

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Petr Bambušek

Agent pro hraní Texas Hold'em pokeru

Katedra softwarového inženýrství

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jan Blažek

Studijní program: Informatika

Studijní obor: Obecná informatika

Praha 2015

Poděkování patří mému vedoucímu Mgr. Janu Blažkovi za cenné rady a vedení práce a mým rodičům za nekonečnou podporu a pochopení při jejím psaní.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne

Petr Bambušek

Název práce: Agent pro hraní Texas Hold'em pokeru

Autor: Petr Bambušek

Katedra: Katedra softwarového inženýrství

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jan Blažek

Abstrakt: Cílem této práce je vytvořit agenta pro hraní Texas Hold'em pokeru, který bude snadno rozšiřitelný o nové vstupy, výstupy a herní strategie. Toto prezentujeme jednak na vstupu založeném na rozpoznávání obrazu klienta vybrané online poker herny, jednak na jednoduché herní strategii založené na expertním systému. Hlavní pracovní algoritmus agenta bude zapouzdřen v jediném objektu a spouštěn ve vedlejším vlákne. Toto umožní agenta snadno zakomponovat a řídit z jiných programů, ukázkový způsob ovládání a nastavení prezentujeme na jednoduché grafické aplikaci. Výsledný agent může dále sloužit jako nástroj pro testování a tvorbu nových herních strategií.

Klíčová slova: poker, umělá inteligence, rozpoznávání obrazu, expertní systém

Title: Agent for playing Texas Hold'em poker

Author: Petr Bambušek

Department: Department of Software Engineering

Supervisor: Mgr. Jan Blažek

Abstract: Main purpose of this thesis is to create agent for playing Texas Hold'em poker, which will be easily extensible by new inputs, outputs and game strategies. We present this firstly on input based on image recognition of client of chosen online poker site, secondly on simple game strategy based on expert system. Main working algorithm of agent will be encapsulated in single object and will run in separate thread. This will allow us to easily incorporate and manage agent from another programs, example way of managing and setting is presented on simple graphical application. The resulting agent can be further used as tool for testing and creation of new game strategies.

Keywords: poker, artificial intelligence, image recognition, expert system

Obsah

Úvod	1
1 Texas Hold'em Poker	3
1.1 Pravidla	3
1.1.1 Sázky	3
1.1.2 Průběh hry	4
1.1.3 Showdown	4
1.1.4 Druhy her	5
1.2 Výherní kombinace	5
1.3 Ukázková hra	6
1.4 Strategie v pokeru	7
1.5 Online poker	10
1.5.1 Zneužívání online poker heren	11
2 Analýza	13
2.1 Technologie a cílené platformy	13
2.2 Existující agenti a zdroje	13
2.3 Vstup z klienta online herny	15
2.4 Strategie	17
2.4.1 Ukázková strategie	18
2.5 Struktura agenta	23
3 Metodika	27
3.1 Agent	27
3.2 Expertní systém	30
3.3 Obrazový vstup	30
3.4 Grafické rozhraní pro obrazový vstup	34
3.5 Zhodnocení agenta v praxi	38

Závěr	40
Literatura	41
A Slovník pojmů	44
B Ukázka formátu herní historie z online herny PokerStars	48
C Indikátory expertní strategie	51

Úvod

Z pohledu informatiky bylo na hrách vždy něco přitažlivého a spousta významných osobností této vědy se v minulosti zabývala algoritmy pro šachy, piškvorky či jiné hry. Jedno z měřítek úspěšnosti vzniklých strategií jsou výsledky jejich soupeření s lidskými protivníky. Od dob prvních počítačů se spekulovalo o tom, kdy některý z nich porazí šachového velmistra, dokud se to nepodařilo v roce 1997 stroji Deep Blue v utkání s Garym Kasparovem. Poker se narozdíl od šachů řadí mezi nedeterministické hry (náhodně rozdávané karty) s neúplnou informací (neznámé karty protihráčů) a představuje tak mnohem větší výzvu. Je tedy přirozené, že je v současnosti poker a myšlenka počítačem řízeného pokerového hráče velmi populární.

Varianta pokeru zvaná Texas Hold'em je v současnosti nejrozšířenější karetní hrou, hranou denně statisíci hráči po celém světě a to převážně díky online poker hernám. Mezi nejvýznamější vědecké skupiny zabývající se Texas Hold'em pokerem z pohledu umělé inteligence patří Computer Poker Research Group (CPRG) na University of Alberta v Kanadě [1], která existuje a publikuje již dvě dekády. Největším úspěchem této skupiny z poslední doby je vyřešení *heads-up limit*¹ varianty Texas Hold'em pokeru [2], další, složitější varianty pokeru (zejména *no-limit* varianta a obecně pak hra více hráčů) však na podobný výsledek teprve čekají a jsou tak aktuálním námětem mnoha akademických prací.

Pohled na aktuální „state of the art“ (aktuální pokrok) v rámci umělé inteligence zabývající se pokerem nám může poskytnout Annual Computer Poker Competition (ACPC) [3], soutěž pokerových agentů v několika kategoriích, pořádaná jednou ročně od roku 2006. Vedle zde prezentovaných účastníků lze však předpokládat i existenci mnoha dalších agentů, jejichž autoři nestojí o publicitu, a to zejména díky aktuální rozšířenosti online pokeru. Existuje i spousta volně či komerčně dostupných agentů, jejichž cílem je přednostně automatizace hraní v rámci online poker heren. Tvorba takového agenta tedy není nikterak novou myšlenkou, jde ale o zajímavý technický a

¹V rámci této práce používáme bez překládání některé pokerové termíny tak, jak je běžně zvykem v české pokerové komunitě. Všechny tyto termíny jsou v textu označeny *kurzívou* a jejich vysvětlivky jsou přiloženy v Příloze A.

v případě rozhodování ve hře i teoretický problém, který jsme se rozhodli prozkoumat blíže.

Cílem této práce je vytvořit agenta pro kompletní zpracování jednotlivých her Texas Hold'em pokeru od vstupu až po výstup. Agent bude snadno rozšiřitelný o nové vstupy, výstupy a herní strategie. Jako ukázkou vytvoříme jednoduchou strategii založenou na expertních znalostech pokeru, která vyžaduje jen základní údaje o protihráčích. Z tohoto důvodu se omezíme na model sledující vždy pouze aktuální hru a případné rozšíření o modely protihráčů přenecháme jednotlivým strategiím. Dále vytvoříme ukázkový vstup založený na rozpoznávání dat ze snímků klientské aplikace online poker herny. Pro jeho nastavení a obsluhu vytvoříme jednoduchou grafickou aplikaci, která zároveň poslouží pro zobrazování výstupu z herní strategie. Tvorbu automatizovaného výstupu v této práci neřešíme, zejména s přihlédnutím k pravidlům většiny heren, kde je takovéto využití zakázané.

Kapitola 1

Texas Hold'em Poker

Texas Hold'em poker je aktuálně nejrozšířenější variantou pokerové hry. Hraje se jako všechny pokerové hry se standardním balíčkem 52 karet bez žolíků, počet hráčů se pohybuje mezi dvěma až deseti. Každému hráči jsou na začátku rozdány dvě skryté karty a další karty společné pro všechny hráče jsou rozdávány během hry. Texas Hold'em poker tak patří mezi hry s neúplnou informací a prvkem náhody. Jednotlivé akce hráčů spočívají v sázkách, pro pokračování ve hře musí hráč vždy alespoň dorovnat poslední nejvyšší sázku vloženou jiným hráčem, v opačném případě může složit svoje karty a ustoupit ze hry. Poslední hráč ve hře nebo hráč s nejlepší kombinací na konci hry potom získává ze sázek utvořený bank.

1.1 Pravidla

1.1.1 Sázky

Hold'em je hrán s použitím povinných sázek pro 2 hráče - tzv. *small* a *big blind* sázky. *Dealerem* v každém kole je hráč, od kterého se rozdávají karty, jeho pozice se značí tzv. *dealer buttonem*, zkráceně pouze *button* (přeneseně se tak potom i označuje hráč, který je *dealerem*). Pozice *dealera* (a tedy i *buttonu*) se posouvá po směru hodinových ručiček po každém kole. *Small blind* je vložen hráčem nalevo od *dealera*, jeho velikost je polovina minimální sázky, která je stanovena pevně pro konkrétní hru. *Big blind* je vložen hráčem nalevo od *small blindu*, jeho velikost je rovna minimální sázce. Pokud hrají pouze 2 hráči, aplikují se speciální „*heads-up*“ pravidla a *blindy* jsou vkládány jiným způsobem - *small blind* je vložen *dealerem*, zatímco jeho protihráč vkládá *big blind*.

Struktura sázek je vymezena konkrétní hold'em variantou, mezi tři nejběžnější

patří *limit*, *pot-limit* a *no-limit*. V *limit* hold'em variantě je velikost sázky a navýšení stanovena pevně, a to na velikost *big blindu* během prvních dvou kol sázek (*preflop* a *flop*), nebo na velikost dvou *big blindů* během posledních dvou kol (*turn* a *river*). *Pot limit* hold'em omezuje maximální velikost sázky na součet všech sázek uskutečněných všemi hráči od začátku hry. *No-limit* varianta hold'emu umožňuje hráči vsadit či navýšit libovolnou částku v rozmezí minimální sázky či navýšení až po všechny jeho žetony na stole (tzv. *all-in* sázka). Minimální navýšení je rovno velikosti předchozí sázky nebo navýšení. Pokud chce hráč znovu navýšit (*re-raise*), musí tak učinit alespoň o velikost předchozího navýšení.

1.1.2 Průběh hry

Hra začíná rozdáním dvou karet lícem dolů každému hráči, počínaje hráčem na *small blindu* a *dealerem* konče. Tyto karty, označované jako *pocket cards* nebo *hole cards*, zůstávají skryté a jsou případně odhaleny až při *showdownu*.

Následuje *preflop* kolo sázek, začínající hráčem nalevo od pozice *big blindu* a pokračující po směru hodinových ručiček. Kolo sázek pokračuje, dokud všichni hráči nesloží karty, nevsadí všechny své žetony, nebo nedorovnájí nejvyšší vsazenou částku. *Blind* sázky se přitom zahrnují do částky, kterou je potřeba dorovnat. Tedy pokud všichni hráči až k *big blindu* pouze dorovnájí, hráč na *big blindu* již nemusí vsázet nic, pokud všichni složí karty, je *big blind* navrácen hráči.

Pokud po *preflopu* zůstali alespoň dva hráči ve hře, rozdá dealer *flop* - tři společné karty lícem nahoru. Po *flopu* následuje druhé kolo sázek, které spolu s všemi dalšími začíná hráčem nalevo od *dealera*.

Po skončení kola sázek po *flopu* je rozdána další společná karta (tzv. *turn* nebo *fourth street*), následována třetím kolem sázek. Poté je rozdána poslední společná karta (tzv. *river* nebo *fifth street*), následována čtvrtým kolem sázek a případně *showdownem*.

1.1.3 Showdown

Pokud hráč vsadí a všichni ostatní hráči položí, je zbývajícimu hráči přidělen *pot* a nemusí ukazovat svoje *hole cards*. Pokud dva a více hráčů zůstanou ve hře po posledním kole sázek, nastává *showdown*. Při *showdownu* každý hráč drží nejlepší možnou kombinaci, kterou lze sestavit podle pravidel pokerových kombinací použitím libovolných pěti karet ze sedmi (pěti společných a dvou jeho *hole cards*). Vyhrává potom hráč s nejvyšší kombinací, kterému je přidělen *pot*. Pokud nejvyšší kombinaci

drží více hráčů, dělí se pot rovným dílem mezi ně.

1.1.4 Druhy her

Vedle zmíněných variant se poker dělí na 2 druhy her - *cash (ring) game* a turnaje. V *cash game* zůstává u daného stolu velikost sázek stále stejná, a hráčům je dovoleno připojit se nebo odejít kdykoliv mezi jednotlivými rozdáními. Žetony, které si přinášejí ke stolu přitom odpovídají svojí hodnotou přímo skutečným penězům.

Při turnajích je za vstupní poplatek hráčům rozdán na začátku stejný počet žetonů a hra u stolu (či stolů) pokračuje tak dlouho, dokud nezůstane několik posledních hráčů, nejčastěji pouze jeden. Výsledná výhra je potom podle předem daného schéma rozdělena mezi hráče podle jejich umístění. Na hráče je přitom během hry vyvíjen tlak zvyšováním velikosti *blindů*, a později i přidáváním nucených sázek pro všechny hráče, tzv. *ante*. Jednostolové turnaje se anglicky označují „Sit and Go“ (SnG), vícestolové „Multi-table tournaments“ (MTT).

1.2 Výherní kombinace

Výherní kombinace používané v Texas Hold'em jsou stejné jako ve všech variantách pokeru. Tvoří se z pěti karet a vyhrává hráč, který drží nejvyšší kombinaci. Síla kombinace spočívá v držení více stejných karet a v postupkách (*straight*) či barvách (*flush*) tvořených všemi kartami. Relativní uspořádání je potom dáno pravděpodobností utvoření takové kombinace z náhodně zamíchaného balíčku (viz. tabulka 1.1).

Karty jsou uspořádány od A (nejvyšší), K, Q, J, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 (nejnižší). Eso se může objevit také jako hodnota „1“ při tvorbě postupky A-2-3-4-5. Barva neovlivňuje hodnocení karet, pouze umožňuje tvořit *flush*. V kombinaci nezáleží na pořadí karet. Sestavení kombinace se řídí pravidly nezávisle na vůli hráče, a uvažuje se vždy pouze nejlepší možná.

Pokud dva nebo více hráčů drží stejný typ kombinace, řídí se jejich porovnání hodnotami jednotlivých karet ze kterých jsou složeny, a to od nejsilnější po nejslabší. Pokud dvě takové kombinace nelze takto odlišit, dochází mezi nimi k remíze a rovnocenné dělbě *potu*.

Název kombinace	Příklad					Pravděpodobnost
Royal flush	A♠	K♠	Q♠	J♠	10♠	0,0002%
Straight flush	Q♣	J♣	10♣	9♣	8♣	0,0014%
Four of a kind (quads, poker)	9♣	9♠	9♦	9♥	J♥	0,0240%
Full house	3♣	3♠	3♦	6♣	6♥	0,1441%
Flush	Q♣	10♣	7♣	6♣	4♣	0,1965%
Straight	Q♣	J♠	10♠	9♥	8♥	0,3925%
Three of kind (trips, set)	2♦	2♠	2♣	K♠	6♥	2,1128%
Two pair	J♥	J♣	4♣	4♠	9♥	4,7539%
One pair	4♥	4♠	K♠	10♦	5♠	42,2569%
High card	K♥	J♥	8♣	7♦	4♠	50,1177%

Tabulka 1.1: Pořadí jednotlivých výherních kombinací, založené na pravděpodobnosti jejich vytvoření z pěti karet. Vysvětlení jednotlivých kombinací je součástí slovníku v příloze A.

1.3 Ukázková hra

Následující ukázka je převyprávění průběhu jedné reálné *cash game* hry zaznamenané v rámci online poker herny PokerStars. Záznam je zapsán z pohledu třetí osoby, tj. karty jednotlivých hráčů jsou odhaleny až při *showdownu* (těch, kteří nesložily karty dříve). Zvolená hra prezentuje použití *all-in* pravidel a také některé méně časté aspekty hry, jako tvorba vedlejších banků (*side pot*) a jejich dělba mezi hráče. Originální záznam, tzv. „*hand history*“ je v příloze A, původní jména hráčů jsou zde i v příloze změněna.

Hra probíhá u stolu pro 9 hráčů s minimální sázkou 1\$, hráči jsou:

- Sedadlo 1: hráč Adam, 100\$ v žetonech
- Sedadlo 4: hráč Brian, 33,06\$ v žetonech
- Sedadlo 5: hráč Cyril, 90,20\$ v žetonech
- Sedadlo 6: hráč David, 51,88\$ v žetonech
- Sedadlo 7: hráč Eugene, 24,68\$ v žetonech
- Sedadlo 8: hráč Frank, 29,12\$ v žetonech
- Sedadlo 9: hráč George, 41,28\$ v žetonech

Adam je dealer, tedy Brian vkládá *small blind* 0,50\$, Cyril *big blind* 1\$ a hráčům jsou rozdány *hole cards*. Hra začíná u Davida, který může složit, dorovnat *big blind*,

nebo navýšit. David se rozhodne navýšit o 1,50\$ na 2,50\$. Eugene dorovná 2,50\$. Frank, George a Adam složí karty. Brian na *small blindu* dorovná 2\$. Cyril na *big blindu* složí. Tím končí *preflop* kolo.

Na *flopu* jsou rozdány společné karty $9\clubsuit, Q\heartsuit$ a $6\clubsuit$, ve hře pokračují Brian, David a Eugene a v *potu* je 8,50\$. Další kolo začíná u Briana, který čeká. David vsadí 5\$. Eugene a Brian dorovnají.

Na *turnu* je rozdána $T\clubsuit$ a výše potu je 23,50\$. Brian čeká. David vsadí 16\$, Eugene a Brian dorovnají.

Na *riveru* je rozdána $Q\diamond$ a v potu je 71,50\$. Brian se rozhodne vsadit *all-in* zbývajících 9,56\$. David navýší o zbytek svých žetonů na 28,38\$ a je také *all-in*. Eugenovi zbývá pouze 1,18\$ a rozhodne se pro dorovnání. Sázky v hlavním *potu* se vyrovnají pro všechny hráče na celkovou sumu 75,04\$, o tento *pot* hrají všichni hráči. Ze zbývajících sázek se vytvoří *side pot* o velikosti 16,76\$, o který hrají pouze Brian a David, protože Eugene neměl dostatek žetonů. Rozdíl mezi velikostí sázek Briana a Davida (18,82\$) není součástí banku a je navrácen Davidovi jako tzv. *uncalled bet*.

Na showdownu ukáže David karty $K\clubsuit A\clubsuit$ a drží *flush*. Brian ukáže $T\diamond 8\heartsuit$ a drží dva páry (dámy a desítky). David tedy vyhrává vedlejší *pot*. Eugene ukáže $Q\spadesuit T\spadesuit$, drží *full house* (dámy a desítky), a vyhrává tak hlavní *pot*.

1.4 Strategie v pokeru

Strategie je dle definice z teorie her kompletní algoritmus pro hraní dané hry, určující hráčovu akci pro každou možnou herní situaci. V pokeru nám tedy strategie určuje jednu z možností *fold*, *check*, *call*, *bet* nebo *raise*, přičemž jejich dostupnost vyplývá z aktuálního stavu hry. Z pohledu výsledku strategie můžeme akci *check* považovat za *call* sázky o velikosti 0. Stejně tak lze sjednotit akce *bet* a *raise*. Z pohledu pravidel je *bet* 1. sázka v rámci jednoho kola, a jakakoliv další se nazývá *raise*. Každé navýšení má samozřejmě dopad na další hráčovo rozhodnutí, z pohledu výsledku strategie jde však o stejné akce. Toto sjednocení nám usnadní nejen modelování rozhodnutí v rámci strategie, ale i např. zpracování vstupních dat. U varianty *fixed-limit* bychom si již s tímto vystačili, neboť výše sázky je v každé situaci určena pravidly. U *no-limit* je však velikost sázky dána rozhodnutím hráče a je často klíčovou součástí hráčovi strategie. Různá výše sázky ve stejné situaci může mít odlišný vliv na rozhodnutí protihráčů a měla by se tak odvíjet od našich dalších záměrů ve hře.

Pro porovnání jednotlivých strategií v pokeru potřebujeme nejdříve určit odpovídající měřítko jejich úspěšnosti. V klasických hrách, jako jsou šachy nebo piškvorky,

nám stačí zaměřit se pouze na samotný počet vyhraných her. V pokerových hrách všech variant a formátů je však hlavním cílem vyhrát peníze. Tento cíl se přitom nutně neshoduje s cílem vyhrát každou hru. Pokud v jedné hře vyhrájeme 1000 Kč, ale v pěti dalších ve snaze vyhrát prohrájeme dohromady 1500 Kč, budeme v součtu 500 Kč ve ztrátě. V ideálním případě tedy naše strategie bude maximalizovat výhry ve vyhraných hrách a naopak minimalizovat prohry ve hrách, kde držíme horší než nejlepší kombinaci.

Při hledání nejlepší strategie se můžeme inspirovat Základním teorémem pokeru tak, jak ho definoval David Sklansky ve své knize [4]:

„Pokaždé, když hrajete hru jinak, než byste ji hráli v případě, kdybyste viděli všechny karty protihráčů, profitují oni; a pokaždé, když ji hrajete stejným způsobem, jako kdybyste všechny jejich karty viděli, protihráči trápí. Naopak pokaždé, když protihráči hrají hru jinak, než by ji hráli se znalostí vašich karet, profitujete vy, a pokaždé, kdy ji hrají stejně jako by ji hráli, kdyby viděli vaše karty, trápíte vy.“

Pokud bychom tedy věděli přesně, jaké karty drží naši protihráči, můžeme zvolit nejlepší možnou strategii. Naopak zase chceme maskovat naše vlastní karty tak, abychom přinutili protihráče k chybnému úsudku a tím i k rozhodnutí, které můžeme využít v náš prospěch. V obou případech potřebujeme jisté znalosti o našich protihráčích, konkrétně tedy odhad s jakými kartami často hrají a jak budou reagovat na naše akce. Náš odhad protihráče vychází zejména z her, které jsme proti němu již odehráli, ale i z jeho reakcí, řeči těla, výrazů apod. U online pokeru může podobný význam hrát např. délka jeho rozmýšlení když přijde hráč na řadu. Spojením těchto znalostí a akcí, které jsme u hráče pozorovali v dosavadním průběhu hry, mu můžeme přisoudit držení určitých karet (či spíše skupiny karet), nebo opačně vyloučit karty, které nejspíše nedorozumí, protože by s nimi hrál jinak. Například, pokud víme, že hráč často dorovnává před *flopem* s kartami ve stejné barvě s možností, že utvoří *flush* po *flopu*, mezi společnými kartami se objeví tři či více stejné barvy a náš protihráč po předchozím dorovnání začne vsázet, lze předpokládat, že onu *flush* má. Stejně tak ale může z jeho strany jít o snahu nás zmást. Konkrétní úvaha vždy záleží na situaci, již odehraných hrách, zkušenosti našeho protihráče, stylu jeho hry a mnoha dalších faktorech. Umění odhadnout správně protihráčovu hru není tedy vůbec jednoduchým úkolem a je jedním z ukazatelů pokročilosti hráče. Strategii využívající chyb našich protihráčů potom nazýváme „exploativní“.¹

¹Anglicky *exploitive*, což lze přeložit jako „zneužívající“, pojmenování vychází z faktu, že stra-

Tato strategie se však opírá o fakt, že našeho protivníka známe či umíme odhadnout, a že činí chyby, kterých můžeme využít, nebo že ho k takové chybě umíme přinutit naší hrou, což nemusí být vždy pravdou. Pokud tedy čelíme neznámému nebo silnému protivníkovi, může být lepší zvolit strategii, která je „optimální“ ve smyslu teorie her, tedy strategii, která nečiní chyby a nedává tak prostor protihráči zneužít naši strategii proti nám. Pro pojmenování takové strategie se v teorii her používá termínu Nashova rovnovážná strategie, neboli Nashovo equilibrium, podle jejího autora Johna Forbese Nashe Jr.. Neformální definice říká, že „Nashovo equilibrium je v teorii her taková situace, kdy žádný z hráčů nemůže jednostrannou změnou zvolené strategie vylepšit svoji situaci“ [5]. Avšak hledání přesného Nashova equilibria ve složitých hrách, jako je např. poker, není snadným úkolem. Výjimku tvoří některé velmi speciální a zjednodušené situace, příkladem budiž *heads-up* hra, při které se hráč po rozdání karet rozhoduje pouze mezi dvěma možnostmi - *fold*, nebo *all-in* sázkou. Pro hledání equilibria v této situaci slouží např. kalkulátor na <http://www.holdemresources.net> [6]. Přesnost a teoretický základ této kalkulace jsme blíže nezkoumali, nicméně sami autoři uvádějí, že jde pouze o aproximace. Pro běžnou hru nejsou známy žádné prostředky, jakými by lidský hráč mohl jednoduše určit strategii alespoň blízkou Nashovo equilibriu. Zde mouhou lidské hráče předčít počítačem řízení agenti, kteří mohou využít k jejímu hledání dostupnou výpočetní sílu.

Obecně lze chápat „exploativní“ strategii jako ofenzivní, kdežto Nashovo equilibrium jako defenzivní. Nelze jednoznačně říci, který z těchto přístupů je lepší. Pro „exploativní“ strategii hovoří větší očekávaný výnos, na druhou stranu dává protihráči možnost obrátit ji proti nám. Nashovo equilibrium nedává protihráči prostor pro zneužití, ale zároveň nic nezískává z jeho chyb. Pokud se však zamyslíme nad jejich výhodami a nevýhodami, zjistíme, že se vzájemně doplňují - Nashovo equilibrium může posloužit jako výchozí strategie proti neznámému protihráči, kdežto „exploativní“ strategie uspěje při využívání jeho chyb, které odhalíme v průběhu společné hry. Správnou kombinací těchto přístupů bychom tedy mohli získat velmi silnou strategii. Blíže jednotlivé přístupy a možnosti jejich realizace rozebereme v další kapitole.

tegie profituje zneužíváním chyb protihráčů. V českých pokerových člancích se objevuje i přepis „exploitativní“.

1.5 Online poker

Online pokerem jsou myšleny hry odehrané prostřednictvím Internetu. Počátky online her hraných za reálné peníze se datují do konce devadesátých let, první hra byla odehrána 1. 1 1998 v herně Planet Poker [7]. Dnes existují desítky online heren, tzv. *poker site*. Tyto herny poskytují hráčům klientský software skrze který mohou vzájemně soupeřit s ostatními hráči. Nejčastější cílená platforma je MS Windows, větší herny poskytují i software pro Mac OS a Linuxové distribuce. V současnosti se objevují i klienti v podobě webových nebo mobilních aplikací. Některé online herny jsou nezávislé a vyvíjejí vlastní software, jiné využívají software třetích stran a sdružují se do tzv. „pokerových sítí“ (*poker networks*). Peníze jsou vkládány pomocí online plateb, hry jsou potom nabízeny v různých měnách, nejčastěji však v dolarech, eurech či britských librách.

Největší hernou podle objemu online hráčů je v současnosti herna PokerStars (<http://www.pokerstars.com/>), s přibližně 25000 hráči online ve špičce [8]. Příklady některých dalších heren jsou:

- Full Tilt (<http://www.fulltilt.com/>)
- 888poker (<http://www.888poker.com/>)
- PartyPoker (<http://www.partypoker.com/>)
- TitanPoker (iPoker network, <http://www.titanpoker.com/>)
- RedKings (onGame network, <https://poker.redkings.com/>)

Výhodou těchto virtuálních heren oproti reálným jsou minimální náklady na provoz - přidání nového stolu nestojí prakticky nic. Rozsah nabízených her je tak velmi velký - nejmenší *cash game* stoly začínají u minimálních sázek velikosti 2€ a pohybují se do výše stovek dolarů. Herny poskytují také jedno či více stolové turnaje, ale také i třeba tzv. satelitní turnaje, jejichž výherci získají vstup na velké živé turnaje jako je např. World Series of Poker (WSOP). V menším měřítku lze najít i jiné varianty pokeru než je Texas Hold'em. Vedle her za reálné peníze jsou nabízeny i hry s virtuálními penězi (*play money*) platnými pouze v rámci herny, bez žádné peněžní hodnoty. Tyto hry jsou vhodné pro seznámení se s prostředím pokeru, na druhou stranu absence skutečných peněz vede často k nezodpovědnému chování hráčů, velmi odlišnému od toho, které lze pozorovat při reálných hrách.

1.5.1 Zneužívání online poker heren

Online poker herny se stejně jako jiné peněžité hry nevyhnou přítomnosti různých podvodů ze strany hráčů. Možnosti podvádění v online hernách lze v zásadě rozdělit na 2 skupiny - na hráče hrající ve vzájemné shodě a na hráče získávající neférovou výhodu používáním pomocného software při hraní, případně využíváním chyby v softwaru.

Hraním ve vzájemné shodě je u pokeru myšleno sdílení informací, jako jsou hodnoty rozdaných karet nebo plánovaná strategie, mezi více hráči a následná kooperace při hře. Extrémním případem je potom ovládnutí více účtů v rámci jedné online herny jedním hráčem jedné herny současně.

Pomocného pokerového softwaru je více druhů. Některé jsou hernami tolerované, poskytující hráči např. statistiky o protihráčích na základě zaznamenaných her, které s nimi odehrál, nebo např. programy mapující klávesové zkratky pro různé velikosti sázek, ulehčující hraní na více stolech současně. Obecně zakázané jsou jednak programy, které automaticky ovládají klienta, např. pokládáním slabých startovních kombinací, jednak programy poskytující hráči rady během hry. Speciální skupinu pak jistě tvoří používání plně automatizovaných programů pro hraní bez účasti člověka, obecně označovaných jako „boti“.

Oba druhy popsaných podvodů jsou většinou heren zakázány v rámci podmínek použití klienta a tvrdě postihovány při odhalení. Negativní popularita spojená s rozšířeným podváděním a přítomností botů jistě není v zájmu žádné online herny či sítě. Online herny se proto často aktivně brání proti porušování stanovených podmínek. Základním prostředkem je určitě možnost zkoumat historii her odehraných libovolným hráčem v rámci herny a hledání podezřelých vzorců chování. Dále, instalováním klienta hráč často dává hernám souhlas ke sledování jeho systému, zejména pak kontrolování běžících procesů, instalovaných programů a souborů na discích, a to v rámci hledání a identifikace přítomnosti známého zakázaného softwaru. Ochrana v rámci klienta samotného pak zřejmě zahrnuje sledování, zda se jiný proces nesnaží číst informace z procesu klienta, zkoumání vzorů v pohybu ukazatele a pozic kliknutí v rámci klienta nebo zkoumání reakční doby hráče. Z online diskuzních fór lze vyčíst, že některé herny v rámci prokázání podezření např. zobrazují „captcha“ k vyřešení, případně neznatelně mění pozici některých vykreslovaných prvků jako jsou společné karty ve snaze zmást bota používajícího rozpoznávání obrazu.

Morální otázkou celé práce je tak použití výsledného agenta v reálném světě online pokeru. Na jedné straně je praktické nasazení skvělým způsobem jak vyhodnotit úspěšnost implementovaných strategií. Na druhou stranu je použití takového pro-

gramu zřejmou neférovou výhodou proti ostatním, lidským hráčům, a hlavně potom v případě kdy jde o skutečné peníze. Navíc je automatizované hraní často v přímém rozporu s podmínkami použití klientů většiny online heren. Proto nebylo v rámci této práce vytvořeno žádné automatické ovládání klientů pro online herny.

Kapitola 2

Analýza

V rámci této kapitoly přiblížíme problematiku spojenou s tvorbou agenta. Je třeba zkoumat hlavně vnější závislosti, které budou ve velké míře určovat výslednou podobu agenta. Z nich se pak zaměříme zejména na vstup z online klienta a možné přístupy ke strategiím.

2.1 Technologie a cílené platformy

Cílená platforma bude MS Windows, využití technologie programovací jazyk C# a .NET framework. Důvodem volby cílené platformy je existence převážné většiny klientů online heren pouze pro MS Windows. Zvolený programovací jazyk nám pak poskytuje dostatečné nástroje pro snadné modelování Texas Hold'em pokeru a spolu s .NET frameworkem zajišťuje přístup k systémovým funkcím, které využijeme při tvorbě vstupu i dalších částí agenta. Při tvorbě vstupů si chceme zároveň ponechat možnost vytvořit vstup, který pracuje přímo s procesem běžícího klienta online herny. Pro obrazový vstup nám však může snadno posloužit i obraz získaný z jiného systému, než na kterém poběží náš agent - např. obraz plochy virtuálního počítače. Požadavky na systém se shodují s požadavky klientů online heren a jsou vesměs minimální. Obrazový vstup může vyžadovat jisté speciální nastavení, které přiblížíme samostatně v další kapitole.

2.2 Existující agenti a zdroje

Z akademického světa známe převážně agenty vytvořené v rámci Computer Poker Research Group (CPRG) na University of Alberta, cílící jednak *fixed-limit* variantu

(Loki [9], Poki [10]) a v posledních letech i *no-limit* (Hyperborean [11]). Jejich nejnovějším příspěvkem je již zmiňovaný Cepheus, řešící *heads-up fixed-limit* variantu. Ačkoliv jde jistě o velký přínos v aplikaci umělé inteligence v rámci pokeru, sami autoři zmiňují dlouhodobě upadající zájem o *fixed-limit* variantu ve prospěch *no-limit* [12], a nelze tedy předpokládat, že by tento pokrok měl závažný dopad na existenci online pokeru. Obecně je akademický zájem o poker cílen převážně na stránku umělé inteligence a řešení pokeru ve smyslu teorie her. Podrobný rozbor těchto prací a jejich výsledků je nad rámec naší práce, v další části se zaměříme pouze na shrnutí aktuálních přístupů ke tvorbě a hledání strategií. Prací zabývajících se výhradně tvorbou agenta jako takového je méně, častěji takový agent vzniká jako praktický výsledek zkoumání zmíněných oblastí. Z těch praktičtějších prací se ukázala jako přínosná zejména diplomová práce Pavla Müllera [13], konkrétně jeho návrh rozpoznávacího systému byl inspirací pro návrh našeho obrazového vstupu z online klienta.

Vedle akademických prací lze nalézt spousty dalších zdrojů informací ohledně tvorby agenta podobného našim cílům. Velmi přínosnou se ukázala série článků „How I Built a Working Online Poker Bot“ napsaná Jamesem Devlinem a zveřejněná na jeho blogu www.codingthewheel.com. Tato série již není dostupná online, ale je možné najít archivovanou verzi skrze odpovídající služby [14]. Ve svých článcích se zaměřuje hlavně na strukturu poker bota a na získávání dat z klienta online heren. Zajímavý je jeho pohled na strategii agenta. Zatímco uznává přínos akademického výzkumu, preferuje použití strategie mnohem jednodušší, založené na sadě pravidel - tzv. expertní systém. Je třeba zmínit, že jeho cílem není nutně neporazitelný poker bot, ale bot profitující, tj. získávající peníze. Zásadní přínos proto mohou mít i různé bonusové programy ve formě peněžních odměn, kterými online herny odměňují často hrající hráče. Pro zisk potom stačí, aby bot nevyhrával ani neprohrával, ale aby odehrál dostatečné množství her pro kvalifikaci do těchto programů.

Dalším zdrojem je online diskuzní fórum www.poker-ai.org [15], zaměřené na rozbor tvorby botů a aplikací nejrůznějších přístupů ke tvorbě strategií. Zajímavé jsou příspěvky o zkušenostech jednotlivých uživatelů s reakcemi online heren na využívání poker botů, a popisy technik, které online herny využívají pro určení těchto hráčů. Dle názorů některých uživatelů je např. odhalení použití známých botů v herně PokerStars otázkou hodin a použití proprietárních otázkou dní. Lze usoudit, že efektivita prevence podvádění je u herny PokerStars vysoká, a bude lepší se této herně vyhnout při výběru herny pro testování vstupu z klienta.

2.3 Vstup z klienta online herny

Online herny neposkytují přímo žádné programové rozhraní pro extrakci dat z jejich klientů, přesto existuje řada programů, jež tato data získává. Existuje několik způsobů jak tohoto docílit, my zde rozebereme dva základní - interakce s procesem běžícího klienta a rozpoznávání dat v jeho snímcích.

Klientská aplikace online herny zobrazuje data získaná ze serveru online herny, tato data přitom musí existovat v rámci paměťového prostoru daného procesu. Tohoto faktu lze využít pro napsání vlastního krátkého programového kódu, který se k onomu procesu připojí a zpřístupní nám požadovaná data. Tato technika vkládání kódu do cizího procesu je standardním nástrojem poskytovaným operačními systémy v rámci jejich programového rozhraní. Ve Win32 API existuje několik různých způsobů jak toho dosáhnout, nejjednodušší z nich je zřejmě použití tzv. *Windows Hooks*. Detaily této techniky jsou nad rámec naší práce, podrobnější popis cílený na interakci s online klientem popisuje např. James Devlin ve svém článku [14]. Výhoda tohoto přístupu je zřejmá - získaná data jsou přesná, bez možného šumu vzniklého rozpoznáváním obrazu, a technická náročnost minimální. Velkou nevýhodou je však fakt, že tato technika působí obecně obousměrně - cílený proces si může být (a u online heren, které se aktivně zaměřují na potlačování podvádění, často bude) vědom této interakce. Jak již bylo zmíněno, online herny si většinou vyhrazují právo na obecné zkoumání uživatelského systému a klientská aplikace tak pravděpodobně automaticky uvědomuje online hernu na všechny podezřelé aktivity. Použití této techniky bude často definováno jako jednou z nich, a její zjištění může vést k dalšímu, cílenějšímu zkoumání ze strany online herny, i když se nejedná přímo o porušení podmínek použití.

Druhou možností získávání dat z klienta je snímání obrazů jeho vykresleného grafického rozhraní a následně se z těchto snímků snažit hledaná data „vyčíst“. Této technice se obecně říká rozpoznávání obrazu a spadá do odvětví počítačového vidění. Hlavní technické požadavky na takový vstup jsou jednak přesnost rozpoznávaných dat, jednak dostatečná rychlost jak při získávání snímků, tak při následné práci s nimi. V případě online klienta musí být přesnost rozpoznávaných dat stoprocentní, neboť i minimální odchylka bude mít vážné důsledky na další výpočet - v lepším případě budou data nevalidní a agent rozpozná chybu (např. velikost sázky hráče je větší než počet jeho žetonů), v horším případě budou validní a povedou na nerelevantní výsledky aplikované strategie (např. špatně rozpoznaná hodnota karty). Tuto potřebu by bylo pravděpodobně možné zmenšit kombinací dat z více různých vstupů

současně, takovýmto přístupem se však zde zabývat nebudeme.

Požadavek na rychlost také vyplývá ze zkoumání online klienta. Délka jedné hry v rámci online klienta trvá řádově minuty, doba na každou hráčovu akci je klientem omezena řádově na sekundy. Není předem jasné jaká frekvence snímání obrazu by byla dostatečná pro správně rozpoznávání, lze ale očekávat minimum několika snímků za sekundu. Stejně tak musí být následné zpracování snímků dostatečně rychlé, aby nedocházelo k vypršení časového limitu agenta. .NET framework poskytuje třídy na práci s obrazem, které jsou ale relativně vysokoúrovňové a zřejmě se tak nevyhneme potřebě použít prostředky na mnohem nižší úrovni, pracující přímo s pamětí a ukazateli.

Samotné požadavky na schopnosti rozpoznávacího algoritmu či algoritmů získáme jednoduchým zkoumáním klienta. Příklad jednoho stolu v rámci online herny je na obrázku 2.1. Většina grafických prvků včetně vykreslovaných textů je v rámci různých klientů dostatečně statická, mění se jejich umístění, ale vykreslená podoba zůstává až na drobné odchylky stejná. Vystačíme si tedy pouze s dvěma rozpoznávacími metodami:

- Přítomnost pixelu určité barvy - takto lze např. určit například pozici *dealer buttonu*, nebo rozhodnout zda daný hráč drží karty
- Podobnost získané části snímku s již předem uloženou - takto lze např. přiřadit hodnotu kartám nebo získat jména hráčů a počty žetonů

Použití těchto metod potom může být buď na konkrétní umístění ve snímku, nebo můžeme vyhledávat shodu v určité části snímku. Kombinace těchto pravidel by nám měla poskytnout dostatečné nástroje pro rozpoznávání obrazu libovolného online klienta.

Možné nevýhody rozpoznávání obrazu vyplývají již z daných potřeb jeho kvalit - dosažení požadované úrovně může být technicky značně náročné. I potom se nejspíše nevyhneme možným chybám v rozpoznávání, způsobených drobnými odchylkami v předpokladané podobě snímků.

Srovnáme-li oba přístupy, jeví se interakce s procesem jako vhodnější. Tento přístup zřejmě využívá většina dostupného pomocného softwaru. V případě zakázaného softwaru je však snadná zjistitelnost problém a pro našeho agenta by to znamenalo riziko nežádané pozornosti ze strany online herny. Přikloníme se tedy spíše k rozpoznávání obrazu.



Obrázek 2.1: Ukázka podoby stolu v rámci onliny herny (na obrázku jde o hernu 888poker).

2.4 Strategie

V této části zmíníme některé přístupy pro hledání agentovi strategie, pokrok v této oblasti určují převážně mnohé akademické práce na toto téma. Vyhodnocení absolutní úspěšnosti jednotlivých strategií není jednoduchý úkol. Jistým ukazatelem v tomto směru může být umístění agentů využívajících dané strategie v již zmiňované ACPC [3], zde jde však o relativní úspěšnost vůči jiným strategiím. Proto se nebudeme snažit o určení nejlepší strategie, zaměříme se pouze na jejich přiblížení.

Protože u pokeru neznáme karty našeho protivníka, je důležité mít dobrou představu o jeho strategii. Této představě obecně říkáme model oponenta a má dvě základní funkce - jednak přisuzovat hráči možné startovní kombinace na základě jeho akcí v dané hře, jednak předvídat jeho reakce dále ve hře. V ideálním případě by nám takový model poskytl jednu konkrétní startovní kombinaci, kterou daný hráč drží. V praxi je však takové určení často nereálné, a musíme se spokojit jen s přisouzením určité pravděpodobnosti každé kombinaci. Znalosti modelu vychází zejména z již odehraných her, ze kterých lze pozorovat jisté statistiky pro daného hráče, např. jak často dorovnává, jak často vsází apod. Modelování oponenta přibližuje např. Nolan Bard et al. [16]

Nejjednodušším typem strategie, který si lze představit, je strategie postavená pouze na pravidlech, tzv. expertní systém. Pravidla sestávají z podmínky či kombinace podmínek, které určují jistou herní situaci. Pokud ta nastane, odpovědí strategie je připravená akce. Jednotlivá pravidla vycházejí jednak ze znalostí hráčů, jednak ze znalostí matematicky správných rozhodnutí. Strategie je většinou statická, nepřizpůsobuje se situacím ve hře a nevyužívá žádné modelování oponenta. Její efektivita je obecně malá, má smysl převážně proti méně zkušeným hráčům, pro zkušenější je většinou snadno odhadnutelná.

Dalším přístupem je využití simulací a prohledávání herního stromu hry a na základě výsledku zvolení nejlepší možné akce. Úspěšnost strategie přitom stojí a padá na přesném modelování oponenta. Na začátku každé simulace je protihráčům přisouzena jedna konkrétní startovní kombinace, a to buď náhodně, nebo v lepším případě s ohledem na pravděpodobnost jejich držení. Zbytek hry je potom rozvíjen do herního stromu, kdy jednotlivé akce protihráčů určuje jejich model, společné karty jsou voleny náhodně a možné akce agenta jsou ohodnocovány zpětně podle velikosti předpokládané výhry. Protože herní strom běžné pokerové hry je značně rozsáhlý a v reálném nasazení není čas na reakci agenta neomezený, s výhodou se v pokeru uplatňuje metoda Monte Carlo, konkrétně v podobě Monte-Carlo tree search (MCTS) algoritmu. Blíže se tomuto tématu věnuje např. A.A.J van der Kleij ve své práci [17].

Posledním přístupem, který zde zmíníme, je hledání Nashova equilibria. Jak již bylo řečeno, nalezení přesného equilibria ve hře jakou je poker je značně obtížné, a častěji se tak hledá pouze aproximace, tzv. ϵ -Nashovo equilibrium, kde ϵ značí odchylku od equilibria přesného. Zároveň se pro její hledání využívají různé abstrakce od reálné hry. Není přitom jasné nakolik jsou tyto aproximace vzdálené od skutečného equilibria. Jedna z metod, která se pro hledání využívá, se nazývá Counterfactual Regret Minimization a její využití v pokeru rozebírá např. Johanson ve své práci [18].

Protože technické zpracování pokročilejší strategie je nad rámec této práce, zvolíme pro ukázkou tvorby strategie pro našeho agenta jednoduchý expertní systém postavený na sadě pouček a pravidel doporučených začátečnickým hráčům pokeru.

2.4.1 Ukázková strategie

Inspirací pro tuto nám strategii bude série článků publikovaná na stránkách PokerStrategy.com [19]. Strategie je určena pro *fullring* stoly, tj. stoly pro devět či

deset hráčů. Jde o velmi zjednodušený přístup ke hře, vhodný jako základ pro další rozvíjení a obohacování o pokročilejší přístupy. Je proto doporučovaný spíše začátečníkům, kteří se hrou teprve seznamují, proti pokročilejším hráčům by tato strategie byla zřejmě příliš předvídatelná a tak snadno porazitelná. Nicméně, pokud je dodržována důsledně, může přinášet úspěchy, zejména pak proti hráčům, kteří nemají strategii žádnou, což je obecně mezi začátečníky velmi časté.

Strategie samotná se rozděluje na dvě části - preflop a postflop.

Preflop strategie Počet startovních kombinací, které lze vytvořit ze dvou rozdaných karet, je relativně malý - konkrétně 1326. Před rozdáním společných karet však není rozdíl mezi dvojicemi stejné barvy, všechny mají stejnou pravděpodobnost zformovat *flush* po *flopu*. Tyto kombinace tak můžeme před *flopem* považovat za identické, stačí nám pouze rozlišovat jejich hodnoty a zda jsou stejné barvy (*suited*) nebo nejsou (*offsuited*). Tím dostáváme 169 různých startovních kombinací (viz. obrázek 2.2). Z tohoto důvodu lze snadno vyjmenovat rozhodnutí pro jednotlivé kombinace či skupiny kombinací zvlášť, a tedy odlišovat pravidla pro hru před *flopem* a pro hru po *flopu*.

Pro kombinace stejné hodnoty odlišující se pouze faktem zda jsou či nejsou v barvě platí, že mírně vyšší sílu má před *flopem* kombinace v barvě, a to díky větší pravděpodobnosti utvořit *flush*¹. Kombinace můžeme sdružovat do několika logických skupin, které lze dále zjemňovat podle relativní síly kombinací, přičemž toto dělení je už spíše subjektivní. Základní skupiny jsou:

- Páry (AA-22), dále děleny na vysoké (AA, KK), střední (QQ-TT) a nízké (99-22). Vysoké páry jsou jedny z nejsilnějších startovních kombinací a můžeme s nimi klidně vsázet *all-in* už před *flopem*. Síla středních a nízkých párů potom rychle klesá úměrně s jejich hodnotami a pokud se mezi společnými kartami objeví vyšší karta, můžeme se obávat že protivník utvoří pár vyšší. Jednou ze strategií jak hrát nižší páry je čekat na třetí kartu do trojice², utvoření takové kombinace je pro protivníka hůře čitelné ze společných karet a často tak vede k výhře.
- Esa s další kartou, dále děleny na vysoká esa (AK), střední (AQ-AT) a nízká (A9-A2). Vysoká esa jsou také jedny z nejsilnějších kombinací, nevýhodou proti

¹Pro zajímavost: Za nejslabší možnou startovní kombinaci se obecně považuje 72o, a to protože jde o nejmenší karty, které nelze využít zároveň v jedné postupce (*straight*).

²Takové trojici pak říkáme *set*, a strategii *set mining* (doslova „dolování setu“). Opačnému případu, tj. trojici tvořené jednou kartou hráče a párem společných karet se říká *trips*.

AA	AKs	AQs	AJs	ATs	A9s	A8s	A7s	A6s	A5s	A4s	A3s	A2s
AKo	KK	KQs	KJs	KTs	K9s	K8s	K7s	K6s	K5s	K4s	K3s	K2s
AQo	KQo	QQ	QJs	QTs	Q9s	Q8s	Q7s	Q6s	Q5s	Q4s	Q3s	Q2s
AJo	KJo	QJo	JJ	JTs	J9s	J8s	J7s	J6s	J5s	J4s	J3s	J2s
ATo	KTo	QTo	JTo	TT	T9s	T8s	T7s	T6s	T5s	T4s	T3s	T2s
A9o	K9o	Q9o	J9o	T9o	99	98s	97s	96s	95s	94s	93s	92s
A8o	K8o	Q8o	J8o	T8o	98o	88	87s	86s	85s	84s	83s	82s
A7o	K7o	Q7o	J7o	T7o	97o	87o	77	76s	75s	74s	73s	72s
A6o	K6o	Q6o	J6o	T6o	96o	86o	76o	66	65s	64s	63s	62s
A5o	K5o	Q5o	J5o	T5o	95o	85o	75o	65o	55	54s	53s	52s
A4o	K4o	Q4o	J4o	T4o	94o	84o	74o	64o	54o	44	43s	42s
A3o	K3o	Q3o	J3o	T3o	93o	83o	73o	63o	53o	43o	33	32s
A2o	K2o	Q2o	J2o	T2o	92o	82o	72o	62o	52o	42o	32o	22

Obrázek 2.2: Redukované startovní kombinace. Přípona „s“ označuje karty v barvě (*suited*), „o“ označuje karty různých barev (*offsuited*).

vysokým párům je ale fakt, že musí pár po *flopu* teprve utvořit. Střední esa jsou již slabší a hrají se obecně z pozdějších pozic (viz. dále). Nízká esa uvažujeme většinou pouze v barvě a to díky čekání na utvoření *flush* - taková *flush* bude potom díky esu nejvyšší možná.

- Kombinace figur, tj. karet K, Q, J a T, např. KQ nebo JT. Obdobně jako u středních es jde již o slabší kombinace hratelné z pozdějších pozic (viz. dále).
- *Suited connectors* (konektory), tj. dvě po sobě jdoucí karty v jedné barvě, např. T9s nebo 65s. Tyto kombinace se obecně hrají díky šanci utvořit postupku, případně nízkou *flush*.

Kromě startovní kombinace určuje naší *preflop* strategii několik dalších důležitých faktů. Mezi ty základní patří relativní pozice u stolu vůči ostatním hráčům a akce ostatních hráčů před nebo za mnou. V některých případech může hrát svojí roli i počet soupeřovo žetonů jako velikost potenciální výhry ve hře.

Pozice hráče u stolu je dána jeho vzdáleností od dealera a vyjadřuje pořadí, ve kterém hráči vykonávají akce v každém sázkovém kole. Jde o základní strategický koncept v pokerových hrách. Pokud jsme totiž prvním hráčem na řadě, je pro nás akce dalších hráčů neznámá, a značně to omezuje náš požadavek na výběr startovní kombinace. Pokud chceme z této pozice vstoupit do hry, musí být naše kombinace velmi silná, obecně tak jde pouze o několik nejlepších jako např. AA nebo KK. Naopak, pokud sedíme na pozici dealera, známe akce všech hráčů před námi a můžeme naše rozhodnutí upravit podle toho. Rozsah startovních kombinací, které chceme hrát, tak bude z této pozice největší.

Pozice se obecně dělí do čtyř skupin na *early*, *middle*, *late* a *blinds*. *Blinds* označuje *blindy*, tj. pozice dvou hráčů vlevo od *buttonu*, kteří vložili do hry *small* a *big blind*. Tato pozice je přítomna vždy. Přítomnost ostatních pozic se odvíjí od výchozího počtu hráčů u stolu při začátku hry. U *fullring* stolů platí, že *late* zahrnuje nejvýše dvě sedadla, *middle* tři a *early* také tři. Pozice se přiřazují od *buttonu* proti směru hodinových ručiček až k blindům, tj. poslední pozice je přiřazena hráči vlevo od *big blindu*. Tedy pokud u stolu sedí např. pouze sedm lidí, přiřadí se dvě *late* pozice, tři *middle*, dvě *blinds* a žádná *early*.

Akce ostatních hráčů před námi či po nás nám napoví o síle jejich startovních kombinací a pomůže odhadnout relativní sílu té naší. Sázkou lze chápat jako držení dostatečně silné kombinace pro hru z dané pozice. Obdobný význam potom mají navýšení nebo naopak pouze dorovnání *big blindu* či složení karet. Obecně, čím více hráčů již vsadilo, tím silnější karty potřebujeme pro vstup do hry my. Při jednom či

několika navýšení má pak smysl hrát pouze ty nejlepší kombinace, jako jsou AA či KK, neboť agrese ze strany protihráčů naznačuje držení obdobně silné kombinace

Speciálním pravidlem se řídí hraní středních a malých párů, tj. od TT až po 22. U nich lze využít strategii, již se říká *set mining*, neboli očekávání třetí karty do trojice na *flopu*, a při které pouze dorovnáваме případnou soupeřovo sázku. Abychom měli jistotu dostatečné velikosti případné výhry, zohledňujeme při tomto dorovnání počet protihráčovo žetonů.

Dohromady tak máme několik konečných množin hodnot, které sledujeme. Jednotlivé kombinace těchto hodnot nám určují jednotlivá pravidla a konkrétní rozhodnutí lze pak snadno vybrat z předem připravené tabulky, kterou jsme převzali z již zmíněných článků.

Postflop strategie Ve srovnání s preflopem jsou všechna následující kola a situace do kterých se v nich dostáváme mnohem složitější. Nelze tak již vyjmenovat jednoduše rozhodnutí pro všechny z nich. Zaměřujeme se tedy pouze na ty, ve kterých máme jasnou převahu. Naopak, pokud nedržíme po flopu žádnou výherní kombinaci nebo nemáme šanci na zlepšení další společnou kartou (např. čtyři karty do postupky apod.), raději volíme *fold*. V tomto duchu si připravujeme půdu volbou startovních kombinací již v *preflop* strategii. Naším cílem je vyhýbat se průměrným situacím, kde není zcela zřejmé jak si stojíme ve hře vůči soupeřům. Rozhodnutí v takové situaci je často nejednoznačné i pro lidské hráče, vyžaduje již mnohem větší cit pro hru a vyjádřit ho tak obecně jednoduchým pravidlem je náročné.

Pro učinění rozhodnutí je třeba prvně určit jakou výherní kombinaci držíme po flopu. Pro potřeby strategie dělíme možné kombinace na tři různé kategorie, a to *monster hands*, *draws* a *miss*. Za *monster hands* považujeme všechny výherní kombinace od dvou párů a více, tedy kombinace, které mají velkou šanci vyhrát. Kombinaci dva páry uvažujeme včetně, avšak pouze pokud je každý pár tvořen jinou *hole card*. Očividně mají dva páry tvořené jedním párem ze startovní kombinace a zpárovanými společnými mnohem menší sílu.

Draws jsou kombinace čtyř či případně tří karet, které nejsou ještě výherní, ale pokud je vhodně doplní další společná kartou, budou mít velkou šanci na výhru. Typickým příkladem jsou např. čtyři karty do postupky nebo čtyři karty do barvy. Důležitým hlediskem u těchto kombinací je počet neviděných karet, které je mohou vylepšit, tzv. *outs*.

Všechny ostatní kombinace spadají mezi *miss*. Obecně jde o situace, kdy se před flopem slibná startovní kombinace nijak nevylepšila rozdanými společnými kartami,

a nemá smysl pokračovat ve hře. Vyjímkou je situace, kdy se můžeme snažit proti jednomu či dvěma hráčům předstírat, že nám společné karty pomohly, vsazením tzv. *continuation bet*. Jde o „pokračující“ sázku, a má smysl pokud jsme vsázeli i před flopem - odtud její název. Účelem je přinutit protihráče složit karty, a pokud se tak nestane, v dalším sázení již nepokračujeme, často totiž z naší strany půjde o čistý blaf.

Naše *postflop* strategie tedy sestává ze tří základních pravidel:

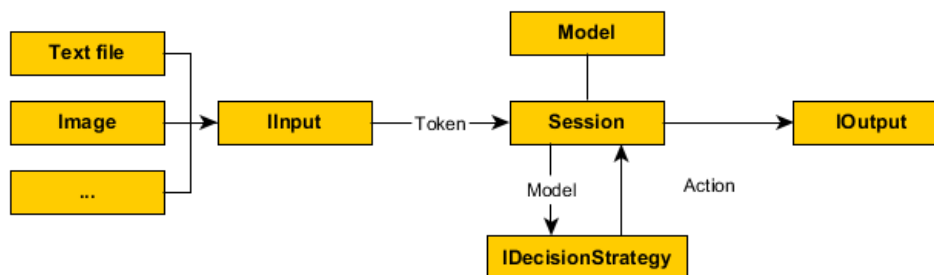
1. Pokud držíme *monster hand*, vsadíme nehledě na akce protivníků. Naším cílem je v ideálním případě jít *all-in*.
2. Pokud jsme byli preflop agresorem a hrajeme proti nejvýše dvěma protihráčům, vsadíme *continuation bet*.
3. Pokud držíme silnou *draw*, tj. *draw* s alespoň osmi *outy*, čekáme na možné zlepšení další společnou kartou. V případě sázky dorovnáваме pokud máme výhodné *pot odds*.

Jak je snadno vidět, jsou tato pravidla velmi jednoduchá a velmi zobecňují mnoho různých situací. Při reálném použití se pravděpodobně ukáže potřeba tyto pravidla dále zpřesňovat a zjemňovat pro další vybrané situace.

2.5 Struktura agenta

Základní požadavek na podobu agenta je struktura jeho kódu. Z kladených cílů a z výše uvedených zkoumaní vyplývá, že bude vhodné zvolit strukturu velmi modulární, kde jednotlivé části sdílejí pouze velmi malou či žádnou část kódu. Jejich interakce by měla vymezovat velmi „úzká“ rozhraní. Toto platí pak zejména pro jednotlivé vstupy, výstupy a strategie, které se co do povahy často velmi liší a v některých případech fungují tzv. jako černé schránky. Modularizovaná struktura nám také velmi usnadní samotný vývoj a testování agenta. Nelze si představit, že by např. vývoj modelu či strategie byl závislý na vstupních datech získávaných z online klienta. S tímto souvisí i možnost rozšiřovat agenta o nové vstupy, výstupy či strategie bez zásahu do ostatních částí programu.

Logicky se tak dostáváme k rozdělení na tři základní části - vstup, výstup a jádro, viz. diagram na obrázku 2.3. Úloha vstupu a výstupu odpovídá jejich pojmenování. Jádro bude část zodpovědná za samotný proces výpočtu. Bude jí také připadat zodpovědnost udržovat model aktuální hry a předávat tento model v odpovídajících



Obrázek 2.3: Logické rozdělení agenta na jednotlivé komponenty.

situacích k analýze strategií. Požadavky na jednotlivé části rozebereme podrobněji dále.

V rámci online klienta je běžnou praktikou hráčů hrát na více stolech současně, tzv. *multitabling*. Dalším požadavkem na agenta je tedy možnost mít více instancí sledujících různé stoly v rámci jednoho programu, tedy požadavek na podporu více vláken, kdy jednotlivé výpočty bude možné spustit ve vedlejších vláknech, aby tak neblokovaly ovládání agenta. Jako nejsnadnější řešení se jeví sdružovat všechny struktury potřebné pro výpočet v rámci jednoho ústředního objektu, který potom spolu s algoritmem výpočtu bude reprezentovat jednu danou instanci. Spouštění vedlejšího vlákna pak lze zapouzdřit v rámci tohoto objektu a zpřístupnit skrze jeho veřejné rozhraní. Je třeba přitom pamatovat na to, že jednotlivé instance nesmí využívat sdílené struktury.

Vstup Tato část bude tvořit rozhraní mezi různorodými vstupními daty z různých typů vstupů a jejich další reprezentací v rámci agenta. Potřebujeme tedy vytvořit vhodnou abstrakci pro tato data, která nebude příliš komplikovaná a zároveň dostatečně expresivní pro všechny vytvořené i jakékoli budoucí vstupy. Příkladem vstupů jsou již zmíněný vstup z online klienta, dalším je např. výše popsaný soubor herní historie. Tento nám může posloužit i jako vhodná inspirace pro podobu hledané abstrakce, neboť víme že tyto záznamy kompletně popisují průběh libovolné hry.

Úlohou konkrétního vstupu pak bude zajistit překlad vstupních dat na tuto abstrakci. V závislosti na typu vstupu může potom být tento překlad bezstavový, nebo stavový, závislý na aktuálním kontextu, tj. stavu hry. V případě jednoduchého vstupu, jakým je např. zmíněný vstup z herní historie, si zřejmě vystačíme s přímým překladem zpracovávajícím vstupní soubor řádek po řádku. U obrazového vstupu z online klienta bude zřejmě potřeba znát kontext pro odvození nových dat z aktuálního snímku porovnáním s již získanými. Tvorba a udržování takového kontextu

bude přitom záležitostí implementace daného vstupu.

Výstup Za výstup budeme považovat vše, co bude skrze vytvořené rozhraní přijímat výsledek analýzy modelu použitou strategií. Typickým příkladem výstupu by mohlo být automatizované ovládání online herního klienta, tímto typem výstupu se však z již zmíněných důvodů zabývat nebudeme. Jiným příkladem může být např. vypsání výsledku do konzole nebo jeho zobrazení uživateli jako nápověda.

Jádro Ústředním prvkem jádra bude samotný model pokerové hry. Cílem udržovaného modelu bude poskytnout dostatečně podrobný přehled o aktuálním stavu hry použité strategie. To zahrnuje informace o jednotlivých hráčích, jejich pozice u stolu, počty žetonů, společné karty, velikost banku atd. Nepostradatelný pro některé strategie může být i dosavadní průběh hry, tj. sekvence akcí jednotlivých hráčů v jednotlivých kolech v pořadí v jakém byly vykonány. Pro jednoduchost budeme chtít model jako otevřenou strukturu, prostou kontrol korektnosti přenášených dat. Tuto kontrolu provedeme pouze při příjmu vstupních dat, a dále budeme předpokládat, že data v modelu jsou v korektním stavu.

Model budeme vytvářet vždy znovu pro každou novou hru, mezi jednotlivými hrami žádná data přenášet nebudeme. Toto může ztížit tvorbu některých strategií, zejména těch, které by chtěly pracovat s historií již odehraných her proti jiným hráčům. Tento přístup však považujeme za dobrý, neboť nám umožní se vyhnout složité synchronizaci a usnadní podporu více vláken. Pro dané strategie bude vhodnější spolehnout se na externí službu, jako vhodná se jeví např. samostatná databáze, která zároveň řeší i persistenci dat mezi sezeními.

Dalším úkolem jádra bude definice a řízení samotného výpočtu. Při jeho návrhu se budeme snažit dodržet princip pohybu dat pouze jedním směrem, tj. pouze ze vstupu do jádra a z jádra k výstupu. Takovýto jednotný způsob zpracování značně zjednoduší celkový návrh agenta. Pro vstup to tak znamená, že i např. akce agenta provedená v rámci online klienta bude zpracována stejným způsobem jako akce ostatních hráčů. Nevýhodou tohoto oddělení však může být vznik částečné duplikace dat při potřebě kontextových dat ve vstupu, neboť tento kontext by mohl poskytovat i model. Případným řešením by bylo částečné zpřístupnění dat v modelu vstupům.

Poslední součástí jádra budou samotné strategie. Jejich úkolem bude přijímat v daném momentě aktuální model hry a vracet rozhodnutí v podobě některé z možných pokerových akcí hráče. Jak takového rozhodnutí strategie dosáhne pro nás není důležité, z pohledu jádra bude strategie fungovat víceméně jako „černá skříňka“. Roz-

hraní mezi jádrem a strategiemi bude tedy velmi jednoduché, což nám na oplátku umožní velkou různorodost při jejich tvorbě.

Propojením všech komponent získáme základ pro samotnou instanci výpočtu. Pro jednu takovou instanci budeme uvažovat právě jeden vstup a jednu strategii, výstupů může být více současně. Výstup může být i dobrovolný, i když nepoužit žádný v praxi postrádá význam. Vstup, strategie a výstupy budou součástí počátečního nastavení instance. Ostatní komponenty, jako např. model, budou statické a známé předem.

Kapitola 3

Metodika

V této kapitole se zaměříme na konkrétní postupy použité při tvorbě agenta.

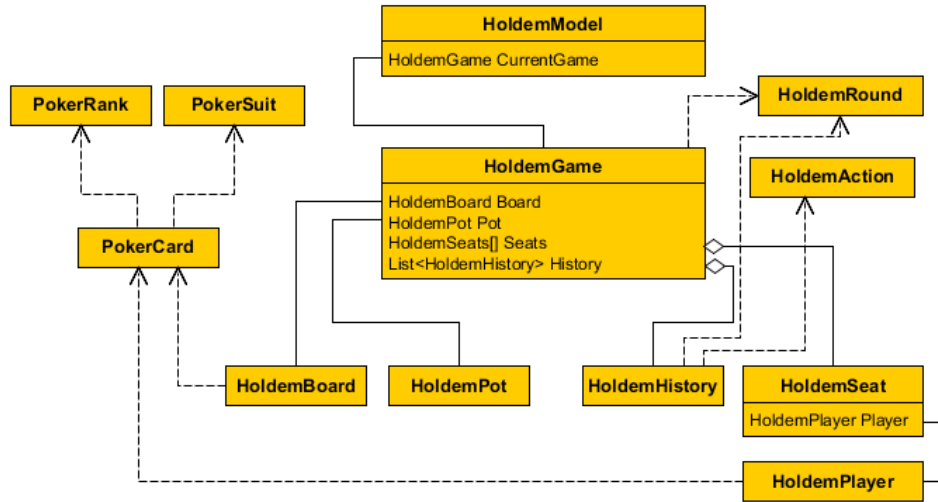
3.1 Agent

Vytvořený agent byl pojmenován Umi. Dělení projektu odpovídá navrženému logickému rozdělení. Konkrétní implementace vstupů a strategií jsou vyděleny z hlavního projektu do samostatných kvůli jejich možným závislostem na externích knihovnách.

Při hledání vhodné abstrakce pro vstupní data jsme se inspirovali technikou využívanou např. v překladačích programovacích jazyků - tzv. lexikální analýzou. Při ní jsou vstupní data převedena na předem danou konečnou sadu tokenů, s nimiž lze dále pracovat jednotným způsobem nezávisle na výchozí podobě vstupních dat. Pro poker lze jednotlivé tokeny rozdělit do tří skupin, a to na tokeny reprezentující akce hráčů, informující o změně stavu hry nebo nesoucí metainformace o hře. Příkladem je třeba „Hráč H navýšil na částku C“ nebo „Na riveru byla rozdána karta K“. Speciální případ tvoří `ActionRequestedToken`, který signalizuje požadavek na akci agenta. Přijmutí tohoto tokenu vyvolá analýzu aktuálního modelu strategií a následně předání jejího výsledku výstupům. Definované tokeny jsou dostatečné pro zpracování vstupu z jakékoliv *no-limit cash game* a jsou součástí definice rozhraní pro vstupy agenta. Podrobnější popis všech typů definovaných tokenů je součástí dokumentace.

Při určení sady tokenů nám pomohly již zmiňované soubory herní historie. Pro potřebu jejich testování jsme vytvořili vstup zpracovávající tyto soubory. Protože každá online herna používá svůj vlastní formát pro herní historii, je definice překladu z konkrétního formátu na tokeny parametrem tohoto vstupu. Pro naši potřebu jsme vytvořili pouze jednu takovou definici, a to konkrétně pro formát herny PokerStars.

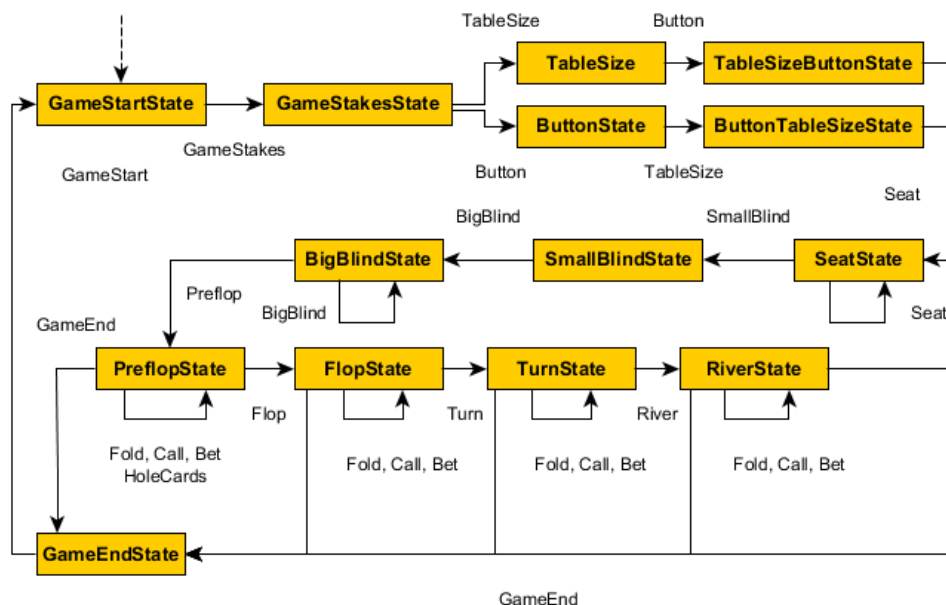
Pro sestavení modelu jsme využili kompozice několika tříd. Každá z nich odpo-



Obrázek 3.1: Struktura tříd tvořících model pokerové hry a jejich závislosti.

vidá některé z herních entit - např. hráčům, banku, společným kartám atd., jejich vzájemné závislosti demonstruje diagram na obrázku 3.1. Cílem existence modelu je poskytnout dostatečné informace o aktuálním stavu hry strategii. Proto jsme mohli při tvorbě modelu vypustit některé aspekty hry, které se nevztahují k analýze strategií - konkrétně *showdown* a vedlejší *poty*. Při *showdownu* hráči ukazují svoje karty a vítěz je určen podle pravidel bez jejich dalšího přičinění, určení vítěze je tedy pro agenta nepodstatné. Pokud bychom chtěli vítěze znát (např. pro zpětnou vazbu při modelování protihráče v rámci strategie), lze tento údaj snadno získat ze souboru herní historie, kam je záznam zapsán hned po skončení dané hry. Vedlejší *pot* vzniká, pokud některý z hráčů vsadí *all-in* a alespoň dva hráči s větším počtem žetonů než *all-in* hráč se rozhodnou pokračovat. Velikost potu může mít vliv na hráčovo rozhodnutí, avšak pokud je agent *all-in*, žádné další akce ve hře vykonat nemůže. Naopak, pokud je agent stále ve hře, zajímá ho vždy celková velikost všech potů dohromady, nemusíme se tedy starat o jejich dělení.

Ve snaze poskytnout všem možným strategiím jednoduchý přístup k potřebným datům byly modelové třídy vytvořeny jako jednoduché, otevřené struktury bez vnitřní kontroly dat. V rámci modelu předpokládáme, že všechna data jsou validní. Stejně tak strategii poskytujeme model tak jak je, s plným přístupem k datům modelu a nepředpokládáme, že by strategie modelová data měnila. Validaci vstupních dat provádíme pro každý načtený token zvlášť při jeho přečtení ze vstupu předtím, než jím nesená data aplikujeme na model. V případě jakékoliv chyby dojde k vyvolání výjimky, a tím i k pozastavení výpočtu dané instance. Samotné validace provádíme



Obrázek 3.2: Stavy automatu kontrolujícího pořadí přijímaných tokenů a přechody mezi nimi.

dvojeho druhu - syntaktickou, tj. na správnost pořadí přijímaných tokenů, a následně validaci na přenášené hodnoty ve vztahu k aktuálním hodnotám v modelu.

Při syntaktické validaci zkoumáme pouze typy přijímaných tokenů. Záleží nám přitom na tom, aby pořadí ve kterém tokeny přichází ze vstupu odpovídalo pravidlům Texas Hold'em pokeru. Kontrolu provádíme pomocí stavového automatu, jeho abecedu tvoří jednotlivé typy tokenů, přechody mezi těmito stavy potom očekávané pořadí. Tyto souvislosti zobrazuje diagram na obrázku 3.2. Hlavní význam této validace se projeví při tvorbě nového vstupu, kdy pomáhá odhalit chyby při generování tokenů ze vstupních dat. U odladěného vstupu již takovéto chyby neočekáváme.

Druhým typem validace je kontrola hodnot přenášených tokeny, po níž již dojde k aktualizaci modelu. Kontroly se zaměřují převážně na rozsahy hodnot - za špatné tak považujeme např. záporné velikosti sázek, neodpovídající velikost nové sázky ve vztahu k předchozí, velikosti blindů neodpovídající velikostem stanoveným hrou atd. Speciálním případem je velikost sázky větší než zbývající počet hráčovo žetonů. K této chybě docházelo hlavně při spojení s obrazovým vstupem, kdy hráči často chyběla v důsledku špatného rozpoznání částka o velikosti jednoho big blindu. Proto jsme se pro jednoduchost rozhodli místo vyvolání výjimky provést autokorekci počtu hráčovo žetonů, a chybu samotnou pouze zalogovat s odpovídající důležitostí.

Důležitou součástí strategií může být v některých opakovaných situacích čas od času zvolit jinou akci než obvykle - např. namísto dorovnání občas navýšíme apod. Důvodem je přidání prvku náhodnosti do naší strategie a v důsledku tak stížit pochopení zvolené strategie našim protihráčům. Proto jsme definovali výsledek strategie jako distribuci pravděpodobnosti mezi jednotlivé akce *fold*, *call* a *bet*. V případě sázky dále stanovíme také horní a dolní rozsah požadované velikosti sázky. Konkrétní akce, resp. velikost, je potom určena z této distribuce, resp. intervalu, podle vygenerovaného náhodného čísla. Pokud tedy chceme ve výsledku určit jednoznačnou akci, zvolíme pro ní jednoduše stoprocentní pravděpodobnost a zároveň nulovou pro zbylé akce. Obdobně lze určit konkrétní velikost sázky zvolením stejných hodnot pro její horní a dolní rozsah.

3.2 Expertní systém

Expertní systém je rozdělen na dvě části - *preflop* a *postflop*. Obě pro svoje rozhodnutí využívají odlišné indikátory odvozené z informací obsažených v poskytnutém modelu. Jejich možné hodnoty jsou základem pro definice podmínek jednotlivých pravidel. Konkrétní nabývané hodnoty se zapisují do popisu rozhodnutí strategie. Ten lze potom zobrazit uživateli pro lepší pochopení rozhodnutí samotného tak, jak činí třeba grafické rozhraní pro obrazový vstup popsané dále.

Preflop část se zaměřuje zejména na startovní kombinaci, dále potom na naši pozici u stolu a obecně na pozorované akce protihráčů - zda všichni položili, někdo dorovnal apod. Pro postflop je potom důležité určit jakou výherní kombinaci držíme, případně kolik *outů* máme na její vylepšení. Pro toto využíváme funkci externí knihovny HandEvaluator vytvořené Keithem Rulem [20]. Další indikátory jsou potom velmi specifické pro konkrétní pravidla, jde např. o počet protihráčů, konkrétní sázkové kolo, zda jsme poslední hráč na řadě apod. Kompletní výčet jednotlivých indikátorů spolu s jejich vysvětlením je součástí přílohy C.

3.3 Obrazový vstup

V předchozí kapitole jsme zmínili několik zásadních požadavků na funkcionalitu obrazového vstupu. Všechny tyto požadavky pro nás vyřešila externí knihovna Image-Recognizer, jež je včetně dokumentace přiložena ke zdrojovému kódu. Obraz z klienta (či jiného programu) lze snadno získat pomocí Win32 API se znalostí jeho Window Handle. Pro jeho další zpracování používá speciální třídu, která kopíruje obrazová

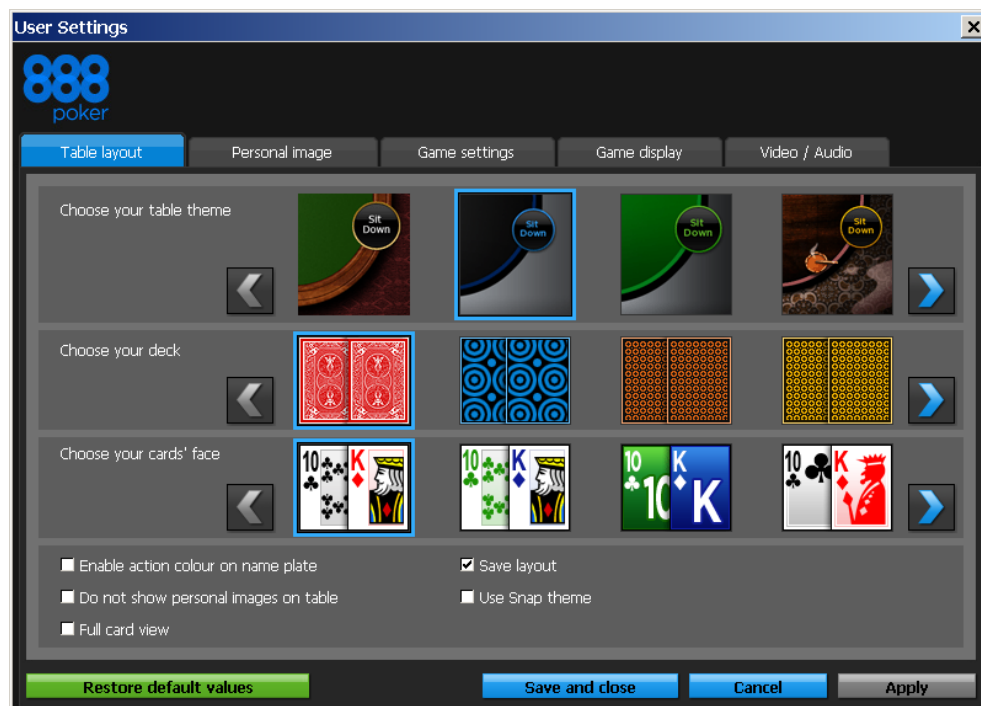


Obrázek 3.3: Ukázka aplikace pro tvorbu rozpoznávacích profilů ProfileBuilder

data na heap a udržuje si ukazatel na ně. Všechny operace na těchto datech, jako je kopírování, ořezávání, ale i třeba prahování, využívají rozsáhle ukazatelovou aritmetiku, a pro porovnávání různých obrazů potom slouží nízkoúrovňové funkce pro přímé srovnávání částí paměti. Pro běžné velikosti obrazů tak tyto operace snadno dosahují rychlostí v řádech milisekund.

Pro samotné rozpoznávání nám knihovna umožňuje vytvořit soubor předem připravených pravidel, tzv. profil. Tyto pravidla sestávají z kombinace definice podmínky a pozic. Definice podmínky nám určuje hledané hodnoty v obrazu a použijeme dva typy - barvu pixelu nebo konkrétní fragment obrazu. Hledání barvy pixelu vede na booleovskou hodnotu podle přítomnosti či nepřítomnosti. Fragmentům obrazu předem přiřadujeme řetězcové hodnoty, což nám umožňuje rozpoznávat hlavně písmena a číslice. Soubor pozic spojený s podmínkou potom určuje oblasti v rámci obrazu, kde chceme danou podmínku testovat. Tato struktura pravidel zohledňuje fakt, že např. v rámci online klienta je většina textů vykreslena stejným typem fontu, ale na různých místech. Pro tvorbu profilů využíváme jednoduchý grafický nástroj ProfileBuilder (viz. obrázek 3.3), který je součástí knihovny. Podrobnosti o jeho použití a tvorbě profilů lze nalézt dokumentaci knihovny. Hotový profil se pro další použití zkompiluje do .NET assembly, z definovaných pravidel se stanou metody a z pozic jejich parametry, přičemž pro pozice každého pravidla jsou definovány vlastní typy. Celý proces rozpoznávání tak potom může těžit ze silné typovosti.

Ze zmíněných heren jsme pro tvorbu ukázkového profilu zvolili hernu 888poker.



Obrázek 3.4: Nastavení klienta online herny 888poker pro rozpoznávání ukázkovým profilem. Potřebné nastavení prvků je zvýrazněno modrým okrajem.

Protože obrazový vstup může fungovat jen pokud má získávaný obraz přesně takovou podobu, jakou očekáváme, je potřeba dodržet určité nastavení klienta a systému, na kterém běží. Konkrétně jsme použili toto nastavení:

- Použitý systém byl MS Windows 7 s nastaveným vzhledem Windows Classic (použití jiného tématu či obdobného tématu na jiné verzi MS Windows může vést na jinou šířku okraje oken).
- Pro přesné vykreslování fontů bylo vypnuto jejich vyhlazování - v MS Windows jde o technologii ClearType.
- Rozměry okna otevřeného stolu byly přesně 640x468 pixelů včetně okrajů okna (tato velikost umožňuje na monitor s rozlišením 1920x1080 umístit až 6 oken stolů bez překrývání).
- Profil byl vytvořen pro stoly s přesně 10 hráči a pouze pro *play money* hry.
- Vybraný vzhled stolu a líců a rubů karet je vidět na obrázku 3.4. Zároveň je třeba vypnout všechny animace herních akcí.

Jak lze vidět, jde o poměrně přísný seznam nastavení, u kterých sebemenší odchylka znemožní správné fungování profilu. Toto ukázalo jako hlavní nedostatek obrazového rozpoznávání, který však vychází z jeho samotné podstaty a nelze tedy očekávat žádné velké zlepšení další prací. Další problém způsobují poměrně skoupé možnosti tvorby profilů v aktuální verzi použité knihovny. Profily jsou ukládány v binární podobě a nenabízejí žádné možnosti kopírování pravidel a pouze minimální možnosti editace již vytvořených pravidel, což nám ztěžuje např. odvození profilu pro jinou velikost stolu ve stejné herně.

Pro běh rozpoznávacího algoritmu je potřeba udržovat kontextové informace o aktuální hře. Tento kontext slouží v mnoha případech, např. pro zkoumání akcí jednotlivých hráčů, neboť nemá smysl rozpoznávat akce pro hráče, kteří již složili karty. Obecně bychom bez tohoto kontextu nevěděli na co se dotazovat v aktuálně zkoumaném snímku.

Při zkoumání jednotlivých obrazů získaných z klienta zjistíme, že ne všechny herní akce jsou vždy vykresleny. Typickým příkladem je přechod mezi sázkovými koly, kdy dojde k přeskočení vykreslení akce jednoho či dvou posledních hráčů, přičemž ale jejich akce vyplývají pro lidského pozorovatele z kontextu hry jednoduchou úvahou - pokud hráč nesložil karty, pokračuje ve hře, a protože skončilo kolo sázek, muselo jeho akcí být *call*. Toto nás dále vede na určení klíčových snímků, které potřebujeme získat při rozpoznávání. Konkrétně po rozpoznání akce jednoho hráče je další významný snímek na kterém je daný hráč znovu na řadě, snímek začátku dalšího kola, nebo snímek na kterém je na řadě náš agent. Průběh hry mezi těmito snímky lze snadno rozpoznat na základě zmíněných úvah. Hledání správné frekvence pro získání těchto snímků nám ukázalo, že jeden snímek za sekundu by měl být více než dostačující. Při pořizování se jednotlivé snímky ukládají do fronty a rozpoznávací algoritmus si vyžádá nový snímek až když z aktuálně načteného nemůže získat potřebnou informaci. Pokud je fronta prázdná, vlákno rozpoznávacího algoritmu se zablokuje, a je znovu probuzeno s pořizováním dalšího snímku. Toto vlákno je přitom odlišné od vlákna hlavního výpočtu.

Rozpoznávací algoritmus samotný vznikl převážně experimentováním, testováním různých úvah a vylepšováním pomocí dat získaných během reálného použití. Hlavní obavou bylo, že ačkoli si je většina online klientů velice podobná, jejich drobné rozdíly povedou na potřebu mít speciální verzi algoritmu pro každý z nich zvlášť. Proto jsme určili konečnou množinu informací, která nás v rámci obrazu klienta zajímá a která se zdá dostatečná pro práci rozpoznávacího algoritmu. Pro propojení s konkrétním profilem je potom definováno mapování těchto informací na informace

získávané samotným rozpoznáváním dle daného profilu, které může a nemusí být jedna ku jedné. Při použití s ukázkovým profilem pro 888poker hernu se zdá jít o dobré řešení, nicméně jeho univerzálnost by bylo potřeba potvrdit vytvořením profilů i pro další online herny.

3.4 Grafické rozhraní pro obrazový vstup

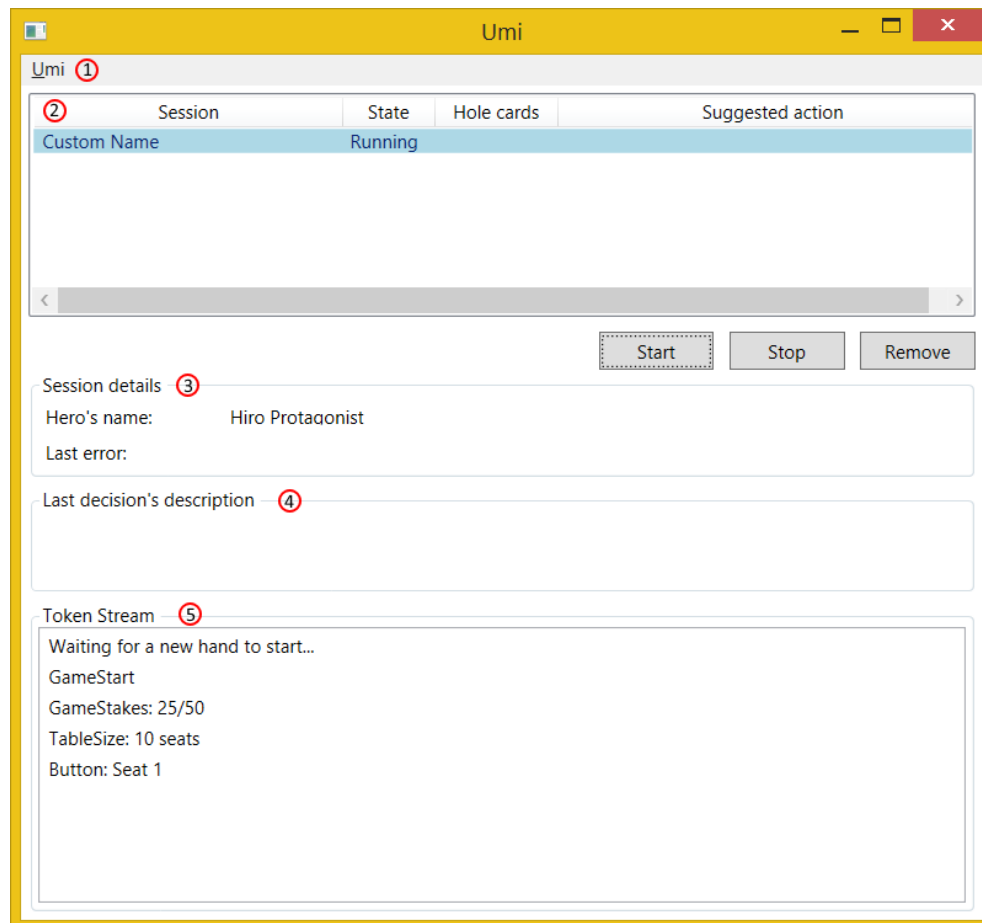
Agent samotný je vytvořen bez konkrétního ovládacího programu, omezuje se pouze na algoritmus spuštění, řízení a zastavení výpočtu. Tento fakt umožňuje obsluhovat agenta z libovolného programu, který umí vytvořit a nastavit potřebný vstup, výstup a strategii a inicializovat s nimi novou instanci. Může jít o grafickou aplikaci, ale i např. konzolový program nebo třeba program řízený přes síť z jiného systému. Od těchto programů lze očekávat potřebu zobrazovat určité informace o konkrétní instanci. Proto jsme rozšířili objekt instance o strukturu uchováající informace o jménu hráče, jeho kartách, posledním rozhodnutím strategie, poslední chybě při výpočtu apod.

Pro naše potřeby jsme vytvořili grafickou aplikaci omezenou pouze na obrazový vstup z online klienta. Hlavní a vesměs jedinou její funkcí je možnost vytvořit, nastavit a řídit jednotlivé instance výpočtu, nazvané „session“ (sezení). O spuštěné instanci lze potom sledovat potřebné informace, včetně případného rozhodnutí strategie.

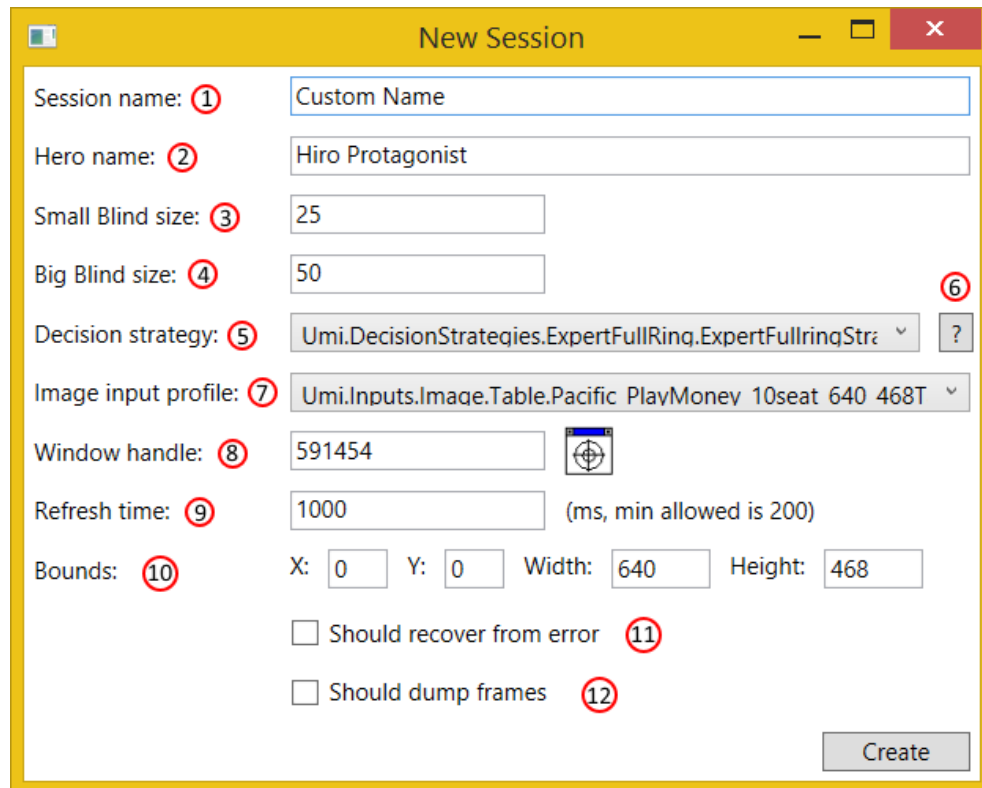
Aplikace sestává pouze ze dvou oken - hlavního okna a okna pro nastavení nové instance. Hlavní okno je zobrazeno na obrázku 3.5. Jednotlivé části okna (na obrázku označené čísly) přiblížíme podrobněji:

1. Příkazové menu, které obsahuje volby pro ukončení aplikace a pro otevření okna pro nastavení nové instance (popsané dále).
2. Seznam nastavených instancí, význam jednotlivých sloupců je:
Session - zvolené nebo automaticky vygenerované jméno instance
State - stav instance, jeden ze čtyř možných: Created (vytvořena), Running (běžící), Stopped (zastavena) nebo Error (skončila chybou)
Hole cards - aktuální startovní kombinace agenta
Suggested action - doporučené rozhodnutí strategie

Tlačítka Start, Stop a Remove slouží pro spuštění, zastavení a odstranění vybrané instance.



Obrázek 3.5: Snímek hlavního okna grafického rozhraní.



Obrázek 3.6: Snímek okna pro nastavení nové instance.

3. Další detaily instance, konkrétně zadané jméno agenta v rámci online klienta a případná poslední chybová zpráva.
4. Popis posledního rozhodnutí strategie. Každá strategie může poskytovat vysvětlení svých rozhodnutí, které se potom zobrazí zde.
5. Proud tokenů zobrazovaný tak, jak jsou přijímány ze vstupu.

Části 3, 4 a 5 zobrazují vždy detaily o instanci, která je aktuálně vybrána v části 2.

Na obrázku 3.6 je zachyceno okno pro nastavení nové instance. Jednotlivá nastavení mají tento význam:

1. Session name - Volitelné jméno instance, pokud zůstane nevyplněné, vygeneruje se automaticky.
2. Hero name - Jméno agentem sledovaného hráče v rámci online klienta.
3. Small Blind size - Velikost *small blindu*.
4. Big Blind size - Velikost *big blindu*.

5. Decision strategy - Zvolená strategie.
6. Tlačítko „?“ - Zobrazí popis zvolené strategie.
7. Image input profile - Zvolený profil pro rozpoznávání obrazu.
8. Window handle - Identifikátor MS Windows okna ze kterého bude získáván obraz, identifikátor je definován ve Win32 API. Toto pole nelze editovat, identifikátor se získá automaticky „chycením“ ikony kříže vedle pole a jejím přetažením a uvolněním nad zvoleným oknem.
9. Refresh time - Obnovovací frekvence pro snímání obrazu v milisekundách. Nejmenší povolená hodnota je 200ms.
10. Bounds - Ořez obrazu v rámci vybraného okna v pixelech. X a Y představuje posun od levého horního rohu po horizontální, resp. vodorovné ose, Width je šířka a Height výška.
11. Should recover from error - Volba automatického znovuspuštění instance po zaznamenání chyby.
12. Should dump frames - Volba pro ukládání získaných snímků na disk. Snímky se ukládají do podadresáře spuštěné aplikace, jméno adresáře je aktuální datum a čas v momentě spuštění instance.

3.5 Zhodnocení agenta v praxi

Vytvořená aplikace pro ovládání obrazového vstupu je připravena pro použití v praxi. Částečné testování jsme prováděli v průběhu vývoje agenta na *play money* stolech ve zvolené ukázkové herně 888poker.

Spolehlivost obrazového vstupu je dostatečná pro práci aplikace jako poradce hráči, nicméně přes naši snahu není stoprocentní. Občasné chyby v rozpoznávání nemají zásadní vliv na jeho funkčnost a ovlivňují většinou pouze jednotlivé hry, pokud bychom však uvažovali úplnou automatizaci agenta, nezdá se současné řešení obrazového vstupu dostačující.

Ukázkovou strategii expertního systému jsme v praxi příliš netestovali, neklademe si však na její výsledky žádná velká očekávání. Její použití mohou ocenit zejména začínající hráči, pro které agent může sloužit jako nápovědní systém pro zvládnutí základní strategie.

Závěr

Cílem práce bylo vytvořit agenta pro Texas Hold'em poker. Zaměřili jsme se na no-limit cash game variantu a podle toho uzpůsobili podobu modelu. Navržený agent je snadno rozšiřitelný o nové vstupy, výstupy a strategie. Toto jsme prezentovali vytvořením obrazového vstupu a jednoduchého expertního systému jako strategie. Za přínosný považujeme fakt, že rozpoznávací algoritmus obrazového vstupu je nezávislý na zvoleném online klientovi. Automatizovaný výstup nebyl vytvořen z již zmíněných důvodů.

Největší technickou výzvou se ukázal být obrazový vstup, jehož tvorba trvala několik iterací. Původní jednoduchý návrh byl při testování doplňován a rozšiřován o další odhalené náležitosti a pravidla pro méně časté případy. Tvorba rozpoznávacího profilu pro jednoho online klienta je zdlouhavý proces, který díky rozdílnostem jednotlivých klientů nelze zobecnit. Pro vyhledání a určení pozic jednotlivých grafických prvků je třeba pozorovat různé stoly v rámci klienta a získávat z nich potřebné podklady. Pokud v průběhu zjistíme, že určitý prvek vyžaduje pro rozpoznávání jiný přístup, musíme většinou absolvovat další kolo pozorování klienta. Navíc je třeba brát v úvahu, že se podoba libovolného online klienta může kdykoli v budoucnosti změnit a vytvořený profil kompletně znehodnotit. Výsledná spolehlivost obrazového vstupu se zdá v našem případě dostatečná, celkově však nejde o příliš robustní řešení a pro úplnou automatizaci agenta by vyžadovalo další zvýšení spolehlivosti, např. používáním širších oblastí, ve kterých bude hledaná informace nejprve nalezena a poté až rozpoznána.

Byla vytvořena základní strategie pro hraní pokeru. Při zkoumání možných pokročilejších přístupů se ukázalo, že tyto jsou náročné jak na teoretické znalosti, tak na technické zpracování, které náš agent neřeší - zejména modelování oponenta. Vytvoření a testování dalších složitějších strategií tak ponecháváme na další samostatné práce.

Budoucí možná rozšíření můžeme rozdělit do kategorií - rozšíření vstupu, kde lze pokračovat v adaptaci agenta pro další online herny či umožnit připojení přímo na

proces klienta. Rozšíření jádra, kde udržování informací o již odehraných hrách by mohlo posloužit jako základ pro modelování oponentů pro potřeby dalších složitějších strategií. A nakonec rozšíření výstupu tak, aby bylo možné hraní plně automatizovat.

Naše implementace ukázala možnost vývoje obrazového vstupu z online klientů a expertního systému pro hraní pokeru, výslednou grafickou aplikaci lze taktéž využít jako výukový nástroj pro začínající hráče. I přes některé technické nedostatky je vytvořený agent použitelný v praxi a může snadno sloužit pro tvorbu a testování nových strategií v různých prostředích.

Literatura

- [1] UNIVERSITY OF ALBERTA. *Computer Poker Research Group* [online]. 2015 [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://poker.cs.ualberta.ca/>>
- [2] BOWLING, M., N. BURCH, M. JOHANSON a O. TAMMELIN. 2015. Heads-up limit hold'em poker is solved. *Science*. **347**(6218): 145-149. DOI: 10.1126/science.1259433. ISSN 0036-8075. Dostupné také z: <<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1259433>>
- [3] *Annual Computer Poker Competition* [online]. 2015 [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://www.computerpokercompetition.org/>>
- [4] SKLANSKY, David a Ed MILLER. *No limit hold'em poker: teorie a praxe*. Praha: Baronet, 2009, s. 33. ISBN 978-80-7384-248-2.
- [5] WIKIPEDIA. *Nashova_rovnováha* [online]. 2015 [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Nashova_rovnováha>
- [6] ICM Nash Calculator. *HoldemResources* [online]. 2015 [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://www.holdemresources.net/h/web-calculators/nashicm.html>>
- [7] WIKIPEDIA. *Planet Poker* [online]. 2015 [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Planet_Poker>
- [8] POKERSCOUT. 2015. *PokerStars traffic report* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://www.pokerscout.com/SiteDetail.aspx?site=PokerStars>>
- [9] PAPP, Dennis Richard. *Dealing with Imperfect Information in Poker*. Edmonton, Alberta, 1998. M. Sc. Thesis. University of Alberta.

- [10] DAVIDSON, John Aaron. *Opponent modeling in poker: Learning and Acting in a Hostile and Uncertain Environment*. Edmonton, Alberta, 2002. M. Sc. Thesis. University of Alberta.
- [11] SCHNIZLEIN, David Paul. *State Translation in No-Limit Poker*. Edmonton, Alberta, 2009. M. Sc. Thesis. University of Alberta.
- [12] PARADIS, Bryce. *Humans, Robots, and the Consequences. Cepheus Poker Project* [online]. 2015 [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://poker-blog.srv.ualberta.ca/2015/01/08/humans-robots-and-the-consequences.html>>
- [13] MÜLLER, Pavol. *Prostředí pro vytváření umělých hráčů Texas Hold'em pokru*. Praha, 2009. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta.
- [14] How I Built a Working Poker Bot, Part 1. *Coding the Wheel* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://web.archive.org/web/20110713052429/http://www.codingthewheel.com/archives/how-i-built-a-working-poker-bot>>
- [15] *Poker AI* [online]. 2015. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://poker-ai.org/>>
- [16] BARD, Nolan, Michael JOHANSON, Neil BURCH a Michael BOWLING. 2013. Online Implicit Agent Modelling. In: GINI, Maria. *Proceedings of the 2013 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems*. S.l.: International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, s. 255-262. ISBN 9781450319935.
- [17] KLEIJ, A.A.J. van der. *Monte Carlo Tree Search and Opponent Modeling through Player Clustering in no-limit Texas Hold'em Poker*. The Netherlands, 2010. Master thesis.
- [18] JOHANSON, Michael Bradley. *Robust Strategies and Counter-Strategies: Building a Champion Level Computer Poker Player*. Edmonton, Alberta, 2007. M. Sc. Thesis.
- [19] POKERSTRATEGY.COM. *Texas Hold'em No Limit (NL) Strategy* [online]. 2015 [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://www.pokerstrategy.com/strategy/bss/>>

- [20] RULE, Keith. More Texas Holdem Analysis in C#: Part 1. *CodeProject.com* [online]. 2008 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://www.codeproject.com/Articles/19091/More-Texas-Holdem-Analysis-in-C-Part>>

Příloha A

Slovník pojmů

all-in sázka všech hráčovo žetonů

ante nucená sázka všech hráčů, používaná hlavně v pozdějších fázích turnajů

bet sázka

big blind velká sázka naslepo, odpovídá minimální sázce

blinds pozice pozice u stolu zahrnující small a big blind; tyto pozice jsou přítomné vždy

bluffing blafování, neboli sázka bez skutečně silné kombinace; cílem je přesvědčit protivníka, že držím silnější kombinaci než ve skutečnosti mám a donutit ho k odpovídající reakci (tj. většinou fold)

board otevřené společné karty na stole

cash (ring) game způsob hry, při kterém žetony přímo odpovídají skutečným penězům

continuation bet blaf na flopu proti jednomu nebo dvěma protihráčům poté, co jsme vsázeli i před flopem

dealer (button) označení rozdávajícího hráče (tj. hra začíná po jeho levici)

draw čtyři nebo tři karty do kombinace, která se může zkompletovat další společnou kartou

early pozice brzké pozice u stolu začínající sedadlem po big blindu; přesný počet sedadel v této skupině se odvíjí od počtu hráčů ve hře

flop 2. kolo sázek, používá se i pro označení prvních tří společných karet

flush pět karet stejné barvy

fold vzdání hry (doslovně) položením karet, hráč může a nemusí ukázat svoje karty

four of kind (quads, poker) čtveřice karet stejné hodnoty

fullring stůl až pro 9 nebo 10 hráčů

full house jedna trojice spolu s jedním párem

head-up označení hry pouze 2 hráčů, které se řídí zvláštními pravidly pro vkládání blindů

high card libovolná kombinace pěti karet, která nesplňuje požadavky žádné z vyšších kategorií

hole (pocket) cards dvě karty rozdané na začátku hry hráčům lícem dolů

check pauza (pokud hráč nemusí dorovnat)

check-raise taktika při které hráč nejdříve provede check a na sázku protihráče následně provede raise

late pozice pozdní pozice u stolu končící dealerem; přesný počet sedadel v této skupině se odvíjí od počtu hráčů ve hře

limit varianta Texas Hold'em pokeru s přesně stanovenou velikostí sázek

middle pozice střední pozice u stolu mezi early a late pozicemi; přesný počet sedadel v této skupině se odvíjí od počtu hráčů ve hře

miss obecně vyjadřuje situaci, kdy se slibné hole cards nezlepší rozdáním společných karet na flopu

monster hand označení pro silné výherní kombinace, obecně dva páry a výšše

muck neukázání karet při showdownu pokud nemusím (tj. pokud nejsem první)

no-limit varianta Texas Hold'em pokeru neomezuující maximální velikost sázky nebo navýšení

offsuited označení pro hole cards různé barvy

one pair jeden pár

outs počet karet, které můžou vylepšit draw

play money virtuální peníze používané v rámci online heren pro zkušební hry nabízené novým hráčům

poker site označení nezávisle online poker herny vyvíjející vlastní software

poker network označení sdružení několika online heren používající stejný software, často poskytovaný třetí stranou

pot společný bank tvořený sázkami všech hráčů

pot odds poměr velikosti banku vůči sázce, kterou musíme vložit pro pokračování ve hře

pot-limit varianta Texas Hold'em pokeru s velikostí sázky omezenou na součet velikostí všech doposavadních sázek

postflop označení pro část hry pokračující od flopu dále

preflop 1. kolo sázek po rozdání hole cards

raise navýšení

re-raise znovu navýšení (tj. raise po předchozím raise)

river (fifth street) 4. kolo sázek, používá se i pro označení páté společné karty

royal flush *straight flush* začínající esem, celkem jsou 4 možné kombinace, jedna od každé barvy

three of kind (trips, set) trojice karet stejné hodnoty

two pairs dva páry

semibluffing blufování v situaci, kdy rozdáním další společné karty se moje kombinace může (ale nemusí) výrazně zlepšit

showdown vyložení karet při závěrečném porovnání kombinací

side pot vedlejší pot utvořený poté co některý z hráčů vsadil all-in, přičemž další hráči pouze dorovnali a pokračují v normalní hře

slowplay taktika při které hráč záměrně hraje silnou kombinaci jako slabou

small blind malá sázka naslepo, odpovídá polovině minimální sázky

stack všechny hráčovi žetony na stole

straight postupka tvořena všemi pěti kartami kombinace

straight flush *straight* tvořena pouze kartami stejné barvy

suited označení pro hole cards stejné barvy

suited connectors hole cards tvořené dvěma posobě jdoucími kartami stejné barvy

turn (fourth street) 3. kolo sázek, používá se i pro označení čtvrté společné karty

uncalled bet poslední sázka hráče, která nebyla dorovnána ostatními a pouze se navrací hráči (není součástí výsledného potu)

Příloha B

Ukázka formátu herní historie z online herny PokerStars

Záznam byl získán v rámci vzorku historií vytěžených z online poker herny PokerStars a je zapsán z pohledu třetí osoby, karty hráčů, kteří zůstali ve hře, jsou odhaleny až při vzájemném porovnání. Jména hráčů, stolu a čas pořízení záznamu byly upraveny.

PokerStars Hand #42: Hold'em No Limit (\$0.50/\$1.00 USD) –
2015/01/01 00:00:00 ET

Table 'X' 9-max Seat #1 is the button

Seat 1: Adam (\$100 in chips)

Seat 4: Brian (\$33.06 in chips)

Seat 5: Cyril (\$90.20 in chips)

Seat 6: David (\$51.88 in chips)

Seat 7: Eugene (\$24.68 in chips)

Seat 8: Frank (\$29.12 in chips)

Seat 9: George (\$41.28 in chips)

Harry will be allowed to play after the button

Iris will be allowed to play after the button

Brian: posts small blind \$0.50

Cyril: posts big blind \$1

*** HOLE CARDS ***

David: raises \$1.50 to \$2.50

Eugene: calls \$2.50

Frank: folds

George: folds

Adam: folds
 Brian: calls \$2
 Cyril: folds
 *** FLOP *** [9c Qh 6c]
 Brian: checks
 David: bets \$5
 Eugene: calls \$5
 Brian: calls \$5
 *** TURN *** [9c Qh 6c] [Tc]
 Brian: checks
 David: bets \$16
 Eugene: calls \$16
 Brian: calls \$16
 *** RIVER *** [9c Qh 6c Tc] [Qd]
 Brian: bets \$9.56 and is all-in
 David: raises \$18.82 to \$28.38 and is all-in
 Eugene: calls \$1.18 and is all-in
 Uncalled bet (\$18.82) returned to David
 *** SHOW DOWN ***
 David: shows [Kc Ac] (a flush , Ace high)
 Brian: shows [Td 8h] (two pair , Queens and Tens)
 David collected \$16.76 from side pot
 Eugene: shows [Qs Ts] (a full house , Queens full of Tens)
 Eugene collected \$72.24 from main pot
 *** SUMMARY *** Total pot \$91.80
 Main pot \$72.24. Side pot \$16.76. | Rake \$2.80
 Board [9c Qh 6c Tc Qd]
 Seat 1: Adam (button) folded before Flop (didn't bet)
 Seat 4: Brian (small blind) showed [Td 8h] and lost with two
 pair , Queens and Tens
 Seat 5: Cyril (big blind) folded before Flop
 Seat 6: David showed [Kc Ac] and won (\$16.76) with a flush ,
 Ace high
 Seat 7: Eugene showed [Qs Ts] and won (\$72.24) with a full
 house , Queens full of Tens
 Seat 8: Frank folded before Flop (didn't bet)

Seat 9: George folded before Flop (didn't bet)

Příloha C

Indikátory expertní strategie

V ukázkové expertní strategii využíváme několik indikátorů pro určení rozhodnutí. Nabývané hodnoty ukládá strategie i do popisu rozhodnutí, které se zobrazuje pro informaci uživateli v grafické aplikaci. Jména indikátorů a jejich hodnot nejsou upravovány a zde je uvádíme tak, jak jsou pojmenovány ve zdrojových kódech.

Preflop část definuje tyto indikátory:

- **Combination** - Startovní kombinace, jedna ze 169 možných. Kombinace začínající číslem (např. 98s) jsou kvůli omezení na jména daná jazykem C# definována se znakem podtržítka „_“ na začátku.
- **Position** - Pozice sledovaného hráče u stolu, nabývané hodnoty odpovídají uvedeným skupinám, tj. *early*, *middle*, *late* a *blinds*.
- **Action** - Pozorované akce našich protihráčů vyjádřené jako jedna z možných kategorií:
 - AllFolds - všichni hráči přede mnou položili
 - SomeCall - alespoň jeden hráč přede mnou dorovnal
 - OneRaise - právě jeden hráč přede mnou navýšil
 - MultipleRaises - dva či více hráčů přede mnou navýšilo
 - OneRaiseAfterMe - právě jeden hráč navýšil po mé akci
 - MultipleRaisesAfterMe - dva či více hráčů navýšilo po mé akci

Postflop část definuje tyto indikátory:

- **InPosition** - Určuje zda hráč má pozici, tj. zda je posledním hráčem na řadě.
- **Aggressor** - Určuje aktuálního agresora ve hře, tj. posledního hráče, který v minulém sázkovém kole vsázel. Možné hodnoty jsou:

NoOne - nikdo

Hero - sledovaný hráč

Opponent - protivník

- **HandStrength** - Síla ruky vyjádřena jednou z možných kategorií:
 - Monster - kombinace od dvou párů bez páru jako startovní kombinace výše
 - Draw - *draw* s alespoň osmi *outy*
 - Miss - vše ostatní
- **NumberOfOpponents** - Určuje počet protivníku ve hře.
- **FacingBet** - Určuje zda sledovaný hráč čelí sázce.