

# Aktivnost 20

---

## Računalnik se uči

Inteligentni papir ni inteligenčen, ker se ni *sam* naučil igrati? Prav. Sestavili bomo računalnik iz plastičnih lončkov in bombonov, ki se bo sam učil igrati igro tako dobro, da bo vedno premagal človeka. To bo menda končno pomenilo, da je pameten, ne?

### Namen

Otroci spoznajo preprost postopek strojnega učenja.

Starejšim otrokom lahko razložimo drevo pozicij.

### Potrebščine

Za vsak računalnik iz bombonov potrebuješ

- plošča za križce in krožce; narediš jo lahko tudi tako, da s pleskarskim selotejpom nalepiš črte na mizo
- po tri figure v obliki križcev in krožcev; lahko jih izrežeš iz kartona
- pole s pozicijami
- 24 plastičnih lončkov
- veliko bombonov; za vsak računalnik potrebuješ
  - 5 rdečih bombonov
  - 11 rumenih bombonov
  - 13 vijoličnih bombonov
  - 12 rjavih bombonov
  - 13 modrih bombonov

Glede na barve so primeri bomboni Smartie ali M&M. Upoštevaj tudi, da se v vsaki igri se del bombonov poje. Pri roki imej tudi dodatne bombone za razočarane otroke.

Da boš pokazal igro otrokom, lahko izrežeš iz kartona večje figure in nanje nalepiš magnetne, da jih boš lahko prestavljal po tabli.

### Dodatna navodila

Pazi na otroke, ki so alergični, na primer na arašide. Tudi Smartie brez arašidov vsebujejo sledove arašidov.

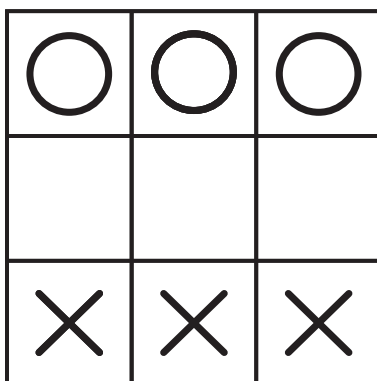
Ne izvajaj pred kosilom. :) (No, ni tako hudo.)

## Računalnik iz bombonov

### Priprava

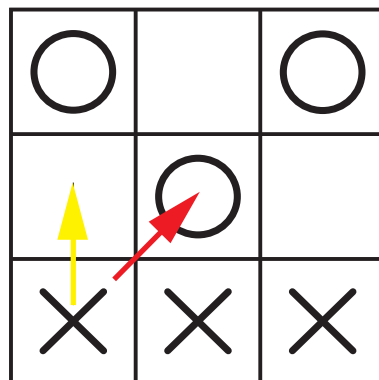
Za veliko igralno ploščo pripravi dovolj prostora, da bodo lahko otroci stali okrog nje. Lahko uporabiš tudi magnetno tablo, na figure iz papirja pa nalepiš magnetke.

Razporedi figure, kot kaže slika.



Razporedi pole s pozicijami tako, da so pole za prvo potezo skupaj, pole za drugo skupaj in pole za tretjo potezo skupaj. To ti bo olajšalo iskanje pol med igro.

Poleg vsake pole ali nanjo postavi po en lonček. V lončke daj bombone: za vsako puščico, ki je na poli, da v lonček bombon te barve. Če ima pola, recimo, rumeno in rdečo puščico (kot na sliki na desni), naj bosta v lončku, ki je na tej poli, rumen in rdeč bombon. Računalnik je s tem pripravljen.



Če imaš manjšo skupino otrok, lahko računalnik pripravite skupaj.

### Pravila igre

Igra, ki se jo bo računalnik naučil igrati, se imenuje Šest kmetov. Igramo jo na plošči velikosti  $3 \times 3$ . Uporabljamo lahko križce in krožce ali drugačne figure. Figure se premikajo podobno kot šahovski kmetje. V vsaki potezi lahko igralec

1. premakne eno figuro naprej, a le, če je polje pred njo prazno, ali
2. diagonalno vzame nasprotnikovo figuro.

Gornja slika kaže možne prve poteze s križcem po tem, ko igralec s krožci kot prvo potezo premakne srednji krožec.

Križec na levi lahko pomaknemo naprej (saj je polje pred njim prazno), ali pa ga pomaknemo na srednje polje in s tem vzamemo nasprotnikov srednji krožec. Križec na desni ima zrcalno enaki možni potezi. (Ker takšne poteze na igro ne vplivajo, saj potem vse teče zrcalno, jih niti nismo risali.) Srednji križec se ne more premakniti naprej, ker je

polje zasedeno, niti se ne more premakniti po diagonali, saj tam ni nasprotnikovih figur, ki bi jih bilo mogoče vzeti.

Igra se konča, ko enemu od tekmovalcev uspe

- postaviti eno od svojih figur v zadnjo vrsto,
- vzeti nasprotniku vse figure, ali
- doseči, da nasprotnik ne more storiti nobene poteze.

Otrokom razloži igro tako, da z njimi odigraš nekaj primerov.

### Igranje z računalnikom

Za vsako igro so potrebni trije učenci: en učenec igra kot "človek", drugi premika figure za računalnik in tretji, ki predstavlja računalnik, tako da dela le po točno določenih navodilih in narekuje poteze drugemu.

Igro bo *vedno začel človek*. Človek igra s krožci.

Da bi bilo število pol manjše, sta za človeka predvideni le dve prvi potezi – človek premakne krožec na sredini ali na levi (to je, svoji desni) strani. Če učenec v začetku premakne krožec na (svoji) levi, ga prosi, da premakne raje tistega na desni. Pojasni, da to v resnici ničesar ne spremeni, le količina papirja je zaradi tega skoraj pol manjša. Če bi hoteli, bi očitno lahko pripravili tudi zrcalne pole.

### Navodila za računalnik

Računalnik bo poteze žrebal. Na vsaki poli so možne poteze označene s puščicami, v lončku zraven nje so bomboni istih barv. Vsakič, ko je na potezi računalnik, mora otrok, ki dela z njim, storiti naslednje:

1. Poišči polo s sliko, ki ustreza trenutnemu položaju.
2. Vzemi lonček; zapri oči, stresi lonček in izžrebaj bombon.
3. Poglej barvo bombona in sporoči ustrezno potezo.
4. Odloži lonček nazaj; izžrebani bombon postavi poleg lončka, kjer bo ostal do konca igre.

Če se zgodi, da v lončku ni nobenega bombona, se računalnik preda in človek zmaga.

Če je v kakem lončku le en bombon, žrebanje seveda ni več potrebno in lahko bombon preprosto vzamemo iz lončka, ga postavimo zraven njega in naredimo zahtevano potezo. Če ta privede v poraz, pa tak bombon vseeno pojemo.

Za začetek odigraj nekaj iger, da bodo otroci razumeli, kako deluje računalnik.

### Učenje iz napak

V začetku računalnik ne zna ničesar: izbira lahko izmed vseh dovoljenih potez, izbor bo naključen in vse poteze – dobre in slabe – bodo enako verjetne. Kako ga bomo učili? Tako, da ga bomo za napačne poteze kaznovali.

- Vsakič, kadar računalnik izgubi (ker je človek zmagal ali pa, ker se je računalnik predal), učenec, ki ga je premagal, poje zadnji izžrebani bombon. Če je, recimo, igra trajala tri poteze, poje zadnji bombon; prva dva pusti.
- Če zmagata računalnik, mu ne pojemo nobenega bombona. (Če te skrbi, da bodo otroci razočarani, imej pripravljene rezervne bombone. Računalnikove pusti!)

**Vse preostale bombone** zloži nazaj v lončke, ne glede na to, ali je računalnik izgubil ali zmagal. Otroci se bodo radi zmotili in (v lastno veselje) pojedli vse bombone, ki so vodili do poraza, ne le zadnjega. Opozori jih, da tega ne smejo početi, saj bi s tem pokvarili računalnik.

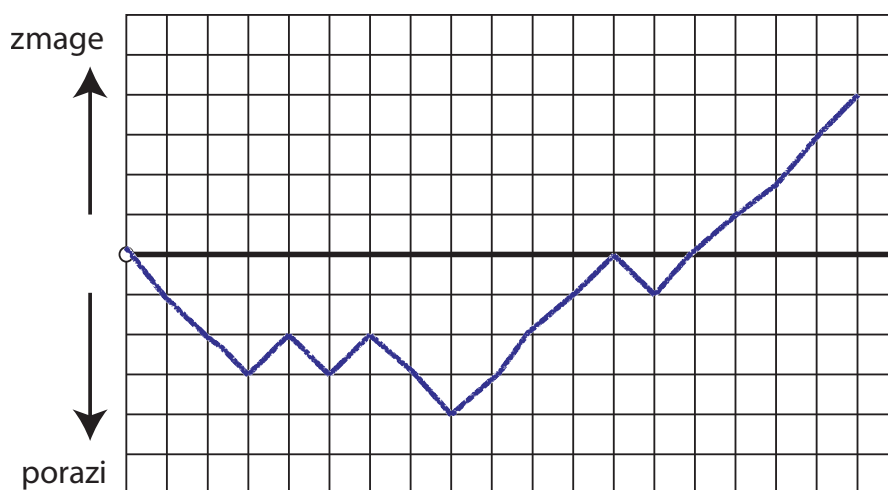
Igro ponavljaj. Računalnik bo morda prvič zmagal že kmalu, brez napake pa bo igral po kakih dvajset igrach (od tega, kako raznoliko bodo igrali otroci, je odvisno, koliko iger bo potrebnih, da odstrani napačne poteze).

Otroke opozori na učinek kaznovanja: računalnik ne bo nikoli več naredil poteze, s katero je izgubil oziroma prišel v položaj, zaradi katerega se je moral predati. Vprašaj jih, ali se računalnik kaj nauči tudi iz zmage. (Odgovor je: ne. Tudi računalnik se uči na napakah – in samo na napakah.)

### Krivulja učenja

Kot vzporedni cilj se otroci lahko naučijo grafično prikazati krivuljo učenja. Vsak učenec potrebuje list karirastega papirja (list iz priloge). Pripraviš lahko še večji papir za uradnega zapisovalca.

Risanje začnemo na levi. Ob vsakem računalnikovem porazu narišemo črto diagonalno navzdol, ob zmagi navzgor. Potem krivulje ilustrira računalnikovo učenje. Na spodnji sliki je računalnik najprej trikrat izgubil, nato zmagal, izgubil, zmagal, še dvakrat izgubil nato pa – z enim samim porazom, le še zmagoval.



### Pogovor

Smo računalniku tokrat dali navodila, kako mora igrati igro, da bo zmagal, ali se je tega naučil sam? Naučil se je sam: s poskušanjem je odkril, katerih potez ne sme narediti. Da takšnih, napačnih potez ne bi več delal, si "zapomni" tako, da izgubi bombon, s katerim bi jo lahko izžrebal.

Čeprav je naš računalnik narejen iz papirjev, lončkov in bombonov, bi lahko napisali tudi program, ki bi počel enako, le namesto bombonov bi imel enice, ki bi se ob porazih spreminjale v ničle. Pravi računalnik ne bi več potreboval človeka, da zanj išče papirje in žreba bombone. Vendar bi program deloval enako.

Ob prejšnji aktivnosti smo sklenili, da bomo računalnik razglasili za pameten, ko se bo znal sam naučiti igranja igre. Zdaj imamo tudi tak računalnik. Je pameten?

Odgovora na to vprašanje ni. Na nek način je pameten, vendar je vse odvisno od tega, kaj pomeni "biti pameten". V resnici tega, kaj pomeni pamet, inteligenca, ne znamo dobro povedati niti za ljudi.

### Razširitve

Ko zna računalnik dobro igrati, bo imela večina lončkov samo en bombon: računalnik neha žrebat, temveč igra po pripravljeni strategiji. Jo lahko otroci opišejo? Tako bodo naučeno znanje v bistvu strnili v "pametni papir" za Šest kmetov. Dela se je najboljšje lotiti tako, da za začetek odstranimo vse pole brez bombonov, ostale pa zložimo v drevo.

Kaj, če, bi računalnik tudi nagrajevali? Vsakič, ko zmaga, v vsak lonček poleg bombona dodamo še en bombon iste barve. Na ta način bodo poteze, ki so boljše, večkrat izžrebane. To bi bilo sicer kratkoročno dobro, dolgoročno pa bi računalnik zato potreboval dalj časa, da bi odigral – in izločil – vse slabe poteze.

## Za učitelje: za kaj gre?

Eden od pionirjev umetne inteligence, Donald Michie, si je leta 1961 izmislil podoben "računalnik" za učenje igre križcev in krožcev iz prejšnje aktivnosti. Namesto papirnih lončkov je uporabil vžigalične škatlice, v katere je dal barvne kroglice, na koncu vsake pa je bil papir v obliki črke V; žrebal je tako, da je potresel škatlico in izbral kroglico v konici V-ja. Ob porazu je iz škatlic jemal kroglice, ob zmagah jih je dodajal. Čeprav je računalnik deloval, je za naše potrebe neuporaben, saj zahteva 300 škatlic (ali pol in lončkov), poleg tega pa je Michie potreboval 220 iger, ki so trajale dva dni, da ga je strenal.

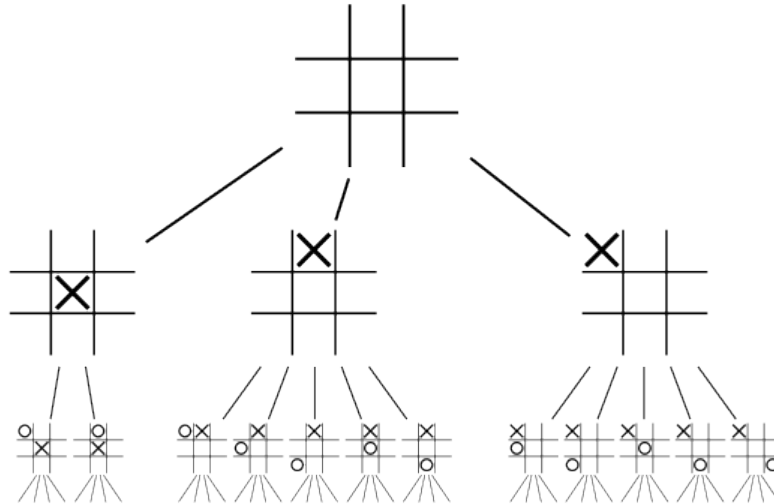
Igro Šest kmetov, ki se v originalu imenuje Hexapawn, si je izmislil popularni avtor člankov in iger iz "rekreativne matematike" Martin Gardner (1914 – 2010). Prednost igre je, da ima manj različnih možnih položajev (in s tem pol ali škatlic). Igra je celo tako preprosta, da ni težko videti, da lahko igralec, ki je na potezi drugi, vedno zmagaja, če igra pametno. Vendar tega z otroki ni potrebno analizirati, razen, morda, po končani aktivnosti. To aktivnosti sicer ne naredi nič manj zanimive: računalnik je "pameten" že zato, ker je uspel poiskati optimalno strategijo.

Aktivnost sodi na področje umetne inteligence, točneje strojnega učenja. Strojno učenje je področje računalništva, ki se ukvarja z algoritmi, s pomočjo katerih računalnik na podlagi podatkov ali poskusov, ki jih aktivno izvaja ali pasivno opazuje, pridobi novo znanje. Strojno učenje je v zadnjem času vedno bolj povezano s statističnim modeliranjem (linearna regresija se, recimo, pogosto predava tudi v okviru predavanj iz strojnega učenja).

Strojno učenje in umetno inteligenco uporabljamo vsakodnevno. Od začetkov, recimo, v medicini, kjer so z računalniki sestavljali modele za diagnostiko različnih bolezni, dandanes uporabljamo postopke avtomatskega učenja čim se usedemo za računalnik. Google poskuša profilirati uporabnike, naučiti se poskuša čim več o njih, da jim bo lahko pri iskanju ponudil strani, ki jih v resnici zanimajo (poleg tega pa reklame, ki bi jih utegnile v resnici zanimati). Tako ob iskanju po geslu Python biologu pokaže kače, računalnikarju pa programski jezik. Podoben posel opravljajo priporočilni sistemi. Ko si v spletni trgovini ogledamo nekaj izdelkov, nam trgovina začne ponujati druge izdelke, ki bi nas utegnili zanimati. Izbere jih na podlagi tega, kar vse so si še ogledale druge stranke, ki so jih zanimali isti izdelki kot nas. Tudi to je oblika učenja.

Učenje, ki ga izvaja računalnik v naši igri, sodi na področje spodbujevanega učenja (reinforcement learning). To se ukvarja s postopki, s katerimi se računalnik nauči, kako priti do določenega cilja.

Kar se v igri resnično dogaja, je naslednje. Vse igre, pri katerih igralca vlečeta poteze, lahko predstavimo z drevesom, kot je spodnje drevo za križce in krožce.



Z izbiranjem poteze se odločimo za eno od vej v drevesu, po katerem potujemo od korena (na vrhu), do listov, to je, končnih položajev na dnu. V nekaterih listih zmagamo, v drugih izgubimo, v tretjih je igra neodločena. Dober igralec izbira tiste veje, ki ga vodijo do zmage. Če za igro obstaja "zmagovalna strategija" to pomeni, da lahko v naslednji potezi zmagamo, ali pa nam je na voljo poteza, po kateri bomo ne glede na nasprotnikov odgovor imeli na voljo zmagovalno potezo, ali pa nam je na voljo poteza, po kateri nam bo ne glede na nasprotnikov odgovor na voljo poteza, po kateri nam bo ne glede na nasprotnikov odgovor...

Ko računalnik izgubi, "odreže" del drevesa, ki ga vodi v poraz. Drevo s tem postaja vedno manjše. Če otroci igrajo tako, da lahko računalnik "preišče" vse dele drevesa, na koncu ostane le še zmagovalna strategija: seznam takšnih odgovorov na vse možne človekove poteze, da računalnik v vsakem primeru zmagaja.

Da je igra takšne narave, da za drugega tekmovalca vedno obstaja zmagovalna strategija, nam pride seveda prav.

Spodbujevano učenje se zna učiti tudi bolj zapletenih strategij, v katerih ne obstajajo zmagovalne strategije temveč morda le boljše in slabše, preprostejše in bolj zapletene, cenejše in dražje poti do cilja. Običajno postopki delujejo tako, da po uspešnem prihodu na cilj "nagrajijo" vse poteze, ki smo jih napravili; najbolj nagrajene so zadnje poteze, starejše pa vedno manj. Na to obliko učenja smo namigovali z dodajanjem bonbonov v škatlice.

Kako pa je z umetno inteligenco? Če niti oblika učenja, kakršno predstavljamo v tej aktivnosti, še ni umetna inteligenca – računalnik se navsezadnje tudi tu "uči" le tako, da akumulira znanje v skladu z določenimi pravili – obstaja še kaj boljšega, bolj inteligentnega?

Ne. To je to. Računalniki so in bodo le izvrševalci navodil. Potemtakem umetne inteligence ni in ne bo?

Počasi, ne tako hitro. Vse je odvisno od tega, čemu rečemo (umetna) inteligenca. Filozofi umetne inteligence in čisto pravi filozofi se o tem radi pogovarjajo in so si izmislili tudi precej zanimivih miselnih eksperimentov. Alan Turing, ki ga srečamo na vsakem vogalu

računalništva, si je izmislil test, ki ga po njem imenujemo Turingov test: računalnik bo inteligenčen, ko poskusne osebe, ki se bodo pogovarjale (recimo prek tipkovnice) z računalnikom in s človekom, ki bosta v drugi sobi, ne bodo mogle razlikovati, kdo je kdo. Filozof John Searle meni, da računalnik ne bo nikoli inteligenčen, ker ne bo *razumel* tega, kar govori ali izpisuje. Zgodbo je ilustriral s kitajsko sobo (*Chinese room experiment*), v kateri je človek, ki se dela, da razume kitajsko, tako da pod vrati dobiva listke s kitajskimi pismenkami in vrača odgovore, ki jih sicer napiše sam, vendar skladno z navodili, ki jih ima v knjigi. Tak človek bi za zunanjega opazovalca ustvaril vtis, da zna kitajsko, v resnici pa *ne bi razumel* ničesar. Turingov test je potemtakem zgrešen. Kaj pomeni *razumeti*, pa se je trudil opisati Wittgenstein v poskusu s hroščem v škatli (*Beetle box experiment*), v katerem imamo kup ljudi s škatlicami, ki...

A pravzaprav niti ni pomembno. Povedati hočemo le, da je dilema o tem, ali so računalniki sploh lahko inteligentni ali ne, bolj stvar filozofije kot računalništva. Pa jo zato tudi prepustimo filozofom.