné testy patrili BART test (angl. *balloon analogue risk task*), vizuálne prehľadávanie, úloha pre filtrovanie informácií a úloha WAIS-IV rozpätia číselnej pamäte (angl. *WAIS-IV digit span memory task*). Tieto ďalšie testy boli vybrané tak, aby pomohli lepšie vymedziť konkrétnu hypotézu autorov vo výskume (Li et al., 2009) a to, že tréning na RTS hre povedie k špecifickému zlepšeniu kognitívnej flexibility na základe toho, že hranie RTS vyžaduje rýchle striedanie pozornosti a koordináciu rozhodovacích procesov. Vizuálne prehľadávanie a filtrovanie informácií bolo zvolené z dôvodu použitia v predchádzajúcich výskumoch na akčných hrách (Li et al., 2009)

za účelom odlíšiť tréning na RTS hrách od tréningu na akčných hrách. Test BART a úloha na rozpätie číselnej pamäte boli zvolené z dôvodu ďalšieho vymedzenia kognitívnej flexibility z širšej domény všeobecnej pamäte.

Dosiahnuté zmeny kognitívnej flexibility

Vo výsledkoch svojej štúdie (Li et al., 2009) autori preukázali, že kognitívna flexibilita je trénovateľná schopnosť. Na jej ovplyvnenie stačilo už 40 hodín tréningu na RTS hre, ktorá vyžaduje rýchlu a nepretržitú pozornosť, hodnotenie a koordináciu medzi množstvom informácií a zdrojmi akcií. Výsledkom RTS tréningovej skúsenosti bolo objavenie základného rozmeru kognitívnej flexibility a jednotlivých charakteristických rozdielov vo výkonoch na rôznych laboratórnych úlohách.

Druhotná analýza pokrývala porovnávanie podskupín SC-1 a SC-2. Porovnávanie týchto dvoch podskupín prebiehalo individuálne na základnom ovládaní hry SC-2, ktoré zahŕňalo udržanie pozornosti a prepínanie medzi dvoma priestorovo oddelenými základňami. Podmienky SC-2 boli obzvlášť efektívne v podpore kognitívnej flexibility hráčov. Vďaka presným herným záznamom dát bolo autorom umožnené porovnať obe hlavné podskupiny v množstve signifikantných akcií, ktorým sa hráči venovali počas hrania. Toto odhalilo fakt, že skupina SC-2 používala viac celkových funkcií ako skupina SC-1.

Vymedzenie herného prostredia a výsledné herné správanie je novým dôkazom, ktorý začína objasňovať, ktoré herné atribúty sú dôležité pre zmysluplné kognitívne zmeny. Autori preukázali, že tréningom s dostatočnou úrovňou simultánnych informácií a koordinácií akcií v počítačovej RTS hre, vedie k špecifickým zlepšeniam kognície vyššej úrovne. Autori teda poukazujú na to, že so schopnosťou kontrolovať a kvantifikovať konkrétne parametre a chovanie počítačových hier, je možné vytvoriť ideálne prostredie pre tréning kognitívnej flexibility, ktorá je jadrom pre mnohé psychologické schopnosti a blaho jednotlivca. Taktiež dokázali, že iba jedna verzia tréningu na RTS hre viedla k zlepšeniu kognitívnej flexibility, kým druhá nie. Podmienky pre SC-2 skupinu boli nastavené tak, aby vyžadovali ešte viac prepínania a udržiavania informácií počas hry. Modelovanie herného správania indikuje, že podmienky SC-2 skupiny prispievali k väčšiemu využívaniu herných funkcií. Tieto aspekty hrania RTS hier môžu byť kritickými elementami tréningu na počítačových hrách, ktoré majú za úlohu vyvolať zlepšenie kognitívnej flexibility.

Autori odporúčajú, že pre budúci výskum je dôležité podrobne analyzovať zmeny v mozgu pri týchto dramatických zmenách správania. Sľubnou cestou sa javí použitie

magnetickej rezonancie na prešetrenie objemových zmien v regiónoch mozgu po hraní, ako aj použitie difúznej magnetickej rezonancie na prešetrenie konektivity medzi mozgovými regiónmi ako výsledku tréningu hrania RTS. Vzhľadom k povahe kognitívnej flexibility autori očakávajú, že zmeny nebudú lokalizované iba v jednom regióne. Pochopenie mozgového základu pre zmenu správania môže naznačovať ako najlepšie spájať mnohé herné zážitky so skupinou ľudí, ktorá vyhľadáva zlepšenie kognitívnej flexibility. Aplikácie týchto inovácií zahŕňajú vývoj klinických programov, ktoré by mali pomôcť skupinám ľudí s deficitmi v kognitívnej flexibilitate alebo exekutívnych funkciách. Medzi tieto deficity patrí napríklad porucha pozornosti s hyperaktivitou (Prins et al., 2011), komplikácie s normálnym starnutím (Grieve et al., 2007) a traumatické mozgové zranenia (Milders, Fuchs, Crawford, 2003).

2.3.5 Zlepšenie exekutívnych schopností

Exekutívne riadiace procesy pravdepodobne monitorujú a koordinujú komplexné správanie, akým je plánovanie, abstraktné myslenie, uvažovanie, selekcia a inhibícia vhodných akcií (Norman, Shallice, 1986). Mnoho presvedčivých dôkazov naznačuje, že tréning v rámci kontextu komplexných počítačových hier môže byť dôležitý pre zlepšenie exekutívnych schopností. Pre príklad uvidíme jednu nedávnu štúdiu, ktorá naznačuje, že počítačový tréning na populárnej RTS hre Rise of Nations vykazuje prenos herného tréningu v rámci rôznych úloh zameraných na exekutívne schopnosti (Basak et al., 2008). Toto môže byť zdôvodnené tým, že počítačový tréning môže mať úlohy štruktúrované tak, aby kládli vysoké nároky na exekutívne schopnosti. Okrem toho účastníci podstúpili tréningový program, ktorý zabral niekoľko týždňov až mesiacov. Dĺžka tohoto tréningu je dôležitým faktorom pre vývoj stabilných a trvalých schopností, ktoré majú mať prenositeľné výsledky v iných úlohách na exekutívne schopnosti (Basak et al., 2008; Frederiksen, White, 1989; Gopher, Weil, Siegel, 1989; Gopher, Weil, Bareket, 1994; Green, Bavelier, 2003, 2006, 2007).

2.3.6 Zlepšenie exekutívnych schopností hraním Space Fortress

V nedávnej štúdii (Blumen et al., 2010), sa autori snažili prešetriť možnosti využitia komplexnej počítačovej hry Space Fortress (ďalej už len SF) za účelom zlepšenia

exekutívnych schopností u kognitívne zdravých starších dospelých. Táto hra bola pôvodne vyvinutá za účelom skúmania akvizície a vývoja komplexných zručností u mladých ľudí. V hre hráč ovláda vesmírnu loď a jeho úlohou je zničiť nepriateľskú vesmírnu pevnosť (odtiaľ názov Space Fortress) strieľaním rakiet. Zároveň hráč musí minimalizovať poškodenie vlastnej lode. Hráč ovláda vesmírnu loď a rakety pomocou pákového ovládača (angl. joystick). Hráč nielen, že musí ochrániť svoju loď proti raketám z nepriateľskej vesmírnej pevnosti, ale zároveň sa musí vyhýbať dvom typom mín, ktoré sa v náhodných intervaloch objavujú na hracej ploche. Od hráča je taktiež požadované, aby sledoval symboly, ktoré sa náhodne objavujú na obrazovke.

Prvý kognitívny výskum na počítačovej hre Space Fortress

V prvom výskume, pre ktorý bola hra SF vyvinutá (Mané, Donchin, 1989), elementy a komponenty hry boli špecificky vyvinuté tak, aby reprezentovali rozdelenú pozornosť, multi-tasking, vizuálne prehľadávanie, pracovnú pamäť, dlhodobú pamäť, dynamickú a diskretnú motorickú kontrolu. Pre úspešný výkon v hre SF je potrebné, aby hráč dokázal kontrolovať a prepínať svoju pozornosť medzi rôznymi úlohami v tejto hre (Arthur et al., 1995; Gopher, 2006; Gopher, Weil, Bareket, 1989, 1994). Z tohto teda vyplýva, že tréning na takejto komplexnej hre by mal zlepšiť exekutívne schopnosti. Na rozdiel od bežných počítačových hier, ako napríklad Rise of Nations (Basak et al., 2008), hra SF môže byť pozmenená tak, aby počítala rôzne čiastkové skóre, ktoré reflektujú jednotlivé časti hlavnej úlohy.

Tréning exekutívnych schopností v Space Fortress s dôrazom na zmenu

Počítačová hra SF na rozdiel od klasických počítačových hier môže byť pozmenená tak, aby umožnila tréning a testovanie, ktoré je špecificky navrhnuté na zlepšenie exekutívnych schopností: Tréning s dôrazom na zmenu (angl. Emphasis Change training, ďalej už len EC) (Gopher, Weil, Bareket, 1989). Pri takomto špeciálnom druhu tréningu je požadované od participantov, aby hrali celú hru, ale hlavne, aby menili ich pozornosť medzi jednotlivými časťami hry v rôznych časoch počas tréningu. V kontexte tejto hry to znamená, že tento tréningový prístup podnecuje participantov prejsť celú hru, avšak počas rôznych momentov je participant nútený zvýšiť svoju pozornosť buď na ovládanie vesmírnej lode, alebo na zvládanie mín. Vo viacerých štúdiách, kde mali mladší dospelí splniť viacero úloh vrátane hrania SF, sa potvrdilo, že tento tréningový prístup dosahuje lepšie výsledky ako tréning klasickým hraním (Fabiani et al., 1989; Gopher, 2007; Gopher, Weil, Bareket, 1989, 1994). Dokonca aj jedna štúdia na starších ľuďoch s použitím iných úloh na exekutívne

schopnosti potvrdila tento výsledok (Kramer, Larish, Strayer, 1995). Použitie takéhoto EC tréningu podporilo participantov v používaní alternatívnych učiacich sa stratégií, a tak zvýšilo nárok na exekutívne schopnosti (Gopher, 2007; Gopher, Weil, Bareket, 1989, 1994; Kramer, Larish, Strayer, 1995).

V jednej staršej rozsiahlej štúdii na mladších dospelých sa EC tréning spolu s druhou tréningovou paradigmou (tréning po častiach) javili ako najúspešnejšie v zlepšení celkového výkonu pri hraní SF počas desiatich tréningov (Fabiani et al., 1989). Tréningom po častiach sa participant naučili úspešne hrať SF tým, že najprv trénovali osobitne iba úzku podmnožinu úloh potrebných pre zvládnutie SF. Keď boli tieto dve tréningové stratégie priamo porovnávané, tak na konci tréningu priniesla tréningová stratégia po častiach celkovo lepšie výsledky pri hraní SF. Avšak po tréningu bola predstavená druhotná úloha, ktorú mali participant vykonávať popri hraní SF. Pre participantov, ktorí postúpili EC tréning bolo oveľa jednoduchšie splniť túto druhotnú úlohu ako pre ostatných participantov. Gopher a kolektív (1989) teda predpokladajú, že EC tréningový prístup zlepšuje “úlohovú škrupinu” (angl. *Task shell*), ktorá koordinuje výkon v rôznych komponentoch hlavnej úlohy. Preto tento tréningový prístup uľahčuje začlenenie ďalších úloh do celkového výkonu.

V niekoľkých nasledujúcich štúdiách na mladších dospelých bolo dokázané, že EC tréningový prístup na SF hre produkoval úspešný prenos tohto tréningu do reálnych aktivít mimo herné prostredie. Napríklad uvidíme, že EC tréning na SF hre bol asociovaný s lepšími výsledkami v leteckých simulátoroch, vo výsledkoch leteckých pilotov Izraelských leteckých síl a aj vo vylepšenom tréningu Amerických vojenských pilotov helikoptér (Gopher, Weil, Bareket, 1994). Takže je dokázané, že tréningový prístup EC k hraniu SF má potenciál zlepšiť exekutívne schopnosti u ľudí spôsobom, ktorý môže byť zovšeobecniteľný na ostatné úlohy využívajúce exekutívne schopnosti (Fabiani et al., 1989; Frederiksen, White, 1989; Gopher, Weil, Bareket, 1994; Green, Bavelier, 2003, 2006, 2007; Kramer, Larish, Strayer, 1995), rovnako ako na aktivity z reálneho života, aj keď sa autori v počiatkových štúdiách sústredili hlavne na to, či EC tréningový prístup k hre SF dokáže preniesť alebo vylepšiť výkon v iných úlohách na exekutívne schopnosti.

Space Fortress tréning s dôrazom na zmenu u starších dospelých

V jednej z novších štúdií (Stern et al. 2011), ktorú si rozoberieme podrobnejšie, sa autori snažili dokázať, prenositeľnosť klasického a EC tréningu na počítačovej SF hre do iných úloh pre exekutívne schopnosti na starších ľuďoch. Participant boli v tejto štúdii

rozdelení do troch skupín: participantí trénovaní špeciálnym EC tréningom na SF, participantí bez špeciálneho EC tréningu na SF a na kontrolnú skupinu, ktorá nehrala SF a slúžila iba na porovnanie výsledkov. Keďže táto štúdia prebiehala na starších ľuďoch, tak musela byť prispôbená aj procedúra, ktorá bola vo vyššie uvedených výskumoch použitá na mladších dospelých s použitím hry SF. V tejto štúdii bol zvýšený počet tréningov z 10 až na 36, počas niekoľko prvých tréningov bol zvýšený dôraz na vysvetlenie a používanie pákového ovládača, taktiež boli zrušené kritéria pre vylučovanie participantov na základe nízkeho skóre zo zameriavacích úloh na začiatku tréningu (Gopher, Weil, Bareket, 1989; Mané, Donchin, 1989). Tieto zmeny boli hlavne z dôvodu zvyčajnej neznalosti hrania počítačových hier a nepoužívania pákového ovládača u starších ľudí. Zároveň vylučovanie participantov na základe nízkeho zameriavacieho skóre by vylúčilo väčšinu participantov, a teda by bolo protichodné k cieľom štúdie. Táto štúdia bola zároveň prvá, ktorá skúmala hranie hry SF na starších ľuďoch a zaujímavé bolo už len zistiť či vôbec starší participantí budú tolerovať hranie náročnej počítačovej hry, a či sa vôbec zúčastnia všetkých 36 tréningov. Na tieto otázky ako aj na to, ktorá z použitých tréningových stratégií dosahovala lepšie výsledky autori zodpovedali v druhej publikácii z tejto štúdie (Blumen et al., 2010). V krátkosti povedané autori zistili, že starším participantom sa hra zdala veľmi obtiažna, avšak ich herný výkon sa postupne zlepšoval, aj keď nedosahovali herné výsledky ako mladší dospelí vo vyššie spomenutých výskumoch na SF. V kontraste s predchádzajúcimi štúdiami na SF s mladšími dospelými (Gopher, Weil, Bareket, 1989) sa klasický tréning hraním SF prejavil úspešnejší s väčším celkovým zlepšením ako špeciálny EC tréning. Toto však bolo spôsobené tým, že participantí trénovaní klasickým spôsobom viac využívali komponent bonusového skóre, avšak zbieranie týchto bonusových bodov nemalo silný vzťah k hlavnej úlohe hry – zničiť vesmírnu pevnosť.

Primárnou otázkou tejto štúdie bolo zmeranie exekutívnych schopností, pretože podľa hypotézy autori predpokladali, že hranie hry SF predovšetkým s EC tréningom sa prejaví špecifickými benefítmi na kognitívnych funkciách zodpovedných za exekutívne schopnosti. Okrem testovania kognitívnych funkcií ihneď po 12 týždňovom tréningu, autori pridali ďalšie testovanie po troch mesiacoch, aby overili potenciálne dlhodobé benefity hrania počítačových hier.

Zlepšenie exekutívnych schopností

Vo výsledkoch svojej štúdie (Blumen et al., 2010; Stern et al., 2011) autori uvádzajú, že starší participantí boli ochotní a schopní hrať počítačovú hru SF. Priebehom času

participanti prejavili značné zlepšenie v hraní tejto hry bez ohľadu na to, či hrali hru štandardným spôsobom, alebo so špecifickým EC tréningom. Autori vyzdvihujú, že jedna z mierok exekutívnych schopností, zoraďovanie písmen a čísel (angl. *letter-number sequencing*), prejavila zlepšenie vo výkone na základe testovania na začiatku a na konci štúdie iba pri použití špeciálneho EC tréningu. Toto zistenie je konzistentné s predpokladom, že EC tréning vylepšuje exekutívne schopnosti (Arthur et al., 1995; Gopher, 2006; Gopher, Weil, Bareket, 1994) a vykazuje prenesenie výsledkov tréningu na ostatné kognitívne úlohy (Kramer, Larish, Strayer, 1995). Avšak na rozdiel od počítačového tréningu s populárnou hrou Rise of Nations (Basak et al., 2008), ktorý preukázal prenos výsledkov tréningu na iné úlohy pre exekutívne schopnosti vrátane prepínania medzi úlohami (angl. *task switching*), N-back úlohou, úlohami pre krátkodobú vizuálnu pamäť a Ravenovými progresívnymi maticami (angl. *Raven's progressive matrices*), toto bol izolovaný nálež – benefity hrania hry SF sa neprejavili na ostatných vybraných meracích testoch pre exekutívne schopnosti. Okrem toho, benefity tréningu hrania hry SF neboli trvalé a po troch mesiacoch nehrania sa už vôbec neprejavovali. Tento izolovaný nálež je pozoruhodný a potencionálne informatívny pre ďalší vývoj skupiny aktivít, ktoré by mali aspoň čiastočne rozvíjať exekutívne schopnosti a tým kompenzovať úbytok kognitívnych schopností, ktorý je spojený so starnutím.

Odporúčania autorov pre ďalšie výskumy

Autori navrhujú, že pri pokuse o vytváranie aktivít na rozvoj exekutívnych schopností pomocou počítačových hier je dôležité zvážiť nároky, ktoré hra kladie na motorické schopnosti hlavne, ak sú tieto aktivity zamerané pre starších dospelých. Je nutné poznamenať, že RTS hry Rise of Nations a SC 2: HotS rovnako ako aj SF majú celkom veľké nároky na exekutívne schopnosti, avšak rozdielne nároky na motorické schopnosti. Pri hraní hry SF hráč ochraňuje svoju vesmírnu loď pred raketami z vesmírnej pevnosti a je nútený robiť rozhodnutia o vlastných a nepriateľských mínach, ktoré sa pravidelne objavujú na obrazovke. Počas hrania počítačovej hry Rise of Nations, podobne ako v SC 2: HotS, hráč musí brániť svoje mesto pred nepriateľskými útokmi a robiť rozhodnutia o zvyšovaní technologického postupu ako aj o obchodovaní s inými mestami. Avšak na rozdiel od RTS hier, ktoré sa ovládajú požitím klávesnice a myši, hra SF zahŕňa kontrolu vesmírnej lode pákovým ovládačom v prostredí bez trenia. Tento druh ovládania vyžaduje veľmi presné a diskrétné motorické pohyby. Inými slovami povedané je celkom možné, že tréning na Rise of Nations dosahoval lepšie výsledky v zlepšení exekutívnych schopností ako tréning na SF, pretože starší ľudia nepotrebovali dosiahnuť veľmi jemné motorické schopnosti, ktoré boli

potrebné pre ovládanie vesmírnej lode. Z výskumu ďalej vyplýva, že ďalším z hlavných faktorov úspešného tréningu na počítačových hrách je intenzita tohto tréningového programu. Autori v štúdií (Blumen et al., 2010) zvolili tréningový program pozostávajúci z 21.5 hodín tréningu na hre SF za obdobie troch mesiacov. V kontraste, úspešnejšia štúdia na Rise of Nation (Basak et al., 2008) sa skladala z 23.5 hodín tréningu počas obdobia štyroch až piatich týždňov. Z toho vyplýva, že ďalší vývoj počítačovo založených kognitívnych tréningov by mal taktiež zväžiť dĺžku a frekvenciu jednotlivých tréningov počas tréningového obdobia.

Po zoznámení sa s týmto výskumom je dobré zvážiť, či pri skúmaní potencionálnych benefitov tréningu na hre SF boli vybrané psychologické a kognitívne merania, ktoré optimálne zachytili benefity hrania tejto hry. V štúdiách na mladších dospelých bolo hranie hry SF asociované s dosahovaním lepších výsledkov pri tréningu pilotovania lietadiel alebo helikoptér. Toto sú príklady skutočných úloh z reálneho života, ktoré využívajú mnohé schopnosti vylepšené herným tréningom. Je pravdepodobné, že hraním tejto hry sa zlepšujú reálne aspekty správania, ktoré využívajú multitasking, alokáciu pozornosti a rozhodovanie, avšak vybrané testy pred a po tréningu neboli dostatočne citlivé na tieto benefity u starších dospelých. Presnejšie povedané autori uvádzajú, že primárne premenné boli vybrané tak, aby reprezentovali rozličné exekutívne procesy. Zoraďovanie písmen a čísel bolo vybrané, pretože zahŕňa manipuláciu s objektmi, a pretože sa spája s pracovným dosiahnutím a so schopnosťami participantov (Bowie et al., 2008; Murtagh et al., 2010). Meranie prepínania medzi úlohami bolo vybrané, pretože ohodnocuje schopnosť prepínať medzi dvoma rozličnými množinami úloh. Poslednými meraniami boli Stroopov test a Flankerov test. Takže autori pokryli tradičné merania zmeny kognitívnych stratégií, zmeny správania a interferencie, avšak opomenuli merania výkonu pri dvojitych úlohách. Autori tvrdia, že EC tréning počas hrania SF vyzýval participantov k zmene ich pozornosti z jednej úlohy (ovládanie lode) na inú úlohu (práca s mínami). Starší dospelí trénovaní s EC inštrukciami v jednej situácii s dvojitou úlohou preukázali prenos tohto tréningu na ostatné dvojité úlohy (Kramer, Larish, Strayer, 1995). Z tohto vyplýva, že je pravdepodobné, že meranie výkonu pri dvojitych úlohách by bolo viac citlivé na prenos výsledkov tréningu pri hraní hry SF. Na záver autori dodávajú, že ich štúdia síce predpovedá potencionálne benefity pri hraní SF, ale otvoreným problémom stále ostáva vývoj rôznych druhov merania výsledkov, ktorý by lepšie zodpovedal benefitom hrania.

2.4 Výskum vývoja expertízy

Práca v oblasti štúdie vývoja expertízy a učenia sa nových zručností najčastejšie nasleduje jednu z dvoch klasických paradigiem:

1. Presné meranie výkonu slabo trénovaných participantov na relatívne jednoduchých laboratórnych úlohách (Proctor, Vu 2006; Logan 1988; Palmeri 1997)
2. Štúdie na reálnych expertoch s nepriamymi meraniami výkonu v príslušných doménach s dvoma alebo troma úrovňami schopností (Charness et al., 2005; Ericsson, Williams, 2007; Abreu, et al. 2012; Reingold 2001)

Použitelnosť týchto paradigiem na pochopenie vývoja odborných znalostí a expertízy sa spolieha na validitu extrapolácie z krátkodobých laboratórnych tréningov alebo na interpoláciu porovnávania dlhodobých expertov a úplných nováčikov. Takéto metodológie sú veľmi informatívne len v prípadoch, kde vývoj zručností má plynulý prechod medzi nováčikmi a expertmi. Avšak môžu byť veľmi problematické a nepresné, ak sa úroveň zručností participantov mení v prípade, že proces vývoja nie je dôležitý k úspechu. Napríklad môže to byť problematické pri porovnávaní desaťmesačného nemluvňat'a s dvadsaťročným študentom vysokej školy. Očividne tieto dve skupiny môžu byť rozlíšené na základe schopnosti splniť tradičný test falošnej viery (angl. *false belief task*) a kapacity pre algebru. Neznamená to však, že by tieto testy boli užitočné na rozlíšenie 15-ročných a 20-ročných, alebo že by boli vôbec relevantné pre štúdium tejto fázy vývoja človeka. Podobne sú na tom kontrastné metódy štúdií expertízy, ktoré sú potencionálne zavádzajúce, ak sa dôležitosť premenných mení v priebehu vývoja. Na základe toho, že expertíza zahŕňa roky tréningu a značnú zmenu kognitívnych a motorických schopností, tak predpoklad, že dôležitosť premenných ostáva statická vyžaduje značné prešetrenie. Existencia dôkazov v literatúre učenia motoriky dokazuje, že dôležitosť premenných sa môže meniť už po krátkej dobe tréningu (menej ako desať hodín) v relatívne jednoduchých laboratórnych úlohách (Fleishman, Parker, 1960). Ostáva ale nejasné, či sa zmeny v dôležitosti premenných prejavajú pri dlhšom časovom rozvoji expertízy, obzvlášť ak táto expertíza obsahuje značné kognitívne komponenty. Jeden z možných zdrojov dôkazov možno nájsť v medicínskej expertíze, keďže niektorí autori tvrdia, že vzťah medzi medicínskou expertízou a počtom rozpomenutých si návrhov z medicínskej diagnózy odpovedá funkcii v tvare obráteného U (angl. *inverted-U shaped function*) (Schmidt, Boshuizen, 1993). Toto implikuje, že utilita

tohto ukazovateľa sa mení podľa porovnávaného stupňa expertízy. Premenná môže byť napríklad menej užitočná pri rozlišovaní nováčikov a expertov, ako je užitočná pri rozlišovaní medzi stredne pokročilými a expertmi. Avšak ešte donedávna neexistoval žiadny jednoduchý a priamočiary spôsob ako otestovať predpoklad menenia dôležitosti statických premenných v bohatom, dynamickom a realistickom kontexte.

Vzhľadom k rastu počtu domén expertízy, ktoré sú prevažne založené na počítačovom základe, rastie aj relevantnosť telemetrických dát v štúdiách komplexného učenia. Keďže interakcia medzi človekom a počítačom zahŕňa čoraz viac senzorov na monitorovanie ľudského správania (napr. sledovanie pohybu očí a biometriky) vzniká možnosť zaznamenávania zaujímavých výkonov z reálneho sveta a možnosť pre značný pokrok v pochopení ľudskej kognície a učenia sa.

2.4.1 Vývoje hernej expertízy v StarCrafte 2

Rovnako ako v našej práci, tak aj vo výskume (Thompson et al., 2013), na ktorý nadväzujeme, bolo primárnym teoretickým cieľom zistiť, či predikovaná dôležitosť premenných je stabilná naprieč všetkými úrovňami expertízy. Aby toto bolo zodpovedané, tak autori použili na ohodnotenie dôležitosti premenných naprieč úrovňami expertízy, sériu štatistických klasifikátorov, ktoré odlišili hráčov z dvoch rôznych líg. Dôležitou výzvou, s ktorou sa autori stretli pri práci s danou množinou dát bolo, že hráči boli zoskupení v slabo heterogénnych triedach zručností. Zaradenie hráča do ligy nie najpresnejšie reflektuje jeho zručnosti, a teda vysokopostavení hráči v rámci ligy môžu byť objektívne lepší ako nízkopostavení hráči z ligy o úroveň vyššie. V dôsledku tohto sa autorom nepodarilo separovať blízko susediace ligy a zistili, že klasifikátory neboli efektívne v rozlišovaní susedných líg. Autori mali signifikantný úspech, keď použili premenné na predikciu líg, ktoré boli oddelené aspoň dvoma ligami. Takže použitá metóda stanovenia dôležitosti premenných sa skladá z dvoj-ligových klasifikátorov, založených na triedach oddelených dvoma ligami (napríklad Bronzová - Zlatá). Autori zároveň pridali finálny klasifikátor, ktorý emuluje kontrastný (začiatočník - expert) prístup porovnávania iba extrémnych úrovní zručností (Bronzová a Profesionáli). Na základe týchto poznatkov v našej diplomovej práci budeme tiež pokračovať v používaní rovnakého typu klasifikátorov.

Hoci voľba logistickej regresie je veľmi vhodnou možnosťou pre dvoj-triedový klasifikátor, autori preferovali použitie flexibilnejšieho algoritmu podmienených

inferenčných lesov (angl. *conditional inference forest*), ktorý vznikol z práce na klasifikátoroch náhodných lesov (angl. *random forest classifier*) (Breiman et al., 1984, Breiman, 1996, 2001). Hlavnou výhodou použitia podmienených inferenčných lesov oproti logistickej regresii je to, že nie je potrebné vytvárať zbytočné predpoklady o štruktúre vzťahov medzi predvídanými premennými a odozvami. Okrem toho, tieto klasifikátory nevykazujú niektoré z chýb, ktoré sa objavujú pri ostatných technikách náhodných lesov (Strobl et al., 2007). Avšak vo všeobecnosti náhodne lesy neobsahujú testy signifikantnosti, takže autori museli vytvoriť vhodný postup pre tieto testy.

Výsledky predchádzajúceho výskumu vývoja expertízy na StarCrafte 2

Vo výsledkoch svojej štúdie autori (Thompson et al., 2013) uvádzajú, že hlavným zistením bolo, že dôležitosť ukazovateľov vývoja expertízy sa menila naprieč všetkými úrovňami zručností. Autori vo svojom výskume rovnako preukázali, že čisto kontrastný prístup produkuje veľmi skreslený obraz o zmene naprieč expertízou. Tieto výsledky taktiež dokazujú, že zber telemetrických dát môže mať prínos k štúdiám vývoja zručností.

Výsledky tohto výskumu taktiež dokazujú, že najmä záznamy RTS hier dokážu sledovať schopnosti záujmu kognitívnej vedy. Extrémna kompresia týchto kognitívnych a motorických meraní, jednoduché porovnanie výroby pracovných jednotiek medzi stredne až vysoko zručnými hráčmi a rastúci význam používania klávesových skratiek je v súlade s názorom, že automatizácia je veľmi dôležitým komponentom vývoja expertízy. Pretože niektoré zručnosti sú postupne zautomatizované, hráčovi sa uvoľňujú kognitívne zdroje pre učenie sa ďalších zručností. Je zaujímavé podotknúť, že táto zmena má taktiež hlboký vplyv na učebné prostredie a preto formuje ďalšie budúce zmeny vývoja expertízy. Je dôležité podotknúť, že prechody medzi jednotlivými úrovňami zručností nemusia reflektovať iba proces automatizácie. Napríklad Ericsson a Towne (2010) argumentujú, že vedomá kontrola a manažment učenia je potrebný pre jednotlivca ak sa chce naďalej zlepšovať v konkrétnej zručnosti. Z použitých dát vo výskume vyplýva, že používanie klávesových skratiek je výrazne dôležitejšie najmä u profesionálnych hráčov. Toto môže byť spôsobené tým, že používanie klávesových skratiek vyžaduje omnoho viac skúseností ako majú neprofesionálni hráči, taktiež to môže reflektovať vedomý a kontrolovaný tréning zo strany profesionálnych hráčov.

Uvedený výskum má však niekoľko dôležitých obmedzení. Po prvé, aj keď prezentované merania zručností sú jemnejšie a lepšie reflektujú zručnosti ako merania

z typických kontrastných štúdií, avšak stále nie sú rádové. Toto znemožňuje popísať vývoj expertízy kontinuálnym spôsobom. Na základe toho, že profesionálni hráči trénujú mnoho hodín denne, bolo by napríklad nápomocné lepšie zmapovať značný vývoj medzi Masters ligou a profesionálnymi hráčmi. Súčasný dizajn štúdie taktiež nedokáže zachytiť zmenu expertízy na individuálnej úrovni. Priemerný hráč najnižšej (Bronzovej) ligy mal v priemere 200 hodín herných skúseností ale neexistuje žiadny spôsob, ako zistiť či konkrétnemu hráčovi bude stačiť ďalších 800 hodín hernej praxe aby dosiahol napríklad Master ligu. Ďalšou limitáciou je obmedzenie iba jedného záznamu hry pre každého účastníka, takže autori nedokázali odvodiť dobrý odhad variability individuálneho výkonu. Z rovnakého dôvodu autori nedokázali určiť individuálne rozdiely v trajektóriách rozvoja expertízy alebo zistiť, či existuje viacero ciest k expertíze. Posledným obmedzením bolo, že prezentovaná štúdia bola iba observačná a nie experimentálna, takže kauzálne vzťahy neboli identifikovateľné. Autori odporúčali v nadväzujúcich štúdiách napríklad preveriť automatizáciu výroby pracovných jednotiek na základe toho, že vo vyšších ligách by mali byť hráči menej náchylní na prerušenie tejto dôležitej hernej činnosti ďalším kognitívnym zaťažením.

Vyššie uvedené limitácie prezentovanej štúdie sa však netýkajú všeobecnej paradigmy výskumu a analýzy telemetrických dát z hrania RTS hier. Priebežné merania zručnosti však už existujú. V ktorejkoľvek súťažnej hranej hre vývojári musia zabezpečiť hľadanie hráčov na základe rovnakých schopností aby bola zabezpečená férovosť hry. Toto často zabezpečuje priebežný ukazovateľ postavený na základe bodovania výhier a prehí. Kým tieto dáta nie sú vždy dostupné pre výskumníkov, tak aspoň herní vývojári sa snažia podporovať túto oblasť výskumu, a teda úzka spolupráca medzi výskumníkmi a vývojármi sa javí ako optimálna cesta. Snáď ešte dôležitejšie je, že použitá metóda zberu telemetrických dát zo záznamov hier môže byť prispôbená dlhodobému výskumu. Záznamové súbory hier sú kompaktné vo význame, že veľké množstvo hráčov nahromadilo doslova záznam z každej StarCraft 2 hry, ktorú kedy hrali. Toto umožňuje odber vzoriek celej ontogenézy expertného vývoja v dlhodobých štúdiách ľudského výkonu na mikrogenetickej úrovni. Vedci taktiež dokážu testovať špecifické kauzálne hypotézy v hraní RTS hier za použitia existujúcich herných modifikačných nástrojov. Napríklad StarCraft 2 obsahuje už v distribuovanej verzii nástroje, ktoré umožňujú vytváranie vlastných herných máp a sprístupňujú modifikáciu takmer všetkých aspektov hry. Modifikované herné mapy môžu byť zverejnené online pre používanie ostatnými hráčmi. Toto umožňuje zber

telemetrických dát z modifikovanej hry od obrovského množstva participantov. Podobné manipulácie, ktoré sa používajú pri výskumoch šachovej expertízy, môžu byť ľahko implementovateľné, ale prinášajú výhody väčšej a rôznorodejšej množiny dát. Toto je napríklad ideálny scenár pre herný výskum vývoja kognitívnych a motorických schopností v štúdiu od Mané a Donchina (1989). Cieľom tejto štúdie bolo vytvorenie komplexných úloh, ktoré mali reprezentovať úlohy z reálneho života, zakomponovanie dimenzie obťažnosti, ktorá je založená na existujúcich výskumoch zručností a ich osvojovania, a zároveň zachovať zaujímavosť úloh pre participantov v priebehu dlhšej praxe. Vo vyššie spomínanej štúdiu (Stern et al., 2011) sa používa iba 40 hodín tréningu a aj to je oveľa viac ako sa používa vo väčšine experimentov vývoja expertízy a učenia sa. Aj keď toto je obdivuhodné, tak prezentovaná metóda v tejto štúdiu (Thompson et al., 2013) má potenciál dosahovať oveľa lepšie výsledky. Najmenej skúsená skupina v tejto štúdiu, Bronzoví hráči majú v priemere 200 hodín skúseností. Lewis, Trinh, a Kirsh (2011) vo svojej štúdiu demonštrovali dostupnosť použitia analýzy telemetrických dát z populárnych počítačových hier ako je napríklad StarCraft. Štúdia Thompsona a kolektívu (2013) rozvíja túto paradigmu výskumu ďalej a poskytuje motiváciu pre ďalší výskum na StarCrafte 2, ktorý je rozšírený celosvetovo a má milióny hráčov. Takýto typ výskumu umožňuje ľahkú kolekciu telemetrických dát, overovania zručností a dokonca experimentovanie s herným dizajnom. Samozrejme výskumné možnosti siahajú ďaleko za StarCraft 2, keďže funkcie umožňujúce tento výskum sa postupne stávajú bežnou súčasťou počítačových hier vo všeobecnosti.

Význam zberu telemetrických dát vo výskume vývoja expertízy

Prezentovaná paradigma vo vyššie uvedenom výskume (Thompson et al., 2013) má obrovské výhody sama o sebe, ale môže byť aj použitá ako základ pre výskumy za použitia iných metód. Napríklad pri štúdiách neurálnych zmien týkajúcich sa multitaskingu, dáta použité v tomto výskume naznačujú, že aspoň jedna multitásková výzva z hrania StarCraftu 2 je prekonaná v prvých ligových úrovniach. Vzhľadom k tomu, že pre iné výskumy vývoja expertízy je potrebné získať ťažko dostupných profesionálnych hráčov alebo vynaložiť vysoké náklady na použitie magnetickej rezonancie, informácie o tom, kedy sa určité zručnosti vyvíjajú umožňuje výskumníkom efektívnejšie zamerať konkrétne oblasti záujmu a tým znížiť náklady na výskum. V tomto zmysle dokáže analýza telemetrických dát poskytnúť určitú mapu vývoja zručností, ktorá môže slúžiť ako návod pre celý rad výskumných nástrojov a paradigiem.

3. Priebeh výskumu

V tejto kapitole si priblížime celkový priebeh výskumu v jednotlivých etapách.

3.1 Prvá etapa

V priebehu prvej etapy nášho výskumu sme pre našu nasledujúcu prácu získali teoretické východiská z oblasti kognitívneho výskumu na hrách. Výskumy najvýznamnejšie pre našu prácu bližšie rozoberáme v kapitole 2. Teoretické východiská. Zamerali sme sa na výskumy rozvíjajúce pozitívne efekty hrania počítačových hier, ako zlepšenie percepcie, kognitívnej flexibility a exekutívnych schopností. Vo výskumoch benefitov hrania počítačových hier sme si bližšie rozobrali použité výskumné metódy, ktoré nám poskytli prehľad o súčasnej metodológii v oblasti kognitívneho výskumu na počítačových hrách. Ďalej sme sa zaoberali paradigmami výskumu vývoja expertízy, ktoré slúžili ako odrazový mostík pre našu diplomovú prácu.

3.2 Druhá etapa

V tejto časti rozoberieme vytvorenie parsovacieho programu a voľbu premenných.

3.2.1 Výber technológie pre tvorbu parsovacieho programu

Na začiatku druhej etapy nášho výskumu sme si stiahli dva herné záznamy zo stránky uvedenej vyššie. Na základe týchto herných záznamov sme plánovali napísať parsovací program, ktorého úlohou bolo vyextrahovať relevantné informácie z týchto záznamov. Dôležitou úlohou bolo správne zvolenie technológií na extrakciu informácií zo záznamov. Dostupných bolo niekoľko možných knižníc vo viacerých programovacích jazykoch, ktoré vedú spracovávať záznamy SC 2 hier. Medzi tieto programovacie jazyky patrili: C#, Java, Python, PHP a Ruby. Jednou z prvých volieb bolo použitie najrozšírenejšej knižnice screader⁶ v programovacom jazyku Python. Avšak táto voľba sa neosvedčila, na základe našich malých skúseností s jazykom Python. Ďalším krokom bola snaha použiť danú

⁶ <https://github.com/GraylinKim/sc2reader>

knižnicu v rámci programovacieho jazyka C#. Vyskúšali sme viacero nástrojov na integráciu danej knižnice do jazyka C#, ale boli sme neúspešní. Nakoniec sme sa rozhodli pre inovatívny prístup a nami naprogramovaný parser v jazyku C# nepoužíva žiadnu z vytvorených knižníc. Na základe tohto rozhodnutia vstupom do nášho programu sú iba zoznamy akcií v textovom formáte namiesto kompletných záznamov hier. Zoznamy akcií sme boli schopní získať s pomocou programu Scelight⁷, ktorý slúži hlavne na správu a jednoduchú analýzu záznamov hry SC 2: HotS.

3.2.2 Definovanie premenných vývoja expertízy

Primárna výskumná otázka nebola závislá na žiadnej konkrétnej premennej, ale na celkovom vzore dôležitosti všetkých premenných naprieč stupňami expertízy hrania SC 2: HotS. Vybrali sme premenné, ktoré sa vzťahovali na kognitívne a motorické schopnosti. Okrem toho sme vybrali aj premenné týkajúce sa kognitívnej záťaže, čo je množstvo mentálnej energie potrebné k vykonaniu určitých úloh. Na rozdiel od laboratórnych úloh, v ktorých často participanti plnia iba jednu jednoduchú úlohu, úspešné hranie SC 2: HotS vyžaduje nepretržité plnenie mnohých samostatných, ale vzájomne prepojených úloh. Toto môže viesť k ťažkostiam, pretože existujúce závažné obmedzenia pozornosti limitujú schopnosť vykonávať viacero úloh súbežne (Pashler, Johnston, 1989). Doterajšie výskumy v oblasti učenia sa zručností indikujú, že po rozsiahlej praxi ľudia nielenže vykonávajú úlohy rýchlejšie a presnejšie, ale aj že potrebujú menej kognitívnych zdrojov na vykonávanie, ktoré sa stáva takmer bez námahy. V kognitívnej psychológii sa tento efekt nazýva **automatizácia** (Logan, 1988; Schneider, Schiffrin, 1977). Súvisiace koncepty možno nájsť aj v iných oblastiach vedy. Napríklad jedným z problémov výskumu prevádzky bezpilotných vozidiel je, že do akej miery automatická kontrola počítačovým systémom ovplyvňuje psychickú záťaž operátora (Salvucci, Goldberg, 2000). Vybrané premenné, ktoré reflektujú vyššie uvedené dôvody, spadajú do nasledovných kategórií:

- Premenné cyklu vnem-akcia
- Premenné používania klávesových skratiek
- Premenné produkcie a používania komplexných jednotiek
- Priame merania kontroly pozornosti
- Počet akcií za minútu

⁷ <https://sites.google.com/site/scelight/>

Premenné cyklu vnem-akcia

Prvá kategória obsahuje premenné týkajúce sa cyklu vnem-akcia. Každá premenná sa týka určitého časového obdobia, kedy sa hráč fixuje a koná na určitom mieste. Mnohé z týchto premenných teda reflektujú pozornosť procesy (pretože cykly vnemu-akcie sú dôsledky toho, o čo sa hráči dokážu starať), ako aj percepčné procesy (pretože posun obrazovky znamená nový podnet) a taktiež kognitívnu-motorickú rýchlosť (v zmysle, že akcie nemôžu byť iba rýchle, ale aj zmysluplné a užitočné). Sem patria premenné:

- **Priemerný počet akcií v jednom cykle vnemu-akcia**
- **Počet cyklov vnemu-akcie za minútu**

Získavanie premenných cyklu vnem-akcia

Z každého záznamu celej hry bolo potrebné extrahovať zoznam všetkých akcií a pohybov obrazovky vykonaných hráčmi. Hráči pohybujú ich obrazovkou na rôzne lokality na mape, aby vykonávali akcie na daných lokalitách, alebo za účelom zbierania informácií o dianí v týchto lokalitách. Tieto pohyby obrazovky sú veľmi podobné sakadickým pohybom očí. Na vysporiadanie sa s týmto problémom sme agregovali pohyby obrazovky do bodov záujmu za pomoci použitia základu fixačného IDT algoritmu od Salvucciho a Goldberga (2000), s prahom disperzie nastaveným na šesť herných súradníc. Tento algoritmus sme následne upravili pre naše potreby tým, že sme odstránili prah trvania fixácie. Prah trvania sme odstránili z dôvodu, že pri hraní hráči SC 2: HotS často prepínajú pohľad hernej kamery na nové lokality za pomoci používania klávesových skratiek. Z tohto dôvodu sme radšej zvolili iba obmedzenie na základe priestorovej disperzie. Počínajúc prvými pohybmi obrazovky k neskorším, algoritmus najprv zozbiera najmenšiu množinu pohybov obrazovky, ktoré obsahujú aspoň jednu akciu. Ak by disperzia týchto bodov prekročila prah disperzie a množina bodov obsahuje aspoň jednu akciu, tak sa vytvorí nové zoskupenie – cyklus vnemu a akcie (ďalej už len CVA). Súradnice pohybov obrazovky v množine sa spriemerujú do súradníc stredu CVA, a teda CVA začína na prvej obrazovke v množine a končí, keď je prekročený prah disperzie.

Algoritmus agregácie pohybov obrazovky vo výsledku poskytol:

- a) Páry Karteziánsky súradníc obrazovky jednotlivých CVA
- b) Počet akcií vykonaných v rámci CVA

Selekcia klávesovými skratkami nie je považovaná za akciu pre výpočet CVA premennej, keďže tieto akcie môžu tiež produkovať nové pohyby obrazovky samy o sebe. Podľa predchádzajúceho výskumu (Thompson et al., 2013) v tejto oblasti CVA zahŕňa približne 87% herného času participantov. Toto zistenie odráža výskum za použitia zaznamenávania sledovania očí (angl. *eye-tracking*) a pohľadu, kým participanti vykonávajú úlohy z reálneho sveta (Land, Hayhoe, 2001). V predchádzajúcich výskumoch vyplýva, že body záujmu participantov sú prevažne časťou sekvencie akcií súvisiacich s objektami. CVA sú aj veľmi užitočnou paralelou k individuálnym pokusom v laboratórnych experimentoch, v ktorých participanti vnímajú podnety a na ich základe vykonávajú rad reakcií.

Premenné používania klávesových skratiek

Druhá kategória obsahuje premenné týkajúce sa používania klávesových skratiek. Hráči si môžu prispôbiť rozhranie hry, aby dokázali označiť a kontrolovať ich jednotky a budovy oveľa rýchlejšie, a tým odľahčili niektoré aspekty ručného klikania myšou na konkrétne jednotky v hernom rozhraní. Zároveň sem zaradujeme aj premenné týkajúce sa používania zadávania akcií v na seba nadväzujúcich sériách. Tieto akcie podtrhávajú hráčove schopnosti rozdelenia úloh na pod úlohy za účelom zníženia autonómnosti jednotiek, a teda spresnenia zadávaných inštrukcií. Tu patria premenné:

- **Počet priradených klávesových skratiek za minútu.** Hráči môžu kedykoľvek priradiť kolekciu jednotiek klávesu od 0 do 9. Hodnota tejto premennej sa teda vzťahuje k počtu priradení za minútu.
- **Selekcia klávesovými skratkami za minútu.** Akonáhle je skupine jednotiek priradená klávesová skratka, hráči dokážu kedykoľvek označiť tieto jednotky s cieľom poskytnúť im rozkazy. Hodnota tejto premennej sa teda vzťahuje na počet týchto výberov za minútu.
- **Unikátne klávesové skratky.** Táto premenná sa vzťahuje k počtu kláves použitých pre priradenie v priebehu hry.
- **Počet príkazov zadaných v sérii.** Hráči môžu zadávať jednotkám série príkazov, ktoré budú vykonané v zadanom poradí.
- **Počet príkazov zadaných v sérii za minútu.** Táto premenná označuje priemerný počet príkazov, ktoré hráči zadali v sérii v priebehu minúty.

Premenné produkcie a používania komplexných jednotiek

Tretia kategória sa zaoberá premennými produkcie a používania komplexných jednotiek. Niektoré jednotky predstavujú výzvu dvojitého úloh a niektorým jednotkám treba zadať explicitné pokyny alebo zameriavacie inštrukcie. Produkcia a použitie takýchto jednotiek a schopností je občas optimálna a z toho vyplýva, že ich produkcia a použitie môže reflektovať moduláciu vlastnej hráčovej kognitívnej záťaže. Sem patria premenné:

- **Komplexné schopnosti použité za minútu.** Táto premenná obsahuje počet použitých schopností, ktoré vyžadujú od hráča konkrétne zameriavanie buď na špecifickú lokalitu, alebo hernú jednotku. Používanie týchto schopností sa zvyčajne vykonáva v časovej tiesni a pod tlakom.
- **Počet vyrobených komplexných jednotiek za minútu.** Jednotky sú komplexné ak vyžadujú špeciálne ovládanie a explicitné pokyny od hráča. Tieto jednotky často majú mnoho špeciálnych schopností.
- **Počet vyrobených unikátnych jednotiek v priebehu hry.**
- **Výroba pracovných jednotiek za minútu.** Za touto premennou sa skrýva počet vyrobených základných pracovných jednotiek (Protoss – pracovná jednotka Probe, Zerg – pracovná jednotka Drone, Terran – pracovná jednotka SCV), ktoré majú hlavnú ekonomickú úlohu v hre. Produkcia týchto jednotiek je relatívne nezávislá od ostatných aktivít, ktoré musí hráč vykonávať v hre. Takže produkcia týchto jednotiek sa dá teda považovať za dvojité úlohu, ktorú musia prekonať všetci hráči.

Priame merania kontroly pozornosti

Štvrtá kategória premenných je zameraná na priame merania kontroly pozornosti. Hranie SC 2: HotS prináša množstvo výziev pre hráčovú pozornosť. Jednou z hlavných výziev je fakt, že hlavná časť obrazovky obsahuje detailné a význačné informácie, ktoré môžu potencionálne odvádzať hráčovú pozornosť od menej detailných informácií z celej mapy – takzvanej minimapy, ktorá zaberá malú časť hernej obrazovky v ľavom dolnom rohu. Premenné akcií z používania minimapy teda reflektujú hráčom vykonávané akcie na mini-mape, z čoho usudzujeme, že lepší hráči budú túto mapu využívať frekventovanejšie a efektívnejšie. Sem patria premenné:

- **Počet útokov zadaných cez minimapu za minútu.** Táto premenná reprezentuje počet príkazov na útok, ktoré boli vydané mimo hlavnej obrazovky. Toto správanie

vyžaduje veľkú pozornosť na zmenšenú verziu celkovej hernej mapy, ktorá poskytuje dôležité všeobecné informácie o stave hry.

- **Počet kliknutí na minimapu pravým tlačidlom za minútu.** Sem patria príkazy na pohyb alebo na útok vydané mimo hlavnú obrazovku pravým tlačidlom myši za minútu. Toto správanie taktiež vyžaduje mnoho pozornosti na zmenšenú verziu celkovej hernej mapy.

Počet akcií za minútu

V piatej kategórii je premenná **počet akcií za minútu**. Táto premenná sa často používa v SC 2: HotS komunite ako základný predikátor expertízy a môže byť automaticky vypočítaná hrou. Počet akcií za minútu je teda meradlo kognitívnej motorickej rýchlosti.

3.2.3 Tvorba parsovacieho programu

V tejto časti nášho výskumu popisujeme postup a prácu vytvárania parsovacieho programu. Ako sme spomenuli vyššie, tak vstupné dáta pre náš parsovací program pozostávali z kompletného zoznamu herných akcií vykonaných hráčmi v priebehu celej hry. Každá z týchto akcií obsahovala štyri relevantné časti:

- jednu zo šiestich kategórií vykonanej akcie,
- popis akcie na základe jej kategórie,
- čas vykonanej akcie,
- meno hráča, ktorý akciu vykonal.

Medzi spomenutých šesť kategórií vykonaných akcií patrilo aktualizovanie hernej kamery, uloženie hernej kamery na vybranej lokalite, výber jednotiek označením myšou, používanie kontrolných skupín, príkazy zadane jednotkám alebo budovám a odchod hráča z hry. Na základe druhu vykonanej akcie bolo možné niektoré premenné vypočítať takýmto spôsobom – napríklad kategória používania kontrolných skupín vo svojom popise obsahovala konkrétny typ akcie, výber alebo priradenie do kontrolnej skupiny a číslo kontrolnej skupiny. Na základe tohto faktu bol výpočet premenných počtu priradených klávesových skratiek za minútu a selekcie klávesovými skratkami za minútu filtráciou podľa typu akcie a jej následným pripočítaním k celkovému počtu príslušnej premennej. Na získanie výslednej hodnoty premenných sme vypočítali priemery celkových počtov príslušných premenných za minútu hry.

Medzi hlavné prínosy nášho výskumu pri tvorbe nášho parsovacieho programu bola zmena klasifikácie komplexných herných príkazov zadávaných jednotkám a zmena klasifikácie komplexných jednotiek. Tieto zmeny vznikli na základe štúdia predchádzajúceho výskumu (Thompson et al., 2013) v tejto oblasti, kde sme objavili niekoľko nezrovnalostí. Na základe našich rozsiahlych herných skúseností (Master liga – top 2% z hráčov v Európe, 2. miesto v národnej kvalifikácii ESWC 2012⁸) sme tieto nezrovnalosti opravili nasledovným spôsobom:

- **Komplexnými schopnosťami** označujeme všetky schopnosti, ktoré vyžadujú použitie schopnosti a jej následné zameranie na konkrétnu jednotku alebo lokalitu – toto vyžaduje dva vstupy od hráča a väčšina týchto aktivít sa používa v časovej tiesni počas náhodných bojov na hernej mape. Menej skúsení hráči často používajú na aktivovanie schopností myš, čo je značne neefektívne, kým skúsenejší hráči používajú na aktivovanie schopností efektívne klávesové skratky. Používanie klávesových skratiek rozvíja automatizáciu a tým uvoľňuje kognitívne zdroje a herný čas na vykonávanie iných herných aktivít.
- Za **komplexné jednotky** považujeme jednotky, ktoré majú aspoň dve komplexné schopnosti a vyžadujú špecifické ovládanie. Skúsenejší hráči často majú tieto jednotky priradené do samostatných kontrolných skupín aby ich dokázali rýchlo a presne ovládať samostatne od hráčovej hlavnej armády. V pôvodnom výskume boli ako komplexné jednotky označené iba tri jednotky, kým my ako komplexné jednotky označujeme deväť jednotiek.

3.3 Tretia etapa

V tejto etape sme sa zaoberali zberom dát a ich prípravou na ďalšie spracovanie.

3.3.1 Zber dát

Na základe štúdie domény expertízy, ktorá je celá postavená na počítačovom základe, nám bolo umožnené získať presné merania výkonu v jeho prirodzenom prostredí. Za použitia existujúcej, populárnej a súťažne hranej počítačovej hry sme získali veľkú množinu rozdielnych dát od participantov z celého sveta. Dáta sme čerpali z internetovej

⁸ <http://www.eswc.com/en/news/hp-pavilion-eswc-qualification-finished-slovakian-gamer-tw>

stránky⁹, ktorá obsahuje voľne dostupný repozitár záznamov viacerých druhov hier. Na tejto internetovej stránke bola možnosť výberu viacerých filtrov, podľa ktorých sa dali vyhľadávať záznamy konkrétnych hier. Pre potreby nášho výskumu sme zvolili filtráciu podľa:

- herného módu hry jedného hráča proti druhému hráčovi,
- hernej verzie SC 2: HotS väčšej ako 1.0,
- konkrétnych siedmich herných líg.

Aby bola zaistená kompatibilita medzi hrami, obmedzili sme analýzu hier na bodovo hodnotené súťažné hry na hernom rebríčku medzi dvoma ľuďmi, ktoré trvali viac ako päť minút, boli hrané na rovnakej hernej rýchlosti a hrali sa na verzii SC 2: HotS väčšej ako 1.0. Tieto opatrenia zabezpečili, že každá hra mala v podstate rovnaké východiskové podmienky. Avšak v týchto podmienkach existujú dve významné výnimky, a to, že niektoré hry sa hrali na rôznych mapách, a že hráči mali odlišné štartovné pozície (súťažne hrané mapy na hernom rebríčku sú typicky symetrické a vyvážené, aby bola zaistená férovosť hry).

V našom výskume sme analyzovali dáta od približne 1 150 SC 2: HotS hráčov zo siedmich úrovní zručností zvaných ligy (Bronzová, Strieborná, Zlatá, Platinová, Diamantová, Master, Grandmaster), čo z nej robí jednu z robustnejších štúdií expertízy.

Grandmaster liga v StarCrafte 2 pozostáva z najlepších bežných hráčov ako aj z profesionálnych hráčov, ktorých nemožno odlíšiť nezávisle na základe premenných použitých v analýze. Celková vzorka dát sa skladala z:

- Bronzová liga : 43 záznamov.
- Strieborná liga: 49 záznamov.
- Zlatá liga: 55 záznamov.
- Platinová liga: 78 záznamov.
- Diamantová liga: 132 záznamov.
- Master liga: 148 záznamov.
- Grandmaster liga: 70 záznamov.

⁹ <http://www.gamereplays.org/starcraft2/replays.php?game=33&show=search>

3.3.2 Príprava dát pre spracovanie parsovacím programom

Ako spomíname vyššie v časti 3.2.1 Výber technológie pre tvorbu parsovacieho programu, pre vstup do nášho programu sme potrebovali zoznamy akcií v textovom formáte namiesto kompletných záznamov hier. Pri prvých pokusoch sme túto konverziu vykonávali ručne s pomocou programu Scelight¹⁰. Keby sme tento spôsob konverzie chceli použiť na všetky stiahnuté záznamy hier, tak by nám to zabralo enormné množstvo času. Za týmto účelom sme hľadali rôzne formy automatizácie v operačnom systéme. Po dlhšom hľadaní ideálneho nástroja na automatizáciu sme zvolili voľne stiahnuteľný skriptovací jazyk AutoHotkey¹¹, pretože poskytuje použitie programovaním jednotlivých akcií. Jeden z našich prvých skriptov dokázal otvoriť záznam hry v programe Scelight, skopírovať zoznam všetkých akcií, vhodne vložiť tento zoznam do nového tabuľkového dokumentu v programe Microsoft Excel a otvoriť dialóg na uloženie súboru. Finálny skript navyše dokázal excelovský súbor uložiť v žiadanom formáte (textový súbor, kde sú stĺpce oddelené tabulátormi), s rovnakým menom ako záznam hry a vybral nasledujúci záznam hry na spracovanie. Výsledky použitia tohto skriptu sme však naďalej museli priebežne kontrolovať kvôli tomu, že skript nefungoval vždy 100%. Na kontrolu vygenerovaných súborov sme vytvorili jednoduchý program, ktorým sme objavili chybné súbory. Aj napriek nutnosti kontroly nám automatizácia pomocou AutoHotkey ušetrila veľké množstvo času.

3.4 Štvrtá etapa

V tejto časti práce si bližšie rozoberieme analýzu dát z nášho výskumu.

3.4.1 Náhodný les

Na zodpovedanie primárnej výskumnej otázky sme vychádzali z predchádzajúceho výskumu (Thompson et al., 2013) a rozhodli sme sa analýzu dát vykonať pomocou metódy viacerých náhodných lesov. Náhodný les obsahuje mnoho rozhodovacích stromov. Na rozdiel od jedného rozhodovacieho stromu sú dáta v náhodnom lese spracovávané na zadanom počte rozhodovacích stromov. Ďalším dôležitým rozdielom v náhodnom lese

¹⁰ <https://sites.google.com/site/scelight/>

¹¹ <http://www.autohotkey.com/>

oproti rozhodovacím stromom je eliminácia problému preučenia sa. Výhody použitia náhodného lesu podľa ich autorov Breimana a Cutlera¹²:

- je neprekonateľný v presnosti medzi súčasnými algoritmami,
- je efektívny na širokej vzorke dát,
- zvláda spracovať tisíce vstupných premenných bez mazania premenných,
- poskytuje odhad dôležitosti premenných pri klasifikácii,
- počas tvorby lesa poskytuje vnútorný nestranný odhad generalizačnej chyby,
- obsahuje efektívnu metódu pre odhadovanie chýbajúcich dát a udržiava si presnosť, aj keď chýba väčšie množstvo dát,
- vygenerovaný les môže byť uložený pre budúce použitie na nových dátach
- prototypy sú počítané tak, že poskytujú informácie o vzťahu medzi premennými a klasifikáciou,
- vypočítava vzdialenosti medzi párami prípadov, ktoré môžu byť použité v zoskupovaní, pri vyhľadávaní extrémov alebo pri poskytovaní zaujímavých zobrazení dát,
- vyššie uvedené schopnosti lesu môžu byť použité na neoznačených dátach, čo vedie k zoskupovaniu bez učiteľa, zobrazovaniu dát a vyhľadávaní extrémov,
- poskytuje experimentálne metódy pre detekciu interakcie premenných.

3.4.2 Dôležitosť premenných

Náhodný les môže byť použitý na ohodnotenie dôležitosti premenných v regresii alebo klasifikácii dát prirodzenou cestou. Nasledujúca technika bola popísaná v originálnom Breimanovom výskume (Breiman, 2001) a je implementovaná v jazyku R, v programovom balíku randomForest¹³.

Prvým krokom pri výpočte dôležitosti premenných je vytvorenie náhodného lesu zo súboru vstupných dát. V priebehu tvorby lesa sa chybovosť pre každú časť dát zaznamená a je spriemerovaná naprieč celým lesom. Pre výpočet dôležitosti j-tej premennej je po natrénovaní hodnota j-tej premennej permutovaná naprieč tréningovými dátami a chybovosť je znova vypočítaná pre túto permutovanú množinu. Hodnota dôležitosti pre j-tu premennú

¹² http://www.stat.berkeley.edu/~breiman/RandomForests/cc_home.htm

¹³ <http://cran.r-project.org/web/packages/randomForest/randomForest.pdf>

je vypočítaná spriemerovaním rozdielu chybovosti pred a po permutácii naprieč všetkými stromami. Táto hodnota je následne normalizovaná štandardnou odchýlkou týchto rozdielov.

Premenné s vyššou hodnotou tohto výpočtu sú označené za dôležitejšie ako premenné, ktoré majú nižšiu hodnotu.

3.4.3 Využitie náhodných lesov

Na tvorbu náhodných lesov sme využili programovací jazyk R vo voľne dostupnom programovacom prostredí RStudio. Vo výskume, na ktorý nadväzujeme (Thompson et al., 2013) autori na vytvorenie náhodných lesov použili funkciu `cforest` z knižnice `'party'`¹⁴ a následne použili vlastnú metódu výpočtu dôležitosti premenných expertízy. V našom výskume sme náhodné lesy vytvorili pomocou funkcie `randomForest`, ktorá sa nachádza v rovnako nazvanej knižnici `'randomForest'`¹³ vybraného programovacieho jazyka. Vo vstupoch tejto funkcie sme zadali, aby sa v lese vytvorilo 5000 náhodných stromov a aby sa pri každom rozdelení preverovalo 5 náhodných premenných. Zároveň sme vo vstupe aktivovali predikovanie dôležitosti premenných. Pomocou tejto funkcie sme vytvorili 24 grafov ohodnotenia dôležitosti premenných vývoja expertízy medzi dvojicami líg, ktorých analýzu interpretujeme v nasledujúcej časti našej práce. Tieto grafy sa nachádzajú v Prílohe A. Pre lepšiu klasifikáciu sme porovnávali ligy, ktoré sú od seba vzdialené dve úrovne (napríklad Bronzová a Zlatá liga).

3.4.4 Analýza vytvorených grafov dôležitosti premenných vývoja expertízy

Vygenerované grafy dôležitosti premenných sme spracovali a vytvorili sme z nich štyri tabuľky prehľadu dôležitosti premenných. Každá tabuľka obsahuje zoznam skúmaných premenných, päť dvoj kombinácií porovnávaných líg a jednu kontrastnú kombináciu porovnávania najnižšej a najvyššej ligy. Tabuľky sme vytvorili pre každú rasu zvlášť a pre všetky rasy spoločne. Premenné, ktoré sa nevyskytovali v predchádzajúcom výskume (Thompson et al., 2013) a ktoré sme do nášho výskumu pridali na základe našich hlbokých znalostí hry a na základe štúdia literatúry, sme v tabuľkách vyznačili hrubým písmom. Dôležitosť premenných je označená číslom a zároveň farbou pre lepšiu čitateľnosť.

¹⁴ <http://cran.r-project.org/web/packages/party/party.pdf>

Najnižšie číslo a najsvetlejšia farba znamená najvyššiu dôležitosť danej premennej, a teda obrátene najvyššie číslo a najtmavšia farba označujú premenné s najnižšou dôležitosťou.

Všetky rasy spoločne						
	Bronzová – Zlatá liga	Strieborná – Zlatá liga	Zlatá – Platinová liga	Platinová – Diamantová liga	Diamantová – Master liga	Bronzová – Grandmaster liga
Vyrobené pracovné jednotky za minútu	1	3	1	2	1	1
Použitie komplexné schopnosti za minútu	2	2	4	3	5	3
Kliknutia pravým tlačidlom myši na minimapu za minútu	3	1	2	1	2	2
Počet akcií za minútu	4	7	7	8	8	5
Počet CVA za minútu	5	4	3	5	3	4
Priradenie klávesových skratiek za minútu	6	6	5	4	4	6
Selekcia klávesovými skratkami za minútu	7	8	6	7	6	8
Príkazy zadane v sérii za minútu	8	5	8	6	7	7
Príkazy zadane v sérii	9	9	9	9	9	9
Počet akcií v CVA	10	11	11	11	11	11
Počet vyrobených unikátnych jednotiek	11	14	12	13	13	12
Počet útokov cez minimapu za minútu	12	10	10	10	10	10
Počet unikátnych klávesových skratiek	13	12	14	14	14	13
Vyrobené komplexné jednotky za minútu	14	13	13	12	12	14

Obrázok 2 Dôležitosť premenných pre všetky rasy

Z tabuľky dôležitostí premenných pre všetky rasy (viď Obrázok 2) vyplývalo, že dvomi najdôležitejšími ukazovateľmi boli premenné Počet vyrobených pracovných jednotiek za minútu a Kliknutia pravým tlačidlom myši na minimapu za minútu. Zaujímavým faktom bolo, že dôležitosť nami pridanej premennej Príkazy zadane v sérii bola stabilná naprieč všetkými stupňami expertízy. Druhá nami pridaná premenná Príkazy zadane v sérii za minútu vykazovala iba nízke kolísanie dôležitosti. Z tabuľky zároveň vyplýva odpoveď na našu hlavnú výskumnú otázku – dôležitosť premenných vývoja expertízy nie je stabilná naprieč všetkými úrovňami expertízy pri hraní SC 2: HotS pre všetky rasy spoločne, s výnimkou nami pridanej premennej Príkazy zadane v sérii.

Protoss						
	Bronzová – Zlatá liga	Strieborná – Platinová liga	Zlatá – Diamantová liga	Platinová – Master liga	Diamantová – Grandmaster liga	Bronzová – Grandmaster liga
Vyrobené pracovné jednotky za minútu	1	1	1	2	1	1
Použité komplexné schopnosti za minútu	2	5	2	8	7	5
Kliknutia pravým tlačidlom myši na minimapu za minútu	6	2	8	1	2	2
Počet akcií za minútu	5	9	6	9	10	11
Počet CVA za minútu	3	3	3	5	8	3
Priradenie klávesových skratiek za minútu	9	7	4	4	5	6
Selekcia klávesovými skratkami za minútu	8	4	5	6	6	10
Príkazy zadané v sérii za minútu	4	6	7	3	4	7
Príkazy zadané v sérii	7	8	9	7	9	4
Počet akcií v CVA	10	12	12	13	12	12
Počet vyrobených unikátnych jednotiek	11	13	13	12	13	13
Počet útokov cez minimapu za minútu	12	11	11	11	11	9
Počet unikátnych klávesových skratiek	14	14	14	14	14	14
Vyrobené komplexné jednotky za minútu	13	10	10	10	3	8

Obrázok 3 Dôležitosť premenných pre hernú rasu Protoss

Z tabuľky dôležitostí premenných pre hernú rasu Protoss (viď Obrázok 3) vyplýva, že najdôležitejším stabilným ukazovateľom bola premenná Počet vyrobeným pracovných jednotiek za minútu. Premenná Počet unikátnych klávesových skratiek sa prejavila ako jediný stabilný ukazovateľ expertízy.

Terran						
	Bronzová – Zlatá liga	Strieborná – Platinová liga	Zlatá – Diamantová liga	Platinová – Master liga	Diamantová – Grandmaster liga	Bronzová – Grandmaster liga
Vyrobené pracovné jednotky za minútu	1	3	1	3	1	3
Použité komplexné schopnosti za minútu	4	6	5	4	5	4
Kliknutia pravým tlačidlom myši na minimapu za minútu	2	1	2	1	3	1
Počet akcií za minútu	3	7	8	9	9	6
Počet CVA za minútu	5	2	3	5	4	2
Priradenie klávesových skratiek za minútu	6	4	6	7	8	7
Selekcia klávesovými skratkami za minútu	8	5	7	6	6	9
Príkazy zadane v sérii za minútu	7	8	4	2	2	5
Príkazy zadane v sérii	9	9	9	8	7	8
Počet akcií v CVA	10	11	11	11	11	12
Počet vyrobených unikátnych jednotiek	11	12	12	12	12	11
Počet útokov cez minimapu za minútu	12	10	10	10	10	10
Počet unikátnych klávesových skratiek	13	13	13	13	13	13
Vyrobené komplexné jednotky za minútu	14	14	14	14	14	14

Obrázok 4 Dôležitosť premenných pre hernú rasu Terran

Z tabuľky dôležitostí premenných pre hernú rasu Terran (viď Obrázok 4) vyplýva, že najdôležitejším stabilným ukazovateľom bola premenná Kliknutia pravým tlačidlom myši na minimapu za minútu. Nami pridaná premenná Príkazy zadane v sérii za minútu nadobúdala vysokú dôležitosť pri klasifikácii Platinovej – Master ligy a Diamantovej – Grandmaster ligy. Premenné Počet unikátnych klávesových skratiek a Vyrobené komplexné jednotky za minútu sa prejavili ako stabilné naprieč všetkými úrovňami expertízy u hernej rasy Terran.

Zerg						
	Bronzová – Zlatá liga	Strieborná – Platinová liga	Zlatá – Diamantová liga	Platinová – Master liga	Diamantová – Grandmaster liga	Bronzová – Grandmaster liga
Vyrobené pracovné jednotky za minútu	2	5	2	3	2	1
Použité komplexné schopnosti za minútu	4	3	4	1	6	3
Kliknutia pravým tlačidlom myši na minimapu za minútu	1	1	1	2	1	2
Počet akcií za minútu	3	10	7	8	9	6
Počet CVA za minútu	5	8	5	6	4	4
Priradenie klávesových skratiek za minútu	6	6	6	4	7	5
Selekcia klávesovými skratkami za minútu	7	9	3	5	8	7
Príkazy zadané v sérii za minútu	8	2	8	7	3	8
Príkazy zadané v sérii	10	4	9	10	5	9
Počet akcií v CVA	9	11	11	11	13	11
Počet vyrobených unikátnych jednotiek	12	13	12	13	12	12
Počet útokov cez minimapu za minútu	11	7	10	9	10	10
Počet unikátnych klávesových skratiek	13	12	13	12	11	13
Vyrobené komplexné jednotky za minútu	14	14	14	14	14	14

Obrázok 5 Dôležitosť premenných pre hernú rasu Zerg

Z tabuľky dôležitostí premenných pre hernú rasu Zerg (vid' Obrázok 5) vyplýva, že najdôležitejším stabilným ukazovateľom bola premenná Kliknutia pravým tlačidlom myši na minimapu za minútu rovnako ako u hernej rasy Terran. Nami pridaná premenná Príkazy zadané v sérii za minútu nadobúdala vysokú dôležitosť pri klasifikácii Striebornej – Platinovej ligy a Diamantovej – Grandmaster ligy. Premenná Vyrobené komplexné jednotky za minútu sa prejavila ako stabilná naprieč všetkými úrovňami expertízy u hernej rasy Zerg.

Zhrnutie

Z tabuľky dôležitosti premenných pre všetky herné rasy spoločne (vid' Obrázok 2) vyplýva odpoveď na našu hlavnú výskumnú otázku – dôležitosť premenných vývoja expertízy nie je stabilná naprieč všetkými úrovňami expertízy pri hraní SC 2: HotS pre všetky rasy spoločne. Výsledky dôležitosti premenných pre všetky herné rasy spoločne sme porovnali s výsledkami predchádzajúcej štúdie Thompsona a kolektívu (2013). Naše výsledky potvrdili závery tejto štúdie v tom, že dôležitosť premenných sa mení naprieč stupňami expertízy. Avšak, kým v uvedenom experimente najvyššiu dôležitosť mala premenná Počtu akcií za minútu, v našom výskume premenná s najvyššou dôležitosťou bola Počet vyrobených pracovných jednotiek za minútu. V spomínanom výskume mala táto premenná značne nízke a zároveň rozdielne hodnoty. V našom výskume premenná Počet akcií za minútu nadobúdala stredné hodnoty dôležitosti. Zmena výpočtu premennej Použité

komplexné schopnosti za minútu zvýšila jej dôležitosť naprieč všetkými stupňami expertízy oproti predchádzajúcej štúdii. Vo výsledkoch nášho experimentu táto premenná nadobúdala približne dôležitosť tretej úrovne, kým v spomenutom výskume až približne dôležitosť jedenástej úrovne. To nám prináša odpoveď na našu tretiu výskumnú otázku.

Analýza tabuliek dôležitosti premenných medzi jednotlivými hernými rasami poskytla odpoveď na štvrtú výskumnú otázku. Dôležitosť premenných vývoja expertízy nebola stabilná takmer u všetkých premenných a líšila sa pre každú rasu. Stabilnými ukazovateľmi expertízy, iba v prípade rás Protoss a Terran, bola premenná Počtu unikátnych klávesových skratiek. Avšak táto premenná mala veľmi nízku dôležitosť. Podobne to bolo aj v prípade rás Terran a Zerg, kde bola jediná stabilná premenná s nízkou dôležitosťou Počet vyrobených komplexných jednotiek za minútu. Najdôležitejšou premennou, v prípade herných rás Terran a Zerg, bola premenná Počtu kliknutí pravým tlačidlom myši na minimapu za minútu, avšak u rasy Protoss bola na druhom mieste v dôležitosti premenných za premennou Počtu vyrobených pracovných jednotiek za minútu.

Celkovo sme zistili, že dôležitosť skúmaných premenných nebola statická naprieč stupňami vývoja expertízy u všetkých herných rás spolu. Najdôležitejším ukazovateľom vývoja expertízy bola premenná počtu vyrobených pracovných jednotiek za minútu. Toto zistenie je konzistentné s našimi predpokladmi, pretože už len z herného ekonomického hľadiska je automatizácia výroby pracovných jednotiek kľúčovým faktorom vo vývoji SC 2: HotS expertízy. Dôležitosť skúmaných premenných taktiež nebola statická ani pri porovnávaní medzi jednotlivými rasami navzájom. Pri porovnávaní výsledkov nášho výskumu s výsledkami predchádzajúceho experimentu v danej oblasti sme identifikovali rozdiely v dôležitosti vybraných premenných. Naše výsledky vo všeobecnosti potvrdili výsledky predchádzajúceho výskumu. Navyše sme zmenili výpočet vybraných premenných vývoja expertízy, a tým sme dosiahli rapídnej zmeny dôležitosti týchto premenných oproti predchádzajúcemu výskumu.

Záver

V práci sme sa venovali prevažne počítačovým strategickým hrám odohrávajúcim sa v reálnom čase. Rozoberali sme pozitívne efekty hrania počítačových hier a vývoj expertízy pri hraní počítačových hier. Na základe získaných poznatkov z predchádzajúcich výskumov v danej oblasti sme realizovali vlastný výskum. Súčasťou tohto výskumu bolo vytvorenie parsovacieho programu záznamov hier, spracovanie výstupov parsovacieho programu pomocou klasifikácie cez náhodný les a analýza výsledkov dôležitosti premenných vývoja expertízy získaných pomocou náhodného lesu. Zistili sme, že dôležitosť skúmaných premenných nie je statická naprieč stupňami vývoja expertízy u všetkých herných rás spolu, a nie je statická ani pri porovnávaní medzi rasami navzájom. Najdôležitejším ukazovateľom vývoja expertízy bola premenná počtu vyrobených pracovných jednotiek za minútu. Toto zistenie je konzistentné s našimi predpokladmi, pretože už len z herného ekonomického hľadiska je automatizácia výroby pracovných jednotiek kľúčovým faktorom vo vývoji SC 2: HotS expertízy. Výsledky nášho výskumu sme porovnali s výsledkami predchádzajúceho výskumu v danej oblasti a identifikovali sme rozdiely. Naše výsledky vo všeobecnosti potvrdili závery predchádzajúceho výskumu. Navyše sme zmenili výpočet vybraných premenných vývoja expertízy, a tým sme dosiahli rapídnej zmeny dôležitosti týchto premenných oproti predchádzajúcemu výskumu.

Pokračovanie nášho výskumu vidíme v rozšírení množstva výskumnej vzorky dát. Napríklad dáta pre Grandmaster ligu by mohli byť získané z homogénnejšej skupiny profesionálnych hráčov za účelom zvýšenia presnosti klasifikátora. Navrhujeme obstarat' tieto dáta z najprestížnejšej súťaže v StarCrafte 2 na svete – z turnaja GomTV StarCraft League (GSL).

Literatúra

ABREU, A.M. et al., 2012. Action anticipation beyond the action observation network: a functional magnetic resonance imaging study in expert basketball players. In: *European Journal of Neuroscience*, 35(10), 1646-1654. DOI 10.1111/j.1460-9568.2012.08104.x.

ARTHUR, W. et al., 1995. Visual attention: Individual differences in training and predicting complex task performance. In: *Acta Psychologica*, 88(1), 3-23.

BASAK, C. et al., 2008. Can training in a real-time strategy video game attenuate cognitive decline in older adults?. In: *Psychology and aging*, 23(4), 765. DOI 10.1037/a0013494.

BAVELIER, D. et al., 2012. Brain plasticity through the life span: learning to learn and action video games. In: *Neuroscience*, 35. DOI 10.1146/annurev-neuro-060909-152832.

BLUMEN, H.M. et al., 2010. Training cognitive control in older adults with the space fortress game: the role of training instructions and basic motor ability. In: *Frontiers in aging neuroscience*, 2(145). DOI 10.3389/fnagi.2010.00145.

BOOT, W.R. et al., 2008. The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. In: *Acta psychologica*, 129(3), 387-398. DOI 10.1016/j.actpsy.2008.09.005.

BOWIE, C.R. et al., 2008. Predicting schizophrenia patients' real-world behavior with specific neuropsychological and functional capacity measures. In: *Biological Psychiatry*, 63(5), 505-511.

BREIMAN, L. et al., 1984. *Classification and regression trees*. CRC press, ISBN 0-412-04841-8.

BREIMAN, L., 1996. Bagging predictors. In: *Machine learning*, 24(2), 123-140. DOI 10.1007/bf00058655.

BREIMAN, L., 2001. Random forests. In: *Machine learning*, 45(1), 5-32. DOI 10.1023/a:1010933404324.

CASTEL, A.D. – PRATT, J. – DRUMMOND, E., 2005. The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search. In: *Acta psychologica*, 119(2), 217-230.

COLZATO, L.S. et al., 2006. Intelligence and cognitive flexibility: fluid intelligence correlates with feature “unbinding” across perception and action. In: *Psychonomic bulletin & review*, 13(6), 1043-1048. DOI 10.3758/bf03213923.

CRONE, E.A. et al., 2004. Switching between spatial stimulus–response mappings: a developmental study of cognitive flexibility. In: *Developmental science*, 7(4), 443-455. DOI 10.1111/j.1467-7687.2004.00365.x.

DUNCAN, J., 2001. An adaptive coding model of neural function in prefrontal cortex. In: *Nature Reviews Neuroscience*, 2(11), 820-829.

DYE, M.W.G. – GREEN, C.S. – BAVELIER, D., 2009. Increasing speed of processing with action video games. In: *Current directions in psychological science*, 18(6), 321-326.

ERICSSON, K.A., 2006. An introduction to “the Cambridge handbook of expertise and expert performance: Its development, organization, and content”. K.A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, R. R. Hoffman, Eds. Cambridge, MA: CUP, 3-20.

ERICSSON, K.A. – WILLIAMS, A.M., 2007. Capturing naturally occurring superior performance in the laboratory: translational research on expert performance. In: *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 13(3), 115-123. DOI 10.1037/1076-898x.13.3.115.

ERICSSON, A.K. – TOWNE, T.J., 2010. Expertise. In: *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(3), 404-416. DOI 10.1002/wcs.47.

FABIANI, M. et al., 1989. The training of complex task performance. In: *Acta Psychologica*, 71(1), 259-299.

FENG, J. – SPENCE, I. – PRATT, J., 2007. Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. In: *Psychological science*, 18(10), 850-855. DOI 10.1111/j.1467-9280.2007.01990.x.

FREDERIKSEN, J.R. – WHITE, B.Y., 1989. An approach to training based upon principled task decomposition. In: *Acta Psychologica*, 71(1), 89-146.

GLASS, B.D. – MADDIX, W.T. – LOVE, B.C., 2013. Real-time strategy game training: emergence of a cognitive flexibility trait. In: *PLoS One*, 8(8): e70350. DOI 10.1371/journal.pone.0070350.

GOPHER, D. – WEIL, M. – SIEGEL, D., 1989. Practice under changing priorities: An approach to the training of complex skills. In: *Acta Psychologica*, 71(1), 147-177.

GOPHER, D. – WEIL, M. – BAREKET, T., 1994. Transfer of skill from a computer game trainer to flight. In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 36(3), 387-405.

GOPHER, D., 2006. Control processes in the formation of task units. In: *Psychological science around the world*, 2, 385-404.

GOPHER, D., 2007. Emphasis change as a training protocol for high-demands tasks. In: *Attention: From theory to practice*, 101, 209-224.

GREEN, C.S. – BAVELIER, D., 2003. Action video game modifies visual selective attention. In: *Nature*, 423(6939), 534-537.

GREEN, C.S. – BAVELIER, D., 2006. Effect of action video games on the spatial distribution of visuospatial attention. In: *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 32(6), 1465-1478.

GREEN, C.S. – BAVELIER, D., 2007. Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision. In: *Psychological science*, 18(1), 88-94.

GREEN, C.S. et al., 2012. The effect of action video game experience on task-switching. In: *Computers in Human Behavior*, 28(3), 984-994. DOI 10.1016/j.chb.2011.12.020.

GRIEVE, S.M. et al., 2007. Cognitive aging, executive function, and fractional anisotropy: a diffusion tensor MR imaging study. In: *American Journal of Neuroradiology*, 28(2), 226-235.

CHARNESS, N. et al., 2005. The role of deliberate practice in chess expertise. In: *Applied Cognitive Psychology*, 19(2), 151-165. DOI 10.1002/acp.1106.

Chessgames Services LLC. *Chessgames.com: online chess database and Community: Statistics page*. [online]. 2014. Updated 2014. [viewed 10.6.2014]. Available from: <http://www.chessgames.com/chessstats.html>.

JAEGGI, S.M. et al., 2008. Improving fluid intelligence with training on working memory. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(19), 6829-6833. DOI 10.1073/pnas.0801268105.

KRAMER, A.F. – LARISH, J.F. – STRAYER, D.L., 1995. Training for attentional control in dual task settings: a comparison of young and old adults. In: *Journal of experimental psychology: Applied*, 1(1), 50-76.

LAND, M.F. – HAYHOE, M., 2001. In what ways do eye movements contribute to everyday activities?. In: *Vision research*, 41(25), 3559-3565. DOI 10.1016/s0042-6989(01)00102-x.

LEWIS, J.M. – TRINH, P. – KIRSH, D., 2011. A corpus analysis of strategy video game play in starcraft: Brood war. In: *Proceedings of the 33rd annual conference of the cognitive science society*, 687-692.

LI, R. et al., 2009. Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training. In: *Nature neuroscience*, 12(5), 549-551. DOI 10.1038/nn.2296.

LOGAN, G.D., 1988. Toward an instance theory of automatization. In: *Psychol. Rev.*, 95 (4), 492–527. DOI 10.1037/0033-295x.95.4.492.

MANÉ, A.M. – DONCHIN, E., 1989. The space fortress game. In: *Acta psychologica*, 71(1), 17-22.

MILDERS, M. – FUCHS, S. – CRAWFORD, J.R., 2003. Neuropsychological impairments and changes in emotional and social behaviour following severe traumatic brain injury. In: *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(2), 157-172. DOI 10.1076/jcen.25.2.157.13642.

MOORE, A. – MALINOWSKI, P., 2009. Meditation, mindfulness and cognitive flexibility. In: *Consciousness and cognition*, 18(1), 176-186. DOI 10.1016/j.concog.2008.12.008.

MURTAGH, A. et al., 2010. The Letter-Number Sequencing Test and its association with potential to work among people with psychotic illness. In: *European Psychiatry*, 25(2), 101-104.

NORMAN, D.A. – SHALLICE, T., 1986. Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In: *Consciousness and selfregulation*, New York, NY: Plenum, 4, 376–390.

PALMERI, T.J., 1997. Exemplar similarity and the development of automaticity. In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(2), 324-354. DOI 10.1037//0278-7393.23.2.324.

PARKER JR, J.F. – FLEISHMAN, E.A., 1960. Ability factors and component performance measures as predictors of complex tracking behavior. In: *Psychological Monographs: General and Applied*, 74(16), 1-36. DOI 10.1037/h0093764.

PASHLER, H. – JOHNSTON, J.C., 1989. Chronometric evidence for central postponement in temporally overlapping tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41(1), 19-45. DOI 10.1080/14640748908402351.

PRINS, P.J.M. et al., 2011. Does computerized working memory training with game elements enhance motivation and training efficacy in children with ADHD?. In: *Cyberpsychology, behavior, and social networking*, 14(3), 115-122. DOI 10.1089/cyber.2009.0206.

PROCTOR, R.W. – VU, K.-P.L., 2006. Laboratory studies of training, skill acquisition, and retention of performance. In: *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*, 265-286.

RAVIZZA, S.M. – CARTER, C.S., 2008. Shifting set about task switching: Behavioral and neural evidence for distinct forms of cognitive flexibility. In: *Neuropsychologia*, 46(12), 2924-2935. DOI 10.1016/j.neuropsychologia.2008.06.006.

REINGOLD, E.M. et al., 2001. Visual span in expert chess players: Evidence from eye movements. In: *Psychological Science*, 12(1), 48-55. DOI 10.1111/1467-9280.00309.

RIDOUT, V. – ROBERTS, D.F. – FOEHR, U.G., 2005. Generation M: Media in the lives of 8–18 year-olds: Executive summary. A Kaiser Family Foundation Study. The Henry J. Kaiser Family Foundation.

SALVUCCI, D.D. – GOLDBERG, J.H., 2000. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications*. ACM, 2000, 71-78.

SANCHEZ, C.A., 2012. Enhancing visuospatial performance through video game training to increase learning in visuospatial science domains. In: *Psychonomic bulletin & review*, 19(1), 58-65. DOI 10.3758/s13423-011-0177-7.

SCHNEIDER, W. – SHIFFRIN, R.M., 1977. Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. In: *Psychological review*, 84(1), 1-66. DOI 10.1037//0033-295x.84.1.1.

STERN, Y. et al., 2011. Space Fortress game training and executive control in older adults: a pilot intervention. In: *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 18(6), 653-677. ISSN: 1382-5585.

STROBACH, T. et al., 2012. Task switching: effects of practice on switch and mixing costs. In: *Psychological Research*, 76(1), 74-83. DOI 10.1007/s00426-011-0323-x.

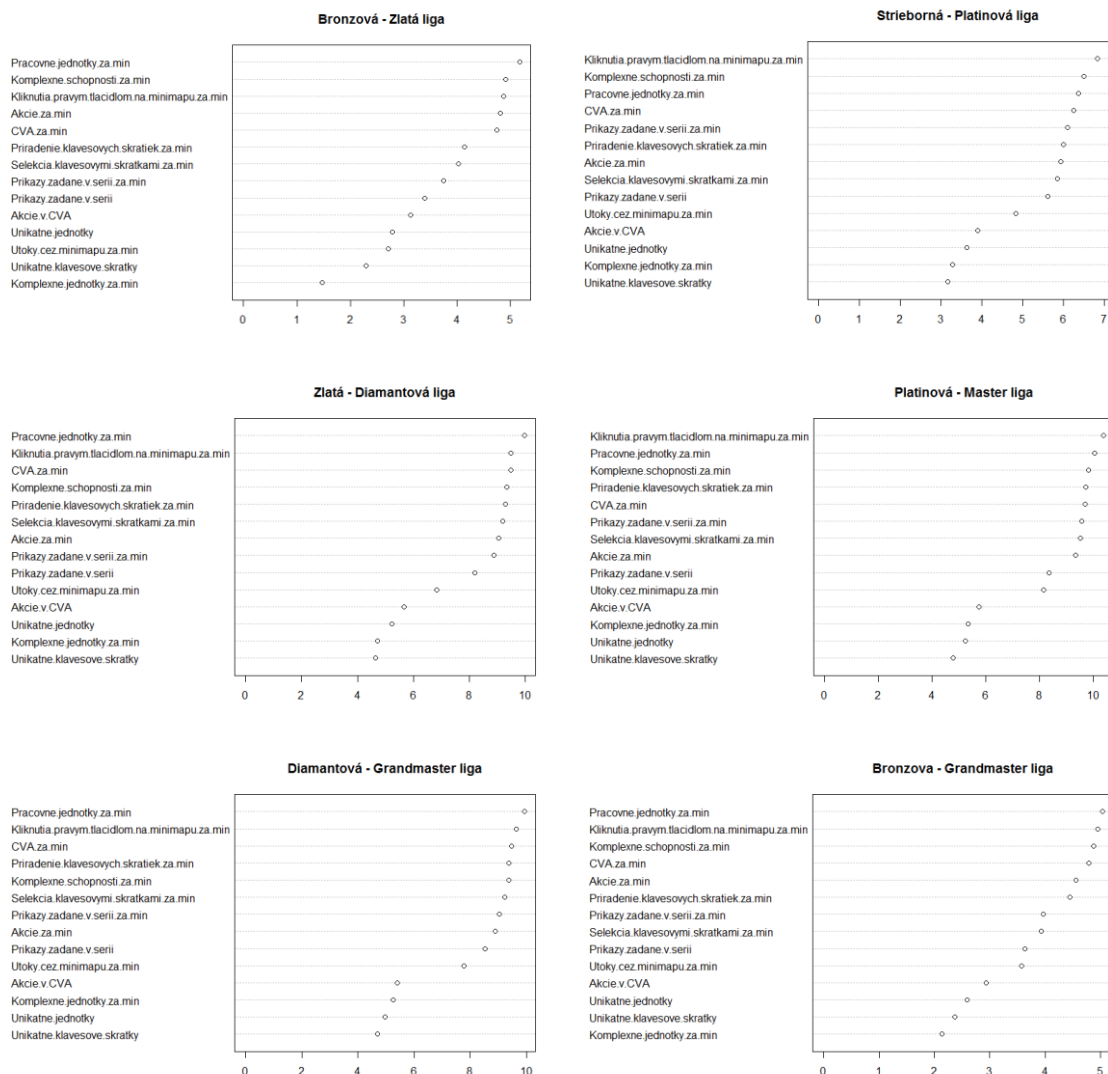
STROBL, C. et al., 2007. Bias in random forest variable importance measures: Illustrations, sources and a solution. In: *BMC bioinformatics*, 8(1), 25. DOI 10.1186/1471-2105-8-25.

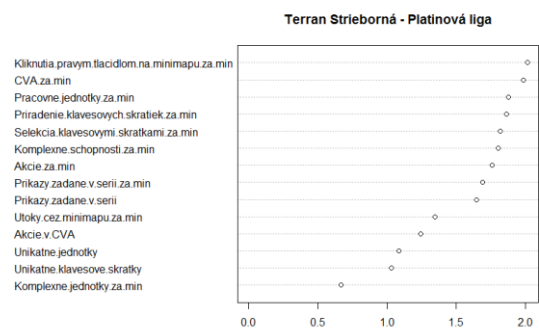
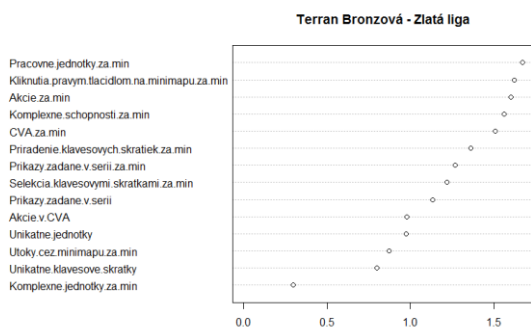
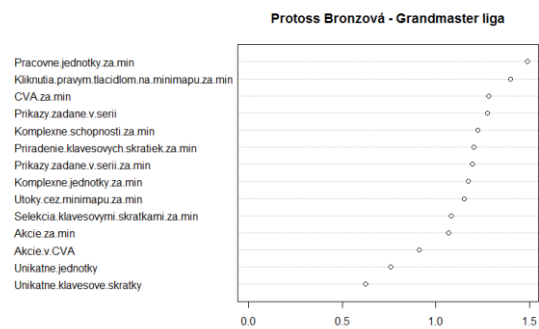
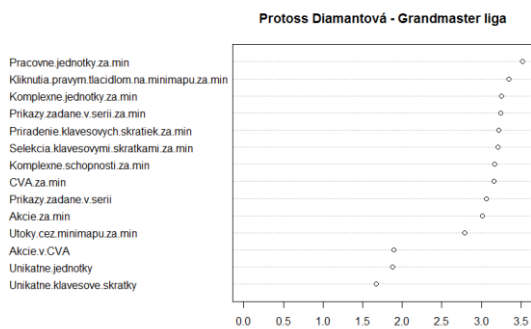
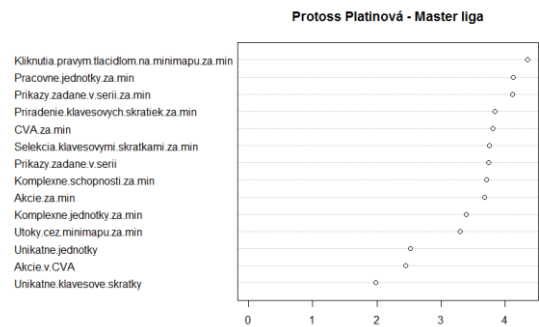
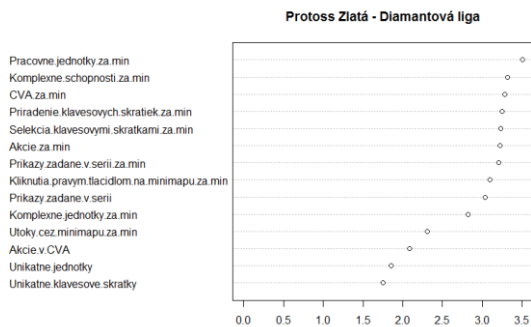
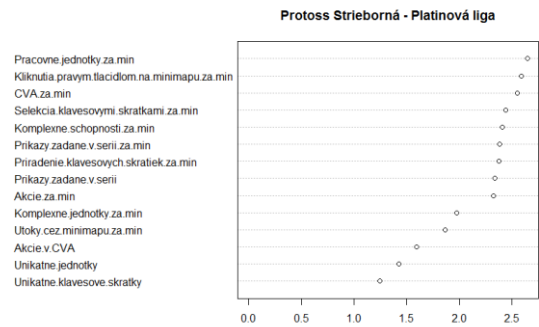
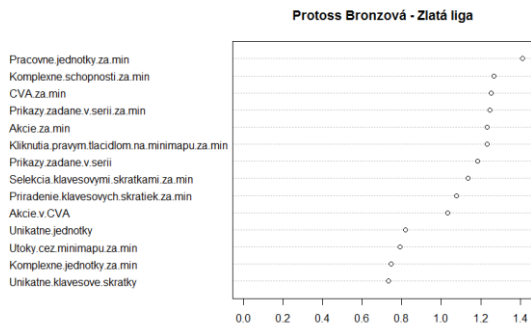
SUTTER, J.D., 2012. Wired for success or destruction? [viewed 20.12.2012]. Available from: http://www.cnn.com/interactive/2012/08/tech/gaming.series/korea.html?hpt=hp_bn5

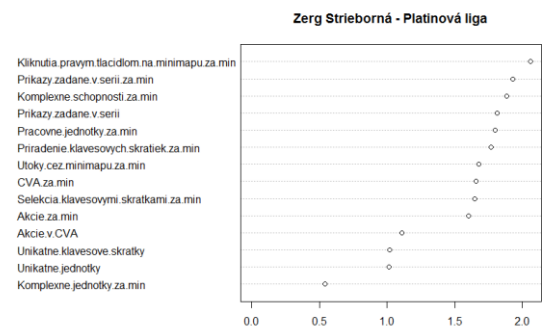
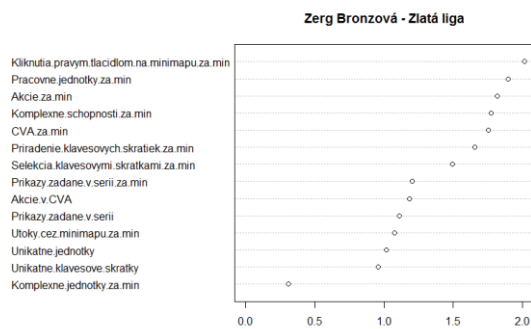
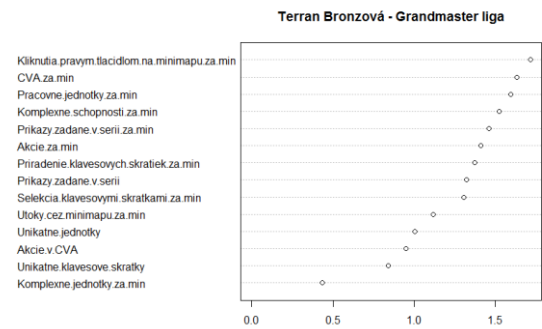
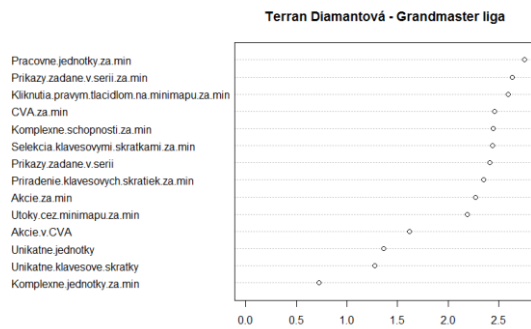
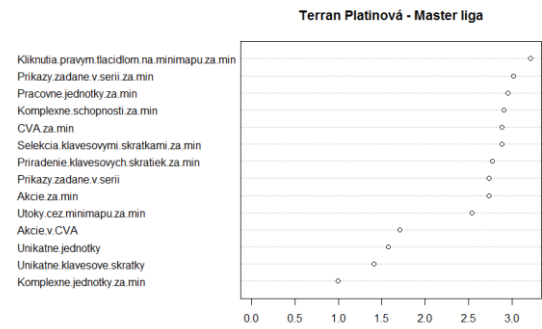
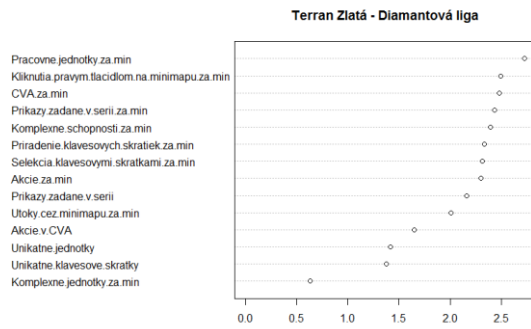
THOMPSON, J.J., et al., 2013. Video game telemetry as a critical tool in the study of complex skill learning. In: *PloS one*, 8(9): e75129. DOI 10.1371/journal.pone.0075129.

Príloha A

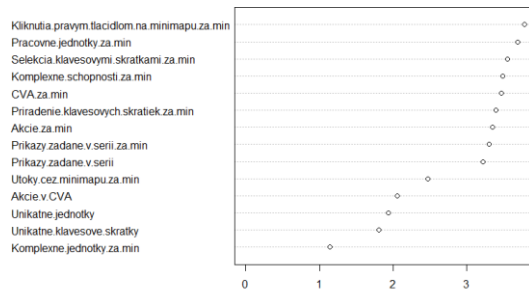
V tejto prílohe sa nachádzajú grafy dôležitosti premenných vývoja expertízy vygenerované pomocou náhodných lesov. Ako prvé uvádzame grafy pre všetky herné rasy spoločne. Za týmito grafmi sa nachádzajú grafy jednotlivých herných rás.



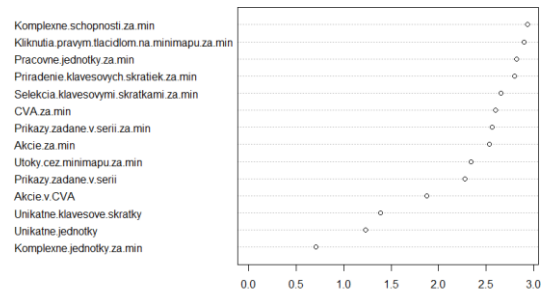




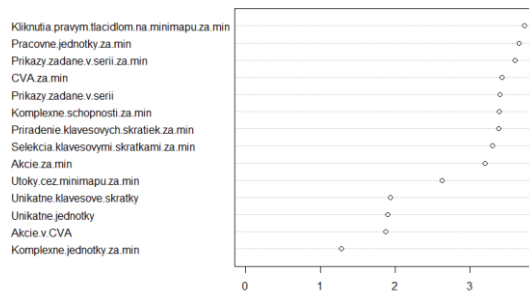
Zerg Zlatá - Diamantová liga



Zerg Platinová - Master liga



Zerg Diamantová - Grandmaster liga



Zerg Bronzová - Grandmaster liga

