AVTOMATSKI ŠAHOVSKI TUTOR

Matej Guid[1], Jana Krivec[1,2], Martin Možina[1], Aleksander Sadikov[1], Ivan Bratko[1,2]

Laboratorij za umetno inteligenco[1],
Fakulteta za računalništvo in informatiko
Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenia

in

Odsek za inteligentne sisteme[2]
Institut Jožeta Stefana
Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

e-mail: matej.guid@fri.uni-lj.si

ABSTRACT

Z razvojem inteligentnega računalniškega sistema, ki bo na človeku razumljiv, prijazen in zanimiv način komentiral šahovske poteze, bi radi šahovsko moč, ki jo demonstrirajo današnji programi za igranje šaha, izkoristili za poučevanje šaha ter za komentiranje šahovskih partij. Glavna prednost našega pristopa ni le ta, da omogoča komentiranje šahovskih partij v vseh fazah igre, pač pa avtomatsko generirani komentarji poleg zmožnosti komentiranja taktičnih pozicij izražajo tudi razumevanje strateških nians v pozicijah. V članku izpostavljamo nekatere razlike med programom, specializiranim za igranje šaha, in programom, katerega cilj je podajati kvalitetne komentarje, ter predstavljamo naš pristop pri razvoju ekspertnega sistema, ki kombinira tehnike strojnega učenja z ekspertnim znanjem.

1 UVOD

Dandanašnji šahovski programi se enakovredno kosajo s človeškimi velemojstri, v številnih pogledih pa jih tudi že prekašajo. Kljub temu so njihove sposobnosti razložiti v ljudem razumljivem jeziku, zakaj so določene poteze dobre in zakaj ne, zelo omejene. Avtomatskemu inteligentnemu komentiranju šahovskih partij je bilo posvečeno le malo pozornosti, napredek na tem področju pa je zanemarljiv v primerjavi z gromozanskim skokom v šahovski moči programov, ki smo mu bili priče v zadnjih desetletjih. Tipični "komentarji" v obliki najboljših nadaljevanj in njihovih numeričnih ocen so le stežka v pomoč šahistu, ki bi se rad naučil pomembnih konceptov, ki se skrivajo za izbranimi potezami.

Ideja o avtomatskem komentiranju šahovskih partij ni nova. Verjetno prvi, ki je predlagal raziskave v tej smeri, je bil leta 1980 Donald Michie. Revija ICGA je kmalu nato začela podeljevati letne t.i. Herschbergove nagrade za najboljši šahovski komentatorski program [1]. Komentarji zmagovalcev kljub temu še do danes ostajajo zelo skopi ter so pretežno taktične narave, medtem ko kompleksnejši strateški koncepti in plani ostajajo bolj ali manj neomenjeni. Znanstvene raziskave s tega področja so večinoma omejene le na končnice šahovskih partij, predstavljeni koncepti pa imajo skupno slabost – nezmožnost praktične razširitve komentiranja na celotno šahovsko partijo [2, 3, 4].

Z razvojem računalniškega sistema, ki bo na človeku razumljiv, prijazen in zanimiv način komentiral poteze ter variante, bi radi šahovsko moč programov izkoristili za poučevanje šaha ter za komentiranje šahovskih partij. Uporabili smo odprtokodni program CRAFTY in predstavili nov koncept, ki omogoča ne samo komentiranje šahovskih partij v vseh fazah igre, pač pa komentarji poleg zmožnosti komentiranja taktičnih pozicij izražajo tudi razumevanje strateških nians v pozicijah.

Naš program, avtomatski šahovski "Tutor", je bil prvič predstavljen na mednarodni konferenci *Computers and Games* v Torinu leta 2006 [5]. Namen tega članka je izpostaviti nekatere razlike med programom, specializiranim za igranje šaha, ter programom, katerega cilj je podajati kvalitetne komentarje. Predstavljamo tehnike strojnega učenja, ki smo jih uporabili za razumevanje kompleksnejših konceptov, ki sicer računalniškim programom niso potrebni za uspešno igranje šaha, vendar njihova uporaba omogoča komentarje, koristne za razlago strateških konceptov, ki se skrivajo v šahovskih pozicijah.

2 AVTOMATSKI ŠAHOVSKI TUTOR

Osnovna ideja tutoringa je zasnovana na bazi znanja, saj je to hkrati tudi osnova človeškega razmišljanja [6]. V našem primeru smo za osnovno bazo učenja vzeli kar CRAFTY-jevo ocenjevalno funkcijo. Šahovsko znanje je v njej opisano z okrog 100 atributi, ki so pomembni za uspešno igranje šaha, saj z njimi ocenjujemo pozicije in opredeljujemo njihove lastnosti. Naš sistem temelji na več različnih komponentah: (1) šahovskemu motorju, ki podaja rezultate hevrističnega preiskovanja, baziranem na omenjeni funkciji, (2) modulu za komentiranje, ki pretvarja »surove« izpise vrednosti posameznih atributov v ocenjevanih pozicijah v preproste

komentarje, ter (3) ekspertnem sistemu, ki združuje osnovne komentarje v človeku (še bolj) razumljiv jezik.

Šahovski motor CRAFTY ima moč šahovskega velemojstra. Globina preiskovanja je lahko omejena s časom ali pa z globino; večje globine omogočajo kvalitetnejše predlagane poteze in variante. Pravzaprav bi lahko uporabili katerikoli šahovski motor; prednost pri izbiri motorja bi veljalo dati programom, ki favorizirajo znanje, vsebovano v ocenjevalni funkciji, pred hitrostjo iskalnih algoritmov.

Šahovski motor nam omogoča pridobitev ocen potez ter nadaljevanj (principalnih variant), ki vodijo do podanih ocen. Prav tako nam podaja vrednosti posameznih atributov ocenjevalne funkcije, ki predstavljajo uporabne podatke o karakteristikah ocenjevanih potez in nadaljevanj. Večina šahovskih motorjev (CRAFTY pri tem ni izjema) uporablja ocenjevalno funkcijo, ki jo oblikuje obtežena vsota posameznih karakteristik v poziciji. Uteži teh karakteristik – atributov – v ocenjevalni funkciji so prav tako pomembne, saj podajajo relativno pomembnost posameznih karakteristik.

Potem ko pridobimo analize šahovskega motorja, pride na vrsto komentatorski modul. Komentiranje je v veliki meri osredotočeno na spremembe v poziciji, ki bi jih prinesla izbira najboljšega nadaljevanja. Spremembe lahko izražajo bodisi napredek pri doseganju določenih ciljev, bodisi odpravitev določenih slabosti. To je tudi najbolj naraven in pogost način komentiranja partij v šahovski literaturi: komentatorji navadno utemeljijo predlagana nadaljevanja s serijo potez, pospremljeno s komentarji o spremembah, ki bi jih izbrano nadaljevanje prineslo, in/ali opisom končne pozicije, ki bi nastala po odigranih optimalnih potezah za obe strani.

Slika 1 prikazuje tipičen komentar programa. Prikazan je komentar poteze 19. Sb4, ki prav tako kot odigrana poteza (obema program prisoja približno enako vrednost) pride v poštev v dani poziciji. Tutor navaja, da bi vodila do malo boljše pozicije za črne, ter svojo oceno podkrepi z nadaljevanjem, ki ga program opredeljuje kot optimalnega za obe strani. Ocena je izražena tako kvalitativno kot numerično (-0,58), podana pa je tudi globina (10), pri kateri je bila pridobljena. Komentarji so podani v angleškem jeziku, vendar način implementacije omogoča enostavno uvedbo možnosti izbire jezika. V prevodu bi se prikazani komentar lahko glasil: *»Beli je zamenjal lovca in konja za trdnjavo in dva kmeta, vendar razmerje materiala ni njemu v prid. Črni vrši pritisk na nasprotnega kralja. Ima izolirane kmete b5, h7 in izolirane dvojne kmete f6, f7. Črni je izboljšal aktivnost svojega lovca. Sedaj ima dodatne izolirane kmete.«* Diagram na levi strani slike prikazuje ocenjevano pozicijo, medtem ko desni diagram predstavlja končno pozicijo, ki bi nastala po navedenem nadaljevanju. Komentarje sestavljajo naslednje komponente:

- predlagano nadaljevanje (principalna varianta),
- kvalitativno in numerično izražena ocena,
- globina iskanja,
- ocena materialnega stanja,
- opis pomembnih karakteristik končne pozicije,
- opis pomembnih sprememb.

Bistveni del komentiranja predstavljata zadnji dve komponenti. Komentarji so ciljno orientirani; cilj predstavlja pozicija na koncu principalne variante. Za končno pozicijo lahko privzamemo tisto, ki jo igralec ima v mislih, ko odigra določeno potezo. Ko pridobimo to pozicijo, lahko pregledamo, katere karakteristike ocenjevalne funkcije so se spremenile v primerjavi z izhodiščno pozicijo in za koliko.

Kasparov - Kramnik, Novgorod 1997, pozicija po 18... e4 in pred 19.Le2

Pozicija na koncu nadaljevanja, ki ga program predlaga

19. Nb4 leads to a slightly better position for Black after **Qc5 20. Bxe4 Bxe4 21. Nxa6 Qc4 22. Nxb8 Rxb8 23. Qd4 Qc6** (10|-0.58) White has exchanged a bishop and a knight for a rook and 2 pawns, but material evaluation does not favour him. Black has a pressure against the opponent's king. He has isolated pawns b5, h7, and isolated doubled pawns f6, f7. Black has improved the activity of his bishop. He now has additional isolated pawns.

Poglejmo na primer, kako je program prišel do komentarja »*Črni je izboljšal aktivnost svojega lovca.*« H generiranju tega komentarja sta prispevali predvsem vrednosti naslednjih dveh atributov:

(a) BLACK_BISHOPS_MOBILITY in
(b) BLACK_BISHOPS_POSITION.

Njuni vrednosti sta bili na začetku -15(a) in -2(b), na koncu pa -30(a) in -6(b); negativne vrednosti izražajo doprinos teh karakteristik k izboljšanju pozicije s perspektive črnega.
Potem, ko identificira relativno velik vpliv spremembe vrednosti atributa BLACK_BISHOPS_MOBILITY glede na ostale spremembe, se komentatorski modul poveže z ekspertnim modulom, kjer je podano pravilo oblike:

```
if (BLACK_BISHOPS = 1) then
  if (change(BLACK_BISHOPS_MOBILITY) <= X) then
    if (change(BLACK_BISHOPS_POSITION) <= Y) then
      comment ("Black has improved the activity of his bishop.")
```

Pravilo kombinira dve elementarni karakteristiki, da ugotovi izboljšano aktivnost črnega lovca. Vrednosti X in Y je pri tem relativno preprostem pravilu bilo mogoče dovolj natančno opredeliti z ekspertnim znanjem[1], po seznanitvi z vrednostmi, ki jih CRAFTY uporablja pri operiranju s tema dvema atributoma. Tudi pri opredelitvi ocene materialnega stanja si je program pomagal z vgrajenim CRAFTY-jevim atributom EVALUATE_MATERIAL, ki v danem primeru izraža prednost dveh lahkih figur črnega pred belo trdnjavo.
Vendar pa, kot bomo videli v nadaljevanju, pri določanju bolj kompleksnih pravil tudi ekspertno znanje ne zadošča več. Nastopi potreba po strojnem učenju, s katerim lahko ugotavljamo odvisnosti med elementarnimi atributi, ki omogočajo prepoznavanje višjenivojskih konceptov, kot so pritisk na nasprotnega kralja, stisnjena pozicija itd.

3 UPORABA TEHNIK STROJNEGA UČENJA

Elementarni atributi, ki jih ima CRAFTY vgrajene v svojo ocenjevalno funkcijo, niso vselej primerni za komentiranje. Tako na primer nobeden od naslednjih atributov, ki so povezani z višjim konceptom, kot je pritisk na nasprotnega kralja, ne bi sam po sebi zadoščal za ugotavljanje, ali ima katera od strani realne možnosti za matni napad.

(c) WHITE_TROPISM
(d) BLACK_SAFETY
(e) EVALUATE_KING_SAFETY
(f) WHITE_PIECE_ACTIVITY
(g) WHITE_QUEEN_IS_STRONG

Atribut WHITE_TROPISM npr. izraža bližino belih figur nasprotnemu kralju. Vendar komentarji v stilu »*Beli je uspel (še bolj) približati svoje figure nasprotnemu kralju.*« niso tipični za komentiranje šahovskih partij. Še bolj absurdno bi deloval komentar »*Črni je izboljšal varnost svojega kralja relativno glede na varnost kralja nasprotnika.*« Atribut EVALUATE_KING_SAFETY namreč izraža prav to.

1 Ekspertno znanje s področja šaha sta ponudila ženska mednarodna mojstrica Jana Krivec in mojster FIDE Matej Guid.

Na prvi pogled deluje domena šaha s svojimi kompleksnimi zakonitostmi in številnimi izjemami neprimerna za uspešno implementacijo strojnega učenja, vsaj za naš namen. Težko je namreč z danimi atributi povsem natančno določiti, kdaj ima katera od strani izglede za napad in kdaj ne. Vendar pa nam pri tem gre močno na roke ena okoliščina: predvsem si želimo, da bi bili izraženi komentarji točni in ne komentirati za vsako ceno, tudi ko ne moremo biti dovolj prepričani o resničnosti potencialno zanimivih opisov. Npr. v primeru iz prejšnjega poglavja, kjer izrazimo izboljšanje mobilnosti črnega lovca, nam atribut BLACK_BISHOP_POSITION služi kot varovalka, ki preprečuje nenavadne oz. nesmiselne komentarje v primerih, ko bi hvalili sicer bolj mobilnega, vendar slabo postavljenega lovca. Hkrati je olajševalna okoliščina tudi to, da imamo na voljo možnost dodajanja novih atributov, ki sicer ne vplivajo na ocenjevalno funkcijo programa, vendar nam lahko podajo dodatne informacije o poziciji.
Pri strojnem učenju nam kot učni primeri služijo pozicije, za katere ekspert predhodno opredeli vrednost razreda (npr. »beli ima napad«). Primeri so podani z opisom v obliki vektorjev atributnih vrednosti in razreda, pri čemer kot atributne vrednosti služijo kar izpisi vrednosti atributov CRAFTY-jeve ocenjevalne funkcije ter dodanih atributov. Ne glede na izbiro metode strojnega učenja [7] (kot so gradnja klasifikacijskih dreves, indukcija odločitvenih (IF-THEN) pravil z algoritmom CN2 itd.), ki so na voljo v paketih Orange [8] in Weka [9], ki ju uporabljamo, je cilj vedno isti: najti smiselne skupine vrednosti atributov, kjer je v čim večjem številu primerov zabeležena prisotnost iskanega razreda, brez enega samega protiprimera oz. kvečjemu z le nekaj osamljenimi protiprimeri, za katere skušamo odkriti vzroke (kot so npr. napake v učnih podatkih, mejni primeri itd.) ter jih, ko je to mogoče, odpraviti (npr. z vpeljavo dodatnih atributov).
Na učni množici okrog 400 naključno izbranih pozicij (izmed katerih je bilo približno polovica pozitivnih in polovica negativnih primerov), kjer je bil iskani razred prisotnost napada oz. pritiska na nasprotnega kralja, je eno od pridobljenih pravil (19 pozitivnih primerov, brez protiprimera) bilo naslednje:

```
if ((BLACK_SAFETY < -5)
   and (WHITE_PIECE_ACTIVITY >= 43)
   and (KING_TROPISM >= 30)
   and (WHITE_QUEEN_POSITION >= 3)
   and (BLACK_QUEEN_POSITION >= -3))
then
   comment ("White has a pressure against the opponent's king.")
```

Pravilo bi lahko razumeli nekako takole: če pozicija črnega kralja ni varna in ima beli dovolj aktivne figure, več figur v bližini nasprotnega kralja ter je hkrati njegova kraljica bolje postavljena od nasprotne kraljice, potem beli vrši pritisk na nasprotnega kralja. Pravilo vsekakor deluje logično, hkrati pa tudi ilustrira, kako kompleksna so lahko tovrstna pravila in zakaj tudi ekspertno znanje brez pomoči strojnega učenja ne zadošča pri njihovem sestavljanju. Po pridobitvi pravil s

pomočjo strojnega učenja lahko pogoje še zaostrimo (npr. zahtevamo še večjo aktivnost belih figur), saj, kot je bilo rečeno, želimo predvsem točne komentarje, tudi na račun tega, da kdaj v pozicijah, ki bi jih morda lahko opredelili kot tiste, kjer ima ena od strani napad (ali pa tudi ne), tega raje ne omenjamo (v izogib potencialnim netočnostim).

Omenjena učna množica se nanaša na pozicije, kjer je razred prisotnost ali odsotnost napada belih figur na črnega kralja, medtem ko imamo v tem primeru na voljo tudi dodatnih 200 pozicij, kjer ugotavljamo napad črnih figur na belega kralja. Pravila, ki jih pridobimo na učnih pozicijah, lahko tako (s pomočjo vpeljave nasprotnih mejnih vrednosti) preizkusimo tudi na drugi množici pozicij, za obe strani morajo namreč veljati iste zakonitosti.

Slabost strojnega učenja v dani domeni je, da uporabljeni algoritmi zaradi razmeroma majhnega vzorca podatkov včasih najdejo popolnoma nesmiselna pravila, pa čeprav so le-ta točna za izbrani set pozicij. Prav tako očitna slabost je tudi ta, da nam razmeroma velik odstotek pozicij s pravili ni uspelo klasificirati.

Rešitev omenjenih problemov predstavlja ekspertni pregled naučenih pravil in avtomatsko prepoznanih problematičnih pozicij. Slednje je še posebej zanimivo, saj nam omogoči odkritje pomanjkljivosti posameznih atributov, ki sicer računalnikom verjetno omogočajo kvalitetno igranje šaha, vendar so lahko pri komentiranju zavajajoči. Tako na primer bližina dame nasprotnemu kralju ne prispeva k izgledom za napad, če je med njima npr. veriga blokiranih kmetov, ki preprečujejo njeno vključitev v matni napad. Nasprotno, dama s povsem druge strani šahovnice, ki ima odprto pot do nasprotnega kralja, lahko povsem upraviči komentar, da figure vršijo pritisk na nasprotnega kralja. V takem primeru lahko npr. z vpeljavo novega atributa, ki izraža število napadenih polj v bližini nasprotnega kralja, približamo atributne opise potrebam komentiranja. Pozitiven učinek vpeljave smiselnih atributov je tudi ta, da bo ob komentiranju program tudi sposoben navesti informativne (in razumljive) argumente ter z njimi obogatiti svoje komentarje, npr. »črni ima pritisk na *oslabljenega* belega kralja«.

Ekspertno znanje nam je v pomoč tudi pri odpravljanju drugega tipa težav, povezanega z nemočjo algoritmov za učenje. Algoritem CN2 se tako ne more naučiti pravila tipa WHITE_QUEEN_POSITION >= -BLACK_QUEEN_POSITION, ki bi verjetno bil popolnoma smiseln atribut. Uvedba takšnega atributa bi npr. lahko omogočila dodaten tip komentarjev, sicer tipičnih za komentiranje šahovskih partij: »bela dama je postavljena bolje od črne dame«. Vendar je tako pri uvedbi tovrstnih atributov kot pri njihovi uporabi potrebno biti izredno previden. Program CRAFTY namreč v primeru omenjenih dveh atributov pri določitvi njunih vrednosti upošteva le polje na šahovnici, kjer se nahaja dama, ter pri tem uporablja statične, vnaprej določene vrednosti, brez upoštevanja ostalih lastnosti pozicije, kaj šele dinamičnih dejavnikov, praktično vselej prisotnih v šahovski igri.

4 ZAKLJUČEK

Z razvojem inteligentnega računalniškega sistema, ki bo na človeku razumljiv, prijazen in zanimiv način komentiral šahovske poteze, bi radi šahovsko moč, ki jo demonstrirajo današnji programi za igranje šaha, izkoristili za poučevanje šaha ter za komentiranje šahovskih partij. Glavna prednost našega pristopa je tako omogočenje komentiranja šahovskih partij v vseh fazah igre, kot tudi ta, da komentarji poleg zmožnosti komentiranja taktičnih pozicij izražajo tudi razumevanje strateških nians v pozicijah.

V članku smo izpostavili nekatere razlike med programom, specializiranim za igranje šaha, ter programom, katerega cilj je podajati kvalitetne komentarje. Predstavili smo naš pristop pri razvoju ekspertnega sistema, ki kombinira tehnike strojnega učenja z ekspertnim znanjem. Z njegovo pomočjo je program sposoben prepoznavati kompleksnejše koncepte, ki sicer računalniškim programom niso potrebni za uspešno igranje šaha, vendar njihova uporaba omogoča komentarje, koristne za razlago strateških elementov, ki se skrivajo v šahovskih pozicijah.

Na poti do cilja nas čakajo še prenekateri izzivi. Poleg predstavljenih težav pri uporabi strojnega učenja pri razvoju ekspertnega sistema, je potrebno rešiti še nekatere probleme kognitivne narave, npr. kdaj komentirati in kdaj ne, kako dolge variante podajati, podajati komentarje za uporabnike z različnim šahovskim predznanjem itd. Eden izmed ciljev, ki jih želimo doseči, je uporabiti naš inteligentni sistem tudi za avtomatsko generiranje povzetkov šahovskih partij.

Literatura

[1] Y. Bjoernsson in T. Marsland. Fritz 5.0 Wins the 1997 Herschberg Best-Annotation Award. *ICCA Journal,* Vol. 21, No. 1, 1998, str. 135-136.

[2] Seidel, R. Self-annotating elementary endgames. *ICCA Journal,* Vol. 17, No. 2, 1994, str. 51-62.

[3] Herbeck, H. in Barth, W. An explanation tool for chess endgames based on rules. *ICCA Journal,* Vol. 19, No. 2, 1996, str. 75-82.

[4] Gadwal, D., Greer, J.E., McCalla, G.I. Tutoring Bishop-Pawn endgames: An experiment in using knowledge-based chess as a domain for intelligent tutoring. *Applied Intelligence 3*, 1995, str. 207-224.

[5] Sadikov, A., Možina, M., Guid, M., Krivec, J., Bratko, I. Automated Chess Tutor. *Proc. of the 5th International Conference of Computers and Games (CG2006).*

[6] Freedmann, R. What is an Intelligent Tutoring System? *Intelligence*, Vol. 11, No. 3, 2000, str. 15-16.

[7] Mitchell,T.M. *Machine Learning*. McGraw Hill, 1997.

[8] Demšar, J., Zupan, B., Leban, G. Orange: From experimental machine learning to interactive data mining, http://www.ailab.si/orange (White Paper), University of Ljubljana, 2004.

[9] Witten, I. in Frank, E. *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*, 2nd Edition, Morgan Kaufmann, San Francisco, 2005.