

## APLIKACE UMĚLÝCH NEURONOVÝCH SÍTÍ V KARETNÍ HŘE BRIDŽ

PAVEL STRÍŽ

**ABSTRAKT.** V příspěvku se autor zabývá některými základními aspekty karetní hry/sportu bridž, zvláště pak s ohledem na možnosti využití umělých neuronových sítí. Vedle použití umělých neuronových sítí autor diskutuje některé další algoritmy. V úvodu příspěvku autor stručně představuje bridž. Uvádí pokusy a snahy o využití umělých neuronových sítí i v jiných hrách jako jsou vrhcáby, poker, šachy a go. Autor zkouší učící se schopnosti jednoduchých umělých neuronových sítí postupně v dražbě, odhadu počtu vítězných zdvihů u ofenzivní a defenzivní linky a schopnost rozlišit v koncovce hráčské diagramy. V závěru se autor zamýšlí nad rozvojem studijních karetních materiálů.

**Abstract.** In the paper, the author discusses some basic aspects of the game/sport bridge, especially in a view of the possibilities of using artificial neural networks. Further, the author discusses the applicable algorithms (from the field of artificial intelligence). In the beginning, the author briefly introduces the game of bridge. The author presents attempts and tendencies of using artificial neural networks in the games of backgammon, poker, chess and go. The author also examines the learning abilities of simple artificial neural networks in the bidding, in guessing the number of winning tricks of offensive and defensive sides, and the ability to discern between the different playing methods in the endgame. In conclusion, the author proposes a developing bridge study materials.

**Резюме.** В этой статье автор исследует некоторые аспекты игры бридж, где особое внимание уделяется возможности использования нейронных сетей. Наряду с использованием искусственных нейронных сетей автор уделяет особое внимание возможности использования некоторых алгоритмов. В предисловии статьи автор кратко представляет бридж. Приводит примеры попыток использования искусственных нейронных сетей и в других играх: нарды, покер, шахматы и так далее. Автор тестирует возможности простых искусственных нейронных сетей при помощи команд, угадывания количества выигрышных попыток со стороны как защиты так нападения и способность различать итоговые диаграммы игроков. В заключении автор размышляет о развитии учебного материала.

**Rezieme.** V statiata avtora diskutira niakoi osnovni aspekti na igrata/sporten bridzh, specialno razglezhda vazmozhnostite za izpolzване na izkustveni nevronni mrezhi. Avtora razglezhda i saotvetnite algoritmi. V nachaloto nakratko se predstavia igrata bridzh. Avtora predstavia opitite i tendenciite za izpolzvaneto na izkustveni nevronni mrezhi v igrate tabla, poker, shah i go. Avtora sysho izpitva obuchavashtite vazmozhnosti na prosti izkustveni nevronni mrezhi v naddavaneto, v dopuskaneto na broia pechelivshi vziatki v razigravane i zashita i vazmozhnostta za razgranichavane na razlichni igralni metodi v endshpila. V zakliuchenie avtora predlaga razvitie na obuchavashti materiali za bridzh.

---

2000 *Mathematics Subject Classification.* 68T05.

*Klíčová slova.* Karetní hra bridž, umělé neuronové sítě, studijní karetní materiály.

Autor by velmi rád poděkoval za podporu jmenovitě panu Antochovi a panu Rytířovi. Poděkování patří také mému občasnému partnerovi z Bulharska.

*Bridge versus Chess*  
*The decisions made in bridge are closer to everyday life*  
*than those made in chess.*

## 1. ÚVOD

Ať mi vážený čtenář promine, že na ROBUSTu hovořím o karetním světě, ale byl jsem požádán o nějakou zajímavost. A co je subjektivně zajímavější než koníček?

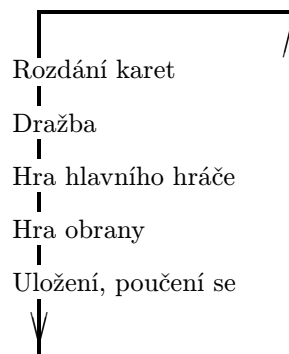
Vyšperkovat studijní materiály pro bridž, tedy nejen v naší republice, je potřeba jako sůl. Nápad je asi takový: vyzkoušet schopnosti umělých neuronových sítí v různých fázích bridže a zamyslet se nad dalšími kroky v této oblasti.

## 2. PŘEDSTAVENÍ BRIDŽE

Bridž (bridge)<sup>1</sup> je zdvihová hra, kterou hrají 4 hráči (players), dvě dvojice sedící proti sobě. Jediné co potřebují je stůl, židle a balíček karet francouzského typu (bez žolíků; 52 karet). Bridž se skládá ze dvou hlavních částí. Tím je dražba (bidding) a sehrávka, neboli vlastní hra (playing). Sehrávka se pak skládá ze hry hlavního hráče a ze hry obrany. Krása je v tom, že partneři si mohou před začátkem hry domluvit vlastní sázeční metody, signalizaci a metody používané v obraně, ale musí tyto metody zpřístupnit soupeřům.

První etapou bridžové partie je dražba, ve které hráči určí, kdo sehrává, jaká bude barva trumfů nebo že žádné trumfy nebudou a výši závazku, to jest kolik zdvihů slíbila příslušná linka, strana uhrát. Zavazuje se kolik zdvihů udělá nad 6 (menší polovina ze třinácti), v barvě jmenované jako trumfy nebo bez trumfů, pokud takovou hru vydraží. Trumfová barva, pokud je vydražena je nadřazená třem zbylým (přebíjet se však nemusí). Konečný závazek je ten, po jehož nabídnutí ostatní tři hráči použijí hlášku pas (pass).

Druhou etapou bridžové partie je sehrávka, při které hráč, který první na svojí lince při dražbě jmenoval druh (barvu) výsledného závazku, se stává sehrávajícím (declarer). První výnos má hráč po levici hlavního hráče. Partner sehrávajícího (hlavního hráče) se nazývá tichý hráč (dummy). Ten po prvním výnosu vyloží své karty na stůl lícem vzhůru a dále se již této partie aktivně neúčastní a s jeho kartami disponuje hlavní hráč. Tyto karty vidí všichni hráči. Soupeři se brání a jsou pro tuto hru obránci (defenders). Hlavní hráč uhrál závazek, když odehrál alespoň to, co s partnerem vydražili. Obránci ubránili, když vzali alespoň o jeden zdvih více, než potřebovala ofenzivní linka k odehrání závazku.<sup>2</sup> Vhodné navazující materiály lze nalézt v [13i]. V čem však tato hra z velké části obvykle nemusí fungovat lze shrnout do následujících bodů<sup>3</sup>.



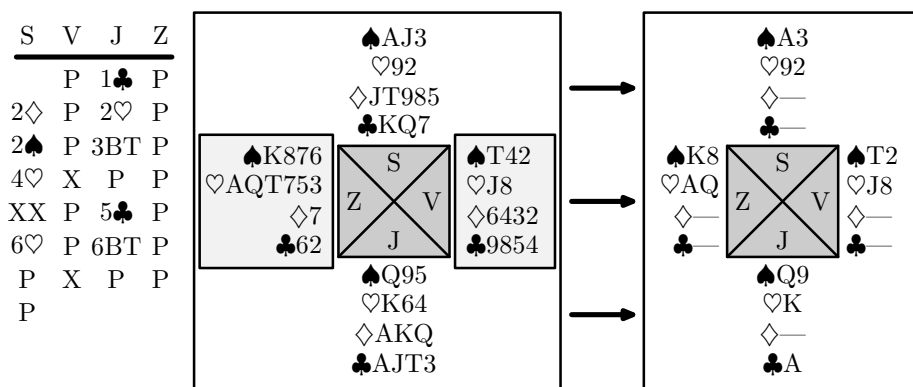
**Obr. 1**

*Běžný karetní den.*

<sup>1</sup>Most, který má být skutečným mostem mezi lidmi a většinou tomu tak skutečně je.

<sup>2</sup>Jiná je však situace, když linka neurčila optimální závazek a ztrácí kladné body a nebo když soupeři mohli odsázet svůj vlastní závazek, který však padá, avšak znamenalo by to snížení záporných bodů).

<sup>3</sup>Míchání karet - u hry naživo; pro slušného hráče není problém si zapamatovat pořadí karet a dle systému míchání odhadnout rozložení konkrétních karet, pro zájemce např. kniha od Jonathana Hancocka *Systém využití mozku. Skryté síly mozku: Rádce, jak si krok za krokem zlepšit svou paměť*. FONTÁNA, Olomouc 1997. ISBN 80-901989-7-X. (Pokračování na další straně.)



Hraje se: 6BTX (Jih), s -1, vul., tedy s -200p.

Obr. 2 Fiktivní dražba, rozdání a jeho čtyřkaretní koncovka.

Karetní souvislosti demonstruje obrázek 1 a 2. Hry uspořádané podle dvou kritérií jsou v tabulce 1. Některé z používaných metod lze nalézt v tabulce 2.

Bridž je záležitostí expertní hry závislou na kvalitě zpracování informací a komunikaci mezi hráči. Mezi počítačovými bridžovými programy vznikly dva velké tábory. Jeden představovaný programem GIB od profesora Ginsberga [11] s novinkou z [2i], druhý zastoupen účastí herních diagramů a takových postupů, které běžně využívá karetní expert {[7], [8], [9], [10], [15], [18], [19], [20]}. Můžeme tedy sledovat dva různé směry na stejný problém. Přikláním se k druhému táboru z jednoho prostého důvodu: algoritmus by byl přístupnější pro odhadování podle nejhorší možné varianty.

Game type	Perfect information	Imperfect information
No chance	Chess, Go	Inspection game, Battleships
Chance	Backgammon, Monopoly	OPEC game, Poker

Tab. 1 Základní typy her. Převzato a upraveno z [13].

Problém \ Metoda	deterministická	stochastická
deterministický	numerické metody	metoda Monte Carlo
stochastický	pravděpodobnost a statistika	simulační metody

Tab. 2 Typické nástroje na řešení problémů.

Sledování pohybů soupeře (tzv. získávání doplňujících informací, např. výnos poslední či předposlední karty, poskládání karet, počet karet v barvě; existuje na to vhodná obrana, např. v knize od Františka Koukolíka *Machiaveliánská inteligence; Eseje ze třetí kultury v roce 2000*. Makropulos, Praha 1999. ISBN 80-86003-26-4. Proč si však ještě hlídat tělo.)

Doplňující metody s partnerem (lze nalézt v [3i], nejkrásnější příběh je v [12i], zastávám názor že každý hráč má hrát odděleně, i když to vypadá velmi neosobně).

Psychologické ovlivňování (jak během hry u karetního stolu (to však patří ke hře samotné), ale bohužel i mimo hru - zastávám názor, že lze zvláště řečí úspěšně narušit soustředění a myšlení hráčů i v jiných místnostech).

Generování rozdání - není v lidských silách vymyslet a připravovat vhodná rozdání a při využití programů s generátorem náhodných čísel hra ztrácí na určité kráse. Vezměme si však první hodinu statistiky a házení kostkou - při skutečném házení mezi jednotlivými hody následuje konečný počet dějů - držení kostky, rychlost hodů, únava házejícího, ... jednotlivé hody nemohou být nezávislé, ale pro zjednodušení nám to stačí (dále v knize od Franka P. Jonese *Tajemné síly*. Dialog, Liberec 1995, str. 10 a dále. ISBN 80-85845-44-7.). Generátor náhodných čísel lze také ovlivnit (Buttler, J. von: *Boží hra v kostky: Osud, či náhoda*. IKAR, Praha 1998, str. 40. ISBN 80-7202-181-8.).

### 3. UMĚLÉ NEURONOVÉ SÍTĚ (ANN) A VYBRANÉ HRY<sup>4</sup>

**3.1. Vrhčáby.** Program TD-Gammon (Temporal Differences) od Geralda Tesaura, dokumentováno např. v [21] či [22], změnil pohled na umělé neuronové sítě a jejich učící se schopnosti v hrách. Program dosáhl úspěšnosti a kvalit expertů. Pozornost znalců upoutala již starší verze Neurogammon, která vyhrála světový šampionát na počítačové olympiádě. Vstupem pro umělou neuronovou síť jsou pozice kamenů a výstupem jsou pravděpodobnosti úspěchu vložení dalšího kamene na určité místo. Proces učení probíhal během her proti sobě. Více o konvergenci této učící se metody např. v [6]. Dřívější slabost v technických koncovkách byla vyřešena řízenou protihrou (v bridži zmíněno dále). Na základě získaných zkušeností a porovnání pravděpodobností se úvodní fáze hry hraje podle výsledků z TD-Gammonu.

**3.2. Poker.** Poker je v některých parametrech velmi podobný bridži. Pokus o využití umělých neuronových sítí v pokeru lze nalézt v [2] či [8i]. Je zde snaha o odhadnutí budoucí sázky soupeře na základě dostupných informací.

Tabulku blafování x sázení lze nalézt v [3]. Je i u tak pokročilého týmu [9i] teprve v počátcích. Simulaci parametrů soupeřů a herních parametrů rozvíjí ve dvou směrech: Generic Opponent Modeling (GOM) a Specific Opponent Modeling (SOM) [5]. Implementaci a některé závěry lze nalézt v programu Loki [2].

Vážený čtenář jistě namítne, že nemůžeme použít stejné postupy v pokeru a bridži, ale kolikrát se Vám již stalo, že ne herní kvalita, ale styl hráče vám mohl usnadnit váš karetní život.

**3.3. Šachy.** Známý je projekt NeuroChess založený na explanation-based neural network (EBNN). Odolnost EBNN proti šumu lze nalézt v [14]. Použití algoritmu Steena Sjøgaarda 2CCA (second order cascade correlation algorithm) lze nalézt v programu NNChess od Martina Schmidta [17]. Algoritmus TDLEAF( $\lambda$ ) z třídy TD( $\lambda$ ) je prezentován v programu KnightCap [1].

Projekt spojení umělých neuronových sítí a evolučních algoritmů s databázovým zápisem lze nalézt v [7i]. Autor projektu, Ralf Seliger, zdůrazňuje, že špičky v šachách si dokáží zapamatovat důležité hry a poučit se ze svých chyb.

**3.4. Go.** Programy, které v rozumném čase řeší strukturu rozhodovacích stromů, zatím narazili u hry Go. Je vidět, že studiem herních strategií a taktik lze prohledávání úspěšně nahradit. Riziko nezohlednění některé (i třeba velmi výjimečné) herní metody lze úspěšně řešit postupným ukládáním či pomocí umělé neuronové sítě.

Za zmínku stojí program Golem, založený na metodě zpětného šíření (Backpropagation). Byla vytvořena taková struktura, že výstupy z jedné sítě byly vstupem pro jinou síť. Nápad byl asi takový, nehledat použitelné kroky, ale prvně zredukovat tahy, které jsou herně nepoužitelné. Na třídě TD( $\lambda$ ) v duchu TD-Gammonu vytvořili pánové Schraudolph, Dayan a Sejnowski program pro vlastní hru, ale nikdy jej nezpřístupnili k otestování proti konkurenčním programům [4]. Známý je i program NeuroGo od pána Enzenbergera [4]. Program SANE využívá i evolučních algoritmů [16]. Snaha propojit teorii grafů a ANN lze nalézt v [12].

### 4. UMĚLÉ NEURONOVÉ SÍTĚ A BRIDŽ

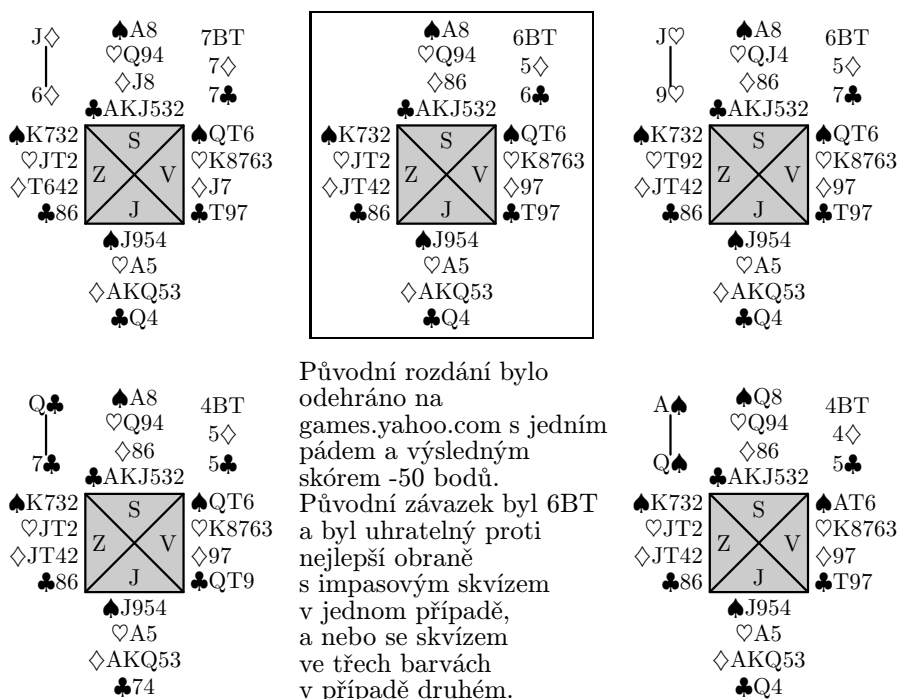
**4.1. Parametry sítí.** Použil jsem programy Stuttgart Neural Network Simulator (SNNS, <http://www.ra.informatik.uni-tuebingen.de/SNNS/>), který je pro vědecké účely kompletně zpřístupněn zadarmo a program Neural Network Modeling

<sup>4</sup>Více např. v {[9i],[10i]}; řeším dále použitelnost zvláště růstových a dynamických ANN.

for Windows 95/98/2000/NT (Qnet, <http://www.qnetv2k.com>), jehož tříměsíční trial verze je zpřístupněná na síti internet. Pro generování a testování konkrétních závezků byl použit program Easy Bridge (<http://home.pacbell.net/stvhan/EasyBridge.htm>). Pro specifické úkoly jsem si vytvořil vlastní generátory. Byly použity série alespoň o 100 rozdáních s dalšími alespoň 20 rozdáními na testování.

Použil jsem třívrstvou a čtyřvrstvou pyramidovou strukturu (multilayer feed-forward ANN) s úplným propojením (vyobrazeno dále na obrázku 7) s metodou zpětného šíření. Ve skrytých vrstvách i vrstvě výstupní jsem použil logistickou funkci a Quick propagation (SNNS) a standartní učící se mód (Qnet, technické detaily blíže v Helpu programu). Rychlost učení: 0,005, rychlost učení maximální: 0,3 a rychlost učení minimální: 0,001, momentový člen: 0,8, FAST-Prop: 0,0 a tolerance: 0,0. Optimální zastavení na hranici RMS chyby: 0,01 nebo korelace: 99,99%.

**4.2. Učení první hlášky.** Na sázení se vztahuje série pravidel; MEADOWLARK BRIDGE (7300), GIB (3000) či Q-PLUS BRIDGE (2500) [11], kde se však mohou vyskytovat chyby a nepřesnosti.



**Obr. 3** Ukázky drobných karetních rozdílů a vliv na celkový závezek.<sup>5</sup>

Jak upozorňuje Gambäck [9] je to série podmínek, kde nejsou zdůrazněna negativa, tedy vztahy k jiným hláškám. Někteří hráči úspěšně používají hlášky typu psyching (karetně neurčitá neurčitá dražba, může být specifikována v dalších kolech

<sup>5</sup>Ať mi vážení čtenáři prominou, pokud jsem někde neudělal analýzu dostatečně podrobně. Protože piky ani srdce nejsou (alespoň) v Moysian fitu (linka má v držení 7 trumfů), tak jsem je z analýz vynechal.

dražby) a v takovém případě je odhad lepší než hrát ve stylu darkling (soupeř ví, že se něco děje, ale neví co).

Otestoval jsem umělou neuronovou síť pro první hlášku a to dražbu na první úrovni. Karetní teorie říká, abych se snažil partnerovi říci svoji nejdelší barvu, nejlépe i délku nejdelší barvy, druhou nejdelší barvu atd. a nebo partnerovi říci, že nemám žádnou dlouhou barvu. Tím udržuji komunikaci a snažím se nalézt a zvolit trumfovou/netrumfovou hru dle potřeb.<sup>6</sup>

**4.3. Princip zvětšování/zmenšování.** Celkově síť funguje, ale u hranic se může netrefit. Teoreticky je tento problém pěkně dokumentován, jeho řešení nazývám principem (nebo funkcí) zvětšování či zmenšování. Pokud se pohybuji na hranici, nebo blízko hranice, pak je výhodné přidat další (zpřesňující) vstupy, nebo se s chybou smířit. Jistá chyba nám ovšem většinou nevádí a pokud nám tento problém vadí, tak se zaměříme více na hranici a můžeme vzdálenější obrazy úplně vypustit (funkce zvětšování). Podobně, když bych potřeboval například hlášky na vyšších úrovních – musím si obejmout větší pásmo a tím přidat další vstupy. Podobně tak, jak funguje lupa. Musíme si tedy přesně specifikovat problém tak, aby se ho síť mohla naučit.

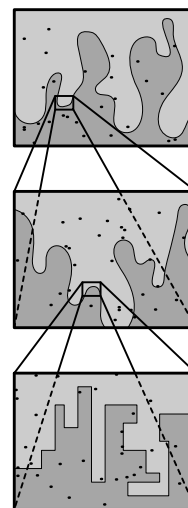
Pokusím se tento princip znázornit pomocí obrázku 4. Znázorňuje ideální dělení plochy se dvěma rody. Různé barvy patří dvěma různým hláškám. Rozdíly ve skutečném karetním životě jsou na obrázku 3. Čím jsou si vstupy více blízké, tím u hranic může nastat konflikt vůči realitě a musím přidat doplňující informace (obrázky čtu zvrchu dolů). Stejně funguje funkce zmenšování, když chci vědět, co je mimo viditelné hranice (obrázky čtu zespolu nahoru).

Řešení by mohlo být podobné technickým koncovkám v TD-Gammonu. Zajímavá je i úvaha o Voronoi diagramech (autorem řešeno; o Voronoi diagramech více např. v [15i]).

**4.4. Slem x nižší závazek; celoherní x částečný závazek; vyšší × nižší závazek.** Slem je definován tak, že vydražím a odehraji 12 a nebo všech 13 zdvihů. Pokud tak učiním dostanu prémii za slem. Pokud slem nevydražím, ztrácím možnost zisku premie (i kdybych 12/13 zdvihů odehrál) a pokud slem vydražím, ale neodehraji, nedostanu za závazek nic (vyjma možných premii).

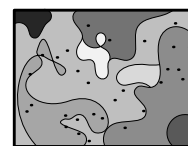
Ať jsem však pracoval s databází, vstupy i sítěmi jakkoliv, vždy jsem našel nějaké rozdělení, které bylo určeno nevhodně a to je velmi kritický moment. Když se mi podařilo odstranit (více zprůhlednit) jednu hranici, za chvíli jsem našel jinou. V kartách to znamenalo jinou kombinaci karet, která vedla ke stejnému počtu zdvihů.

Ideální by byl vstup každé karty zvlášť a dostatek vstupů, což je nyní víceméně nereálné. Musíme tedy nalézt souvislosti mezi jednotlivými kartami a případně i délkou v listech. Jedna z možností je použít HCP body (4 za eso, 3 za krále, 2 za dámu, 1 za



**Obr. 4**

*Fce zvětšení (↓)  
a zmenšení (↑).*



**Obr. 5** *Více rodů.*

<sup>6</sup>Radosti karetního života nastávají, pokud i soupeři mají chuť komunikovat (kromě věčné a velmi časté hlášky pas).

kluka, což má vyjadřovat pravděpodobnost zisku zdvihu: eso 4 ze 4 atd.)<sup>7</sup>, které však samotné nestačí (i dvojka získá zdvih proti esu, když se například nehraje v trumfech a nemá už nikdo vyšší kartu, tzv. rozvinutá barva), i když použijeme hodnoty na všechny karty. Více rodů je naznačeno na obrázku 5.

Sít pracuje se šumy a tak nečekejme v těchto případech 100% -ní výsledky. Pokud budeme do sítě dodávat neustále nové problémy (sít je napoprvé nevyřeší), doučí se je, a dodáme opět unikátní problém, tak její sít opět správně nevyřeší (neodhadne) a tak vlastně sít ztrácí svůj účel. Proto musím se sítí pracovat tak, že ji ve vhodné chvíli dodám problém, který jsem ji již prezentoval nebo problém dostatečně blízký.

**4.5. Učení technické pravděpodobnosti.** Na Internetové adrese <http://www.bridgeguys.com/Conventions/Rule23.html> se lze dočíst o pravidlech 2 a 3, více o hranicích na <http://pages.prodigy.net/jblubaugh/expect.htm>. Obecný zápis v mezích jednoho pádu naznačuje rovnice (1).

$$(1) \quad \text{hranice}(\%) = \frac{\text{maximum}_{\text{pád}} - \text{zisk}_{\text{soupeře}}}{\text{maximum}_{\text{pád}} - \text{minimum}_{\text{pád}}} 100$$

Ve strategii 10-12<sup>8\*</sup> to není jen jeden odhad. Technická pravděpodobnost snad stanovuje, jak se chovají karty v listech v dlouhém období (za okolností, kdy je použit generátor náhodných čísel). Jedny z propracovaných materiálů na technickou pravděpodobnost lze nalézt v [6i]. Konstruktivní karetní nápad o ofenzivních a defenzivních kartách je v [5i].

Situace jsem si vyzkoušel na jednoduchém a dvojitým impasu, kdy binární vstup znamenal přítomnost či nepřítomnost určité karty. Výstupem pak byla pravděpodobnost s jakou získám zdvih.

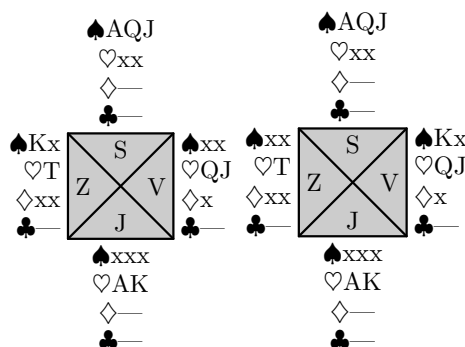
Technickou pravděpodobnost lze snadno vypočítat pomocí programů např. Probsy [1i] nebo Dealmaster Pro [11i]. Ovšem problém nejednoznačnosti rozdání zůstává stále otevřen. Pokud pracuji jen s 26 kartami, tak pořád nevím, jak vypadají karty soupeřů a i kdybych to věděl (a dokonce zahrnul do výpočtů), tak pořád nyní netuším, jak kvalitní mám obranu a jsou-li schopni nalézt cestu, jak ubránit závazek. Symetrií vstupů pro dva hráče jsem pak nazýval otočení rozdání jako další vstup pro sít.

**4.6. Více o pravděpodobnosti a odhadech - odhad počtu zdvihů.** Jak jsem již naznačil, tak technická pravděpodobnost je v bridži již pěkně zmapována. Předpoklad však zůstává - jsem schopen říci, že jednotlivá rozdání můžu takto sečíst a vyhodnotit. To samé bych mohl tvrdit o konkrétních kartách. Zvažuji tedy to, že rozdání prošla jistým náhodným generátorem. To co zkušeni hráči ví je to, že se

<sup>7</sup>Jedná se ovšem o přibližnou pravděpodobnost. U některých trumfových rozdání nemusí ani eso získat jeden zdvih. Proto musím vstupy doplnit o délku, což je jistým ekvivalentem použitých (honérových) karet, chceme-li bodů.

<sup>8</sup>Pokud chce hráč získat dvanáctý zdvih, tak jen s rizikem, že nespadne jen jednou, ale vícekrát. Strategie 10-12\* se třemi a pěti zdvihy je znázorněna na obrázku 6.

\*Neoficiální termín zavedený autorem.

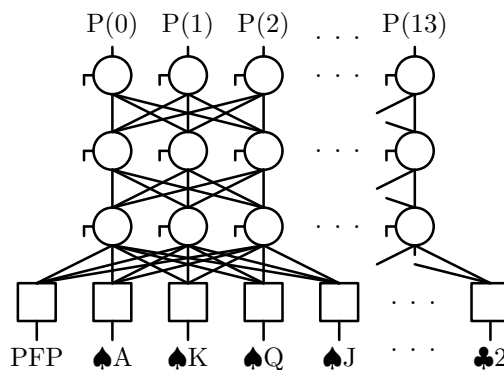


**Obr. 6** Strategie 10-12\*. T♥Z. Trumfy ♠. Buď 5 a nebo jen 3 zdvihy.

jedná o další pomůcku, která v některých případech (čím je hráč zkušenější tím je jich méně) musí platit (zcela jistě za zvolených předpokladů).

Gambäck [9] navrhl odhad počtu zdvihů ve formě pravděpodobnosti u zdvihů (obrázky 7 a 8), což odpovídá realitě mnohem pravdivěji, než jen optimální odhad závazku. Pokud však není použit generátor náhodných čísel a rozdáni jsou připravována speciálně, pak nastává problém: „Jak je možné, že to na těch 60% nefunguje?“ ...

**4.7. Učení hráček metody.** <sup>9</sup> Tvrdím, že bridž by takto fungovat ani neměl a pokud takto stále funguje, tak není hrána ta správná úroveň. Vyřešit nějaký problém či nalézt těžší metodu to by mohl být onen hledaný klíč. Už jen to, že se rozhodují (plán hlavního hráče) mezi určitými hracími metodami znamená, že tyto metody znám a tedy jsem schopen se rozhodnout.<sup>10</sup> Proto bych neměl zaměřovat svoji pozornost na to, kterou z dostupných metod vybrat (lehčí či těžší), ale tak, abych dokázal určit, která metoda tam chybí a která už není v tomto rozdáni přípustná. . . výběr nejhoršího možného, ale přípustného řešení.



**Obr. 7** ANN k odhadu závazků. Struktura sítě navrhnutá Gambäckem [9], PFP (pre-computed feature points) značí HCP, distribuci a kontroly.

61	9	75	47																
xx	5	x	x	4		1		x	3										
	1		x	x	4		x	4	4										
	xx	4	x		1	x	xx	6		x	2								
		x	3			4		x	2	xx	x	4							
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	91	78	5	0			

**Obr. 8** Ukázka výstupu navrhnutého Gambäckem [9].

Ačkoliv je bridžových rozdáni poměrně hodně, problémy se opakují a dají se zobecnit, pojmenovat a naučit. Ukázky z map diagramů (metod) hlavního hráče jsou na obrázcích 10a<sup>11</sup> a 10b<sup>12</sup>. Podobně na ně můžeme nahlížet i v obraně.

Vezměme si například tyto čtyři diagramy: Simple squeeze, Double squeeze, Schrodeder squeeze a Seres squeeze. Chceme-li rozlišit jednotlivé metody musíme mít dostatek tříkaretních koncovek a tedy zobecnění. Zobecnění např. u jednoduchého skvízu udělám následujícím způsobem.

Zjistíme klíčové karty a možné distribuce a nebo stanovíme možné distribuce a přiřadíme karty (pokud to vyhovuje). Obránce, který drží všechny tři klíčové karty musí hrát jako první. Jeho karty KQ♠ blokují AJ♠ našeho listu tak, jak blokuje A♥

<sup>9</sup>Motto: *Existuje spočetné konečné množství metod, chceme-li hráček schémat, ale výsledek je nekonečněkrát pořád stejný: -50 bodů, -100 bodů, -200 bodů,...*

<sup>10</sup>Want to be an expert? *Rule #1: Never take a finesse to make your contract when you can go down on a squeeze play!*

<sup>11</sup>Rozšířené verze různých map jsou na požádání kdykoliv k dispozici.

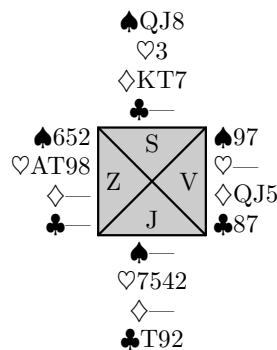
<sup>12</sup>Mapy, spolu s dalšími bridžovými materiály, by autor rád publikoval.



našeho  $K\heartsuit$ . Barvy a karty mohou být poskládány libovolně tak, aby však závislost zůstala a karty jiných hráčů neovlivnily tyto souvislosti. Pak  $A\clubsuit$ , jako libovolná jiná karta, musí být vítězná proti kartám druhého soupeře. Soupeř může mít nižší tref pod  $A\clubsuit$ , kára, srdce pod králem, piky pod klukem atd. Tímto způsobem jsem schopen vytvořit generátor na metodu v koncovce. Při teoretických znalostech dokonalé hry obrany a hry hlavního hráče lze „nabalit“ zbylé karty do celého rozdání (autorem dále řešeno).

Problém, zda-li neznámá koncovka není ani jedna z možných, lze doplnit prohozením karet soupeřů (velmi blízké, ale různé).<sup>13</sup>

**4.8. O stylu hráče.** Stačí porovnat trefové dělení u obránců na obrázku 9. Oblast, která je velmi zajímavá a k úplnému řešení to bude ještě chvíli trvat.<sup>14</sup> Z pohledu umělé neuronové sítě by to znamenalo mít na každou osobu speciální síť, ve které by vstupy byly problémy, se kterými se daný hráč setkal a výstupem by bylo jeho konkrétní řešení. Pak se ovšem nemůžeme vyhnout věku hráče a jeho postupnému vývoji v dané hře. Pokud by takové řešení existovalo a síť by nám řekla, že hráč by to vyřešil tak a tak, pak si musíme uvědomit, že tento hráč by mohl tento problém, na základě současného rozpoložení, vyřešit jinak. Mohli bychom pak řešit problém i z hlediska doby, kdy se problém řešil a možných aktuálních dispozic, které u hráče mohly nastat. Ale je potřeba si uvědomit, že lidský mozek je schopen se naučit rozličné styly hráčů a tím je schopen se na své budoucí soupeře připravit. Ve hrách a sportu je to volba strategií a taktik (Ueshiba, M.: *The Basic Of Aikido*. Sannyo Onnya Takeda, Tokyo 1956). Takže je to problém řešitelný. Já si připravím na soupeře takovéto metody. Vyhraji, tedy očekávám, že se na další zápas soupeř připraví lépe. . . evidentně proces učení a přizpůsobování. Mohli bychom tedy teoreticky po určité době přijít na to, co by se naučil již dávno mrtvý hráč, když bych na něj působil určitými hracími manévry? Jsou to však úvahy nad rámec tohoto článku.<sup>15</sup>



**Obr. 9** Styl hráče. Trumfy ♣. Odhad dělení ♣ 2-0; 1-1.

## 5. POZNÁMKY KE KARETNÍM MATERIÁLŮM

Tabulka 3 naznačuje, jak bychom teoreticky mohli odstranit problémy s hledáním hráčských možností v rozdání. Problém lze i obrátit – zadat hledanou hráčskou metodu - chybějící karty a karty ofenzivní linky a nechat program vygenerovat rozdání dle požadavků (typická omezení např. v [11i] či [16i]). Jednu ze zmínek o možnosti testování hráčských schémat lze nalézt v [4i, Dennis Kibler].

<sup>13</sup>Pozorného čtenáře se táži, který hráčský diagram získám, pokud prohodím karty obránců u Schroeder skvízu? Řešení lze nalézt v závěru příspěvku.

<sup>14</sup>Jako jsou vyřčená přání některých šachistů hrát proti svému, již mrtvému, vzoru.

<sup>15</sup>Karetní teorie říká, že mohou mít v listě 13 karet jedné barvy (verze některých hráčů: piky, herce, kule, kříže) nebo 12 karet v jedné barvě a jednu kartu v boční barvě a nebo. . . u jednoho hráče máme tedy 39 základních schémat končících 4-3-3-3 distribucí (5-4-4-0, 5-4=4-0 či 5=4=4=0 mají různý význam: – značí libovolnou distribuci (permutaci), = značí přesně v pořadí ♠, ♥, ♦, ♣.) (560 distribucí), pro dva hráče (kdy vynecháme nepřipustné varianty) 239 344 distribucí a pro 3/4 hráče to je 37 478 624 distribucí. Na porovnání máme 53.644.737.765.488.792.839.237.440.000 rozdání a počet možných dražeb je počítáno na 48 cifer.

Klíčové podmínky	Účast	Hráčská metoda	Rozdání
Dělení ♠ max. 3-2	32,5%	Simple finesse	[1],[2],...,[130]
Dělení ♥ max. 4-1, ♠K u Západu	27,5%	Bare finesse	[131],[132],...,[240]
Dělení ♠ max. 4-1, ♣Q u V a ♣9 u Z	21,5%	Double squeeze	[241],[242],...,[326]
Dělení ♣ max. 3-0, max. V 4 ♠, Z 5 ♦	13,5%	Overtaking squeeze	[327],[328],...,[380]
Dělení ♥ max. 4-1, ♠ max. 3-2, ♠K u Z	4,0%	Pseudo squeeze	[381],[382],...,[396]
Dělení ♣ a ♦ max. 2-1, ♠QJ dubl Z, ♦J V	1,0%	Guard squeeze	[397],[398],[399],[400]

**Tab. 3.** Ideální simulace a prezentování výsledků.

Na dotaz ohledně generátorů pan Fořt<sup>16</sup> poznamenává<sup>17</sup>: „Generátory rozdání existují, ale většinou jsou zaměřeny na generování co nejnáhodnějších rozdání pro turnaje. Některé mají možnost zadat určitá omezení na rozlohy nebo sílu listu. Ty se většinou používají na tréninky. Na výuku hracích metod také existují programy např. Bridge Master, ale rozdání do něj jsou připravená a popsána dopředu.“ s poznámkou o generátoru rozdání s účastí konkrétní hrací metody pan Fořt dodává: „V každém případě se trochu obávám, že v Čechách by pro takový generátor nebylo moc velké využití.“

Nenajde-li umělá neuronová síť nebo systém podmínek tuto metodu, pak není problém tuto metodu zmapovat, vytvořit novou síť a nebo přidat do databáze.

Na základě tohoto principu Nygate ve svém programu PYTHON {[15], [20]} dokumentuje, jak byl schopen nalézt novou třídu skvízů – mapováním rozdání. Toto musí být nutně klíč k teoretickému zmapování metod a taktik v obraně. Podobně jako to zkoušel v pětikaretní koncovce George S. Coffin [14i]. Pokud by nestačila výpočetní síla jednoho počítače, lze využít distribuované výpočetní techniky (řešeno Miroslavem Červenkou, m\_cervenka@ft.utb.cz). Protiobranná metoda ve formě teorie her musí počítat s (karetně) neracionální hrou obrany a nutností nalézt suboptimální řešení pomocí parametrů soupeřů<sup>18</sup>.

Obrana je o to zajímavější, protože blafování (bluffing) ruší předpoklady vytváření Bayesovských sítí, které jsou pro hráče-statistika velmi slušná pomůcka (nehazení K♠ od Východu v prvním zdvihu; obrázek 11). Stejně jako generování rozdání pomocí hráčské metody nebo výměny dvou karet (reversed simulated annealing, Gambäck [9]), které by tedy mělo nabourat odhadování i hráče-matematika. Méně zkušený hráč musí ztratit vůči hráči zkušenému, znalému bridžových metod.<sup>19</sup>

<sup>16</sup>Bridžovými hráči je pan Fořt brán jako hráč číslo 1 v naší republice.

<sup>17</sup>Emailová zpráva, 9. dubna 2002.

<sup>18</sup>Zmíním např. Blair, J.R.S., Mutchler, D., Lent, M. van: Perfect Recall and Pruning in Games with Imperfect Information, *Computational Intelligence* **12** (1996), 131-154. nebo Jamroga, W.: A Defense Model for Games with Incomplete Information, *KI/OGAI* 2001, 260-274.

<sup>19</sup>Pokud chci závazky na 75%, tak generuji 3 závazky 100%-ní a jedno rozdání, které padá.

## Vybrané základní metody

<p style="text-align: center;"><b>Finesse</b></p> <p>Max. 6</p> <p>♠ — ♥ AQ ♦ AJT ♣ QJ</p> <p>♠ —     ♠ — ♥ K6     ♥ JT ♦ K98     ♦ Q65 ♣ T8     ♣ K9</p> <p style="text-align: center;">♠ — ♥ 32 ♦ 432 ♣ A2</p> <p>♥32. Jednoduchý impas v srdcích. ♣QJ. Impas zespuje je v trefech. ♦432. Dvojitý impas je v kárách.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Ruffing finesse</b> ♥</p> <p>Max. 8</p> <p>♠ KQJT9 ♥ A ♦ 4 ♣ A</p> <p>♠ 76     ♠ A832 ♥ —     ♥ Q ♦ JT9     ♦ KQ ♣ QJT     ♣ K</p> <p style="text-align: center;">♠ — ♥ K2 ♦ A32 ♣ 432</p> <p>♥2 a pak ♠. Až Východ hodí ♠A, tak snapujeme, vracíme se přes trefy a čistíme ztrátové zdvihy.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Throw-in play</b></p> <p>Max. 2</p> <p>♠ 4 ♥ — ♦ 32 ♣ —</p> <p>♠ A     ♠ 6 ♥ —     ♥ — ♦ K4     ♦ JT ♣ —     ♣ —</p> <p style="text-align: center;">♠ 2 ♥ — ♦ AQ ♣ —</p> <p>♠2. Má-li ♥K Východ: impas lze použít vždy, pokud ho má Západ – donutíme jej k výnosu přes ♠A.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Trump coup</b> ♦</p> <p>Max. 2</p> <p>♠ 32 ♥ — ♦ — ♣ —</p> <p>♠ AK     ♠ — ♥ —     ♥ — ♦ —     ♦ KJ ♣ —     ♣ —</p> <p style="text-align: center;">♠ — ♥ — ♦ AQ ♣ —</p> <p>Západ začíná pomocí ♠A nebo ♠K. Funguje to jako impas, ale bez barvy, ve které impasujeme.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Devil's coup</b> ♥</p> <p>Max. 3</p> <p>♠ K ♥ A9 ♦ — ♣ —</p> <p>♠ A     ♠ — ♥ Q6     ♥ J54 ♦ —     ♦ — ♣ —     ♣ —</p> <p style="text-align: center;">♠ — ♥ KT8 ♦ — ♣ —</p> <p>♠A. Východ hodí ♥J-♥K, impasují ♥Q ze Západu. Východ hodí ♥54-♥8 – dále beru ♥A-♥K.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Coup en passant</b> ♦</p> <p>Max. 2</p> <p>♠ — ♥ 2 ♦ — ♣ AQ</p> <p>♠ AKQ     ♠ — ♥ —     ♥ — ♦ —     ♦ Q ♣ —     ♣ K4</p> <p style="text-align: center;">♠ — ♥ — ♦ J ♣ 32</p> <p>♠32. Beru s ♠A, na ♥2 ne/hodím trumf po hození/nehodění trefy/trumfu od Východu.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Merrimac coup</b></p> <p>Max. 8</p> <p>♠ 43 ♥ 542 ♦ A3 ♣ KQJT93</p> <p>♠ JT987     ♠ A52 ♥ KT6     ♥ Q987 ♦ T984     ♦ K72 ♣ 6     ♣ A54</p> <p style="text-align: center;">♠ KQ6 ♥ AJ3 ♦ QJ65 ♣ 872</p> <p>Obrana Východ-Západ brání 3BT. ♠J přebírá Západ ♠A a zaútočí ♦K na ♦A jako vstup pro ♣.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Deschappelles coup</b></p> <p>Max. 9</p> <p>♠ J6 ♥ AJT83 ♦ Q62 ♣ KJ8</p> <p>♠ 5432     ♠ KQT87 ♥ Q5     ♥ K962 ♦ J     ♦ K97 ♣ T97532     ♣ A</p> <p style="text-align: center;">♠ A9 ♥ 74 ♦ AT8543 ♣ Q64</p> <p>Hraje se 4♦. Výnos ♠Z do ♠A. Píky zpět. Vyhodím ♥K, vytvořím vstup, ♥Q, pro ♣ snapnutí.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Morton's Fork coup</b></p> <p>Max. 12</p> <p>♠ AQ87 ♥ 54 ♦ Q32 ♣ A973</p> <p>♥ ♠ 2     ♠ — KT983     ♥ Q76 ♦ AJ8     ♦ T9654 KQT2     ♣ J8654 ♣ ♠ KJT96543 ♥ AJ2 ♦ K7 ♣ —</p> <p>Hraje se 6♠. Výnos je ♠K. Snapuji v listě. Klíč je výnos 7♦. Získám ♦KQ a nebo ♦Q a ♠A.</p>

Obr. 10a. Diagramy používané v bridži.

### Vybrané skvízové metody (squeezes)

<p style="text-align: center;"><b>Simple squeeze</b></p> <p>Max. <math>\spadesuit</math>AJ  <math>\heartsuit</math>K                      3 <math>\diamondsuit</math>—  <math>\clubsuit</math>—</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Vyneseme <math>\clubsuit</math>A, sledujeme odhoz Západu. Na odhoz <math>\spadesuit</math>KQ-<math>\spadesuit</math>AJ, na odhoz <math>\heartsuit</math>A bereme s <math>\heartsuit</math>K.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Double squeeze</b></p> <p>Max. <math>\spadesuit</math>AJ  <math>\heartsuit</math>2                      3 <math>\diamondsuit</math>—  <math>\clubsuit</math>—</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p><math>\clubsuit</math>8, sleduj odhoz Západu, sleduj však i odhoz Východu. Nyní jsou blokováni oba soupeři.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Triple squeeze</b></p> <p>Max. <math>\spadesuit</math>AJ  <math>\heartsuit</math>3                      3 <math>\diamondsuit</math>8  <math>\clubsuit</math>—</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Vynes <math>\clubsuit</math>A, po <math>\heartsuit</math>/<math>\diamondsuit</math>A ber <math>\heartsuit</math>/<math>\diamondsuit</math>K, po případném pikovém odhozu beru jen 3 zdvihy pomocí <math>\spadesuit</math>AJ.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Schroeder squeeze</b> <math>\spadesuit</math></p> <p>Max. <math>\spadesuit</math>K  <math>\heartsuit</math>8                      2 <math>\diamondsuit</math>—  <math>\clubsuit</math>8</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Po <math>\spadesuit</math>7 je Východ zaskvizován, <math>\heartsuit</math>K(8), <math>\spadesuit</math>9(8) a (předává na <math>\diamondsuit</math>T) – pak trumfuji <math>\heartsuit</math>/<math>\clubsuit</math> a T-J-<math>\diamondsuit</math>.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Hexagon squeeze</b></p> <p>Max. <math>\spadesuit</math>AJ  <math>\heartsuit</math>2                      4 <math>\diamondsuit</math>Q  <math>\clubsuit</math>—</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p><math>\clubsuit</math>A, Západ musí <math>\diamondsuit</math>A, <math>\heartsuit</math>2, ale nyní je Východ zaskvizován ve všech třech barvách.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Seres squeeze</b> <math>\clubsuit</math></p> <p>Max. <math>\spadesuit</math>Q7  <math>\heartsuit</math>—                      3 <math>\diamondsuit</math>—  <math>\clubsuit</math>K</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p><math>\spadesuit</math>7-<math>\clubsuit</math>A, Západ je borcen ve 3 barvách (i trumfech), pak vítěze ne/přebírám <math>\clubsuit</math>K a ukončí to <math>\spadesuit</math>Q.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Transfer squeeze</b> <math>\clubsuit</math></p> <p>Max. <math>\spadesuit</math>AJ98  <math>\heartsuit</math>AK3                      12 <math>\diamondsuit</math>K964  <math>\clubsuit</math>J6 <math>\spadesuit</math>—</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>6<math>\clubsuit</math>. Pokud nesnapují dvě piky, Východ drží kára, Západ piky a není <math>\spadesuit</math>-<math>\diamondsuit</math> skvíz proti Východu.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Entry squeeze</b></p> <p>Max. <math>\spadesuit</math>JT84  <math>\heartsuit</math>842                      9 <math>\diamondsuit</math>K652  <math>\clubsuit</math>64 <math>\spadesuit</math>—</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Závazek je 3BT. Výnos je <math>\clubsuit</math>J. Dejme po kárách Západu jeho poslední tref – ničí tím Východ.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Knockout squeeze</b> <math>\spadesuit</math></p> <p>Max. <math>\spadesuit</math>QJ8  <math>\heartsuit</math>8543                      10 <math>\diamondsuit</math>653  <math>\clubsuit</math>A84 <math>\spadesuit</math>—</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>4<math>\spadesuit</math>. Snapni <math>\clubsuit</math>4, skvizuje Západ ve třech barvách, včetně trumfů – zbytek ber a plniš 4<math>\spadesuit</math>.</p>

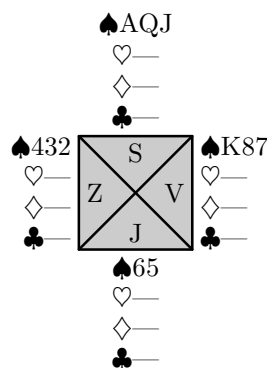
Obr. 10b. Diagramy používané v bridži.

## 6. ZÁVĚR

Na další počítačovou karetní dekádu lze předpovídat silný tlak na konkurenční dražbu (tady zkušený hráč získává náskok), tedy obecněji řečeno na popsání méně častých sérií dražeb. Využití doplňujících algoritmů k průběžnému popisu listů. U programů typu GIB lze očekávat vyčištění hluchých karetních míst. U druhého typu programů se nemůže neočekávat zvednutí plné úrovně do skvízových oblastí a oblastí s jednoznačnou souvislostí mezi více barvami. Zautomatizované ukládání či simulování her by usnadnilo život nejednomu programu z této třídy. U připravovaných rozdání se nelze vyhnout plánování od nejhoršího možného. Klíčem v budoucí karetní dekáde bude úspěšná komunikace mezi dražiteli a více než rigorózní předávání a využívání informací mezi obránci.

Umělé neuronové sítě jsou vděčným databázovým záznamníkem různých druhů informací, nelze však pokrýt hru jako celek. Síť nemůže vyřešit problémy s generátorem rozdání a podobnými karetními „špeky“. O generátorech rozdání a generátoru s účastí hráčské metody, koncovkách, rozvoji herního plánu, parametrech soupeřů a jejich hernímu simulování či statistických výpočtech bych rád pofeferoval jindy.

Je na škodu krásy této hry, že je představována široké veřejnosti ve stylu příliš přátelské, skoro až odpočinkové hry. Pokud půjde o hodně, tak v rozdání budeme analyzovat úplně všechno. A příprava kvalitních materiálů a simulací se může vyplatit a snad i vrátit. Příspěvek měl uvést několik radostí a starostí z karetního světa.



Obr. 11

*Blafování Východu.*

## 7. ZDROJE INTERNET : ODKAZY BYLY FUNKČNÍ K 10. DUBNU 2002.

- (1i) <http://citeseer.nj.nec.com/216939.html>.
- (2i) <http://citeseer.nj.nec.com/joslin99squeaky.html>.
- (3i) <http://home.dezzanet.net.au/cathyc/fpof/precis.html>.
- (4i) <http://rgb.anu.edu.au/Bridge/Computers/Bridge-software-concepts>.
- (5i) <http://thomaso.best.vwh.net/bridge/valuations.html>.
- (6i) <http://web.inter.nl.net/hcc/M.A.F/view.htm>.
- (7i) <http://wind.prohosting.com/chessweb/>.
- (8i) <http://www.cs.ualberta.ca/~davidson/poker/nnpoker.pdf>.
- (9i) <http://www.cs.ualberta.ca/~games>.
- (10i) <http://www.cs.utexas.edu/users/nn/pages/publications/publications.html>.
- (11i) <http://www.dealmaster.com/>.
- (12i) <http://www.imp-bridge.nl/articles/EVERT-BORIS.htm>.
- (13i) <http://www.prairienet.org/bridge/>.
- (14i) <http://www.rpbridge.net/9p01.htm>.
- (15i) <http://www.voronoi.com/>.
- (16i) <http://www.xs4all.nl/~sater/>.

PŘEJI HODNĚ SIL, ZVLÁŠTĚ V KARETNÍM ŽIVOTĚ!

LITERATURA<sup>20</sup>

- [1] Baxter, J., Tridgell, A., Weaver, L.: *Learning to Play Chess Using Temporal Differences*. Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [2] Billings, D., Davidson, A., Schaeffer, J., Szafron, D.: The challenge of poker, *Artificial Intelligence* **134** (2002), 201-240.
- [3] Billings, D.: *Computer poker*. M.Sc. research essay, University of Alberta, 1995.
- [4] Bouzy, B., Cazenave, T.: Computer Go: An AI Oriented Survey. *Artificial Intelligence* **132**(1) (2001), 39-103.
- [5] Davidson, A., Billings, D., Schaeffer, J., Szafron, D.: Improved Opponent Modeling in Poker. *Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence (IC-AI'2000)*, 1467-1473, 2000.
- [6] Dayan, P.: *Reinforcing Connectionism: Learning the Statistical Way*. PhD Thesis, University of Edinburgh, Edinburgh 1991.
- [7] Erol, K., Hendler, J., Nau, D.: Complexity results for hierarchical task-network planning. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence* **18** (1996), 69-93.
- [8] Frank, I.: *FINESSE. An Adaptation of Proof-Planning Techniques to Declarer Play in the Game of Bridge*. Dissertation, University of Edinburgh, Edinburgh 1991.
- [9] Gambäck, B., Rayner, M.: Pell, B.: *Pragmatic reasoning in bridge*. Technical Report 299. Computer Laboratory, University of Cambridge, Cambridge 1993.
- [10] Gambäck, B., Rayner, M.: *Contract Bridge as a Micro-world for Reasoning about Communicating Agents*. SICS research report, R9001111, 1993. ISSN 0283-3638.
- [11] Ginsberg, M.: GIB: Imperfect information in a computationally challenging game. *Artificial Intelligence Res.* **14** (2001), 303-358.
- [12] Graepel, T., Groutrié, M., Krüger, M., Herbrich, R.: Learning on Graphs in the Game of Go. *ICANN 2001*, 347-352.
- [13] Koller, D., Pfeffer, A.: Representations and solutions for game-theoretic problems. *Artificial Intelligence* **94** (1997), 167-215.
- [14] Masuoka, R.: Noise robustness of EBNN learning. *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 1993.
- [15] Nygate, Y.: *Python: A bridge expert on squeezes*. Master's thesis, Weizmann Inst. of Science, Rehovot, Israel 1984.
- [16] Richards, N., Moriarty, D. E., Miikkulainen, R.: Evolving Neural Networks to Play Go. *Applied Intelligence* **8** (1998), 85-96.
- [17] Schmidt, M.: *Neural Networks and Chess*. Thesis, University of Aarhus, Aarhus 1993.
- [18] Smith, S. J. J., Nau, D. S.: *Strategic Planning for Imperfect-Information Games*. 1999 Fall Symposium, AAAI Press, 1993, přetištěno v příloze: Rytíř, V.: *Rozhodování při riziku a nejistotě*. Univerzita Tomáše Bati, Zlín 2001. ISBN 80-7318-022-7.
- [19] Smith, S. J. J.: *Task-Network Planning using Total-Order Forward Search, and Applications to Bridge and to Microwave Module Manufacture*. Dissertation, 1997.
- [20] Sterling, L., Nygate, Y.: PYTHON: An Expert Squeezer. *Journal of Logic Programming* **8** (1990), 21-40.
- [21] Tesauro, G.: Programming backgammon using self-teaching neural nets. *Artificial Intelligence* **134**(1-2) (2002), 181-199.
- [22] Tesauro, G.: TD-Gammon, A Self-Teaching Backgammon Program, Achieves Master-Level Play. *Neural Computation* **6**(2) (1994), 215-219.

UTB, FAME, MOSTNÍ 5139, 762 72 ZLÍN  
 E-MAIL: p\_striz@fame.utb.cz, p-aj-a@email.cz

---

<sup>20</sup>Materiály jsou dostupné na síti internet. Především z <http://citeseer.nj.nec.com/>.

Řešení a kontrola pro pozorného čtenáře z poznámky pod čarou 13. Je to metoda Coup en passant. Obrázek 10a: Vybrané základní metody, prostřední řádek vpravo.