

UPORABA INTELIGENTNIH SISTEMOV PRI NAPOVEDOVANJU GIBANJA TEČAJEV VREDOSTNIH PAPIRJEV

Alojz Tapajner, Peter Kokol

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova 17, 2000 Maribor

alozj.tapajner{kokol}@uni-mb.si

Povzetek

V zadnjem času dosega trgovanje z delnicami v tujini vse večji razmah, predvsem med malimi delničarji. Trgovanje postaja hkrati šport in igra na srečo, ki je po obsegu že zdavnaj prekosila tradicionalne oblike, kot sta na primer loto ali stave. Vsakdo poskuša v čim krajšem času zaslužiti čim več. Pri natančnejšem opazovanju gibanja tečajev je razvidno, da lahko največ zaslužimo s kratkoročnimi transakcijami. Vprašali smo se, kakšne rezultate bi lahko pri napovedovanju gibanja tečajev dosegli z inteligentnimi sistemi in predvsem kakšna je ponovljivost dogodkov na borzi, ali je te dogodke možno napovedati? Odločili smo se, da analiziramo gibanje tečajev v preteklosti in na podlagi iskanja sorodnosti med trenutnim in preteklim stanjem napovemo, kaj se bo zgodilo v bližnji prihodnosti. Kot osnovo inteligentnega sistema smo uporabili odločitvena drevesa.

Abstract

USE OF INTELLIGENT SYSTEMS FOR STOCK MARKET PREDICTION

In economically developed countries stock trading has been growing recently to even larger dimensions, particularly among small investors. Everybody tries to make a fortune in a short time. When observing the stock charts it would seem that short term trading is the best solution to earn money. The question is whether it is possible to predict those occurrences with intelligent systems? We decided to analyse stock performance in the past and based on the research of relationship between past and present to predict what will happen in near future. To accomplish this task we have built several intelligent systems based on decision trees.

1. Uvod

V zadnjem času dosega trgovanje z vrednostnimi papirji (delnicami) v gospodarsko razvitih državah vse večji razmah, predvsem med malimi delničarji. Trgovanje postaja hkrati nacionalni šport in igra na srečo, ki je po prometu že zdavnaj prekosila tradicionalne oblike, kot sta npr. loto ali stave. Vsakdo poskuša v kratkem času zaslužiti čim več. Pri nakupih delnic pa poslovanje in položaj podjetij na trgu že dolgo nista edino merilo. Pri natančnejšem opazovanju trga je namreč razvidno, da se zasluži največ s kratkoročnimi investicijami. Analizirali smo gibanje tečajev v preteklosti in na podlagi iskanja sorodnosti med današnjim in preteklim stanjem napovedali, kaj se bo zgodilo v bližnji prihodnosti z uporabo inteligentnih sistemov (IS) in sicer odločitvenih dreves.

Pri pregledu literature smo zasledili številne matematične modele, ki napovedujejo gibanje tečajev vrednostnih papirjev, ki imajo dokaj ustaljeno nihanje (vrednostni papir počasi raste ali oscilira). Številni inteligentni sistemi napovedujejo kar gibanje centralnega borznega indeksa (Dow Jones, DAX), kjer pa gre v glavnem le za napovedovanje borznega trenda [9-11]. Rezultati teh IS so zelo dobri, saj dosegajo tudi verjetnosti zadetka nad 70 %, v primeru turbulenc (večje dinamike gibanja) pa rezultati niso več uporabni. Naš

cilj je napovedovanje tečajev podjetij tako imenovanih novih trgov (NASDAQ, Neuer Markt), saj dinamika gibanja tečajev pomeni večji izziv za analizo, z ekonomskega vidika pa tudi največjo možnost zaslužka. Kljub temu, da delnice nove ekonomije doživljajo v zadnjem letu in pol velike zlome, centralni indeks Nasdaq je izgubil od marca 2000, ko je dosegel rekord, pa do danes okoli 60% in Nemax več kot 80%, se situacija glede možnosti velikega zaslužka ni spremenila, povečala se je le stopnja tveganja.

Za analizo vrednostnih papirjev smo izdelali številne matematične modele, s katerimi smo obdelali tečaje in promet ter izračunali najrazličnejše kazalnike (indikatorje) in jih v obliki vhodnih atributov uporabili za generiranje odločitvenih dreves. Analiza, ki smo jo opravili, je po našem mnenju dokaj sorodna tehnični analizi vrednostnih papirjev, saj smo za analizo uporabili le tečaje in promet vrednostnih papirjev.

2. Odločitvena drevesa

Odločitvena drevesa spadajo med metode induktivnega učenja, torej avtomatskega učenja iz rešenih primerov [2, 3]. Cilj je odločitvena struktura - drevo, ki temelji na učnih primerih in je sposobno čim bolj

uspešno »rešiti« še neznan primer. Sam proces učenja je zajet v oblikovanju dreves, saj odločitvena drevesa hranijo izluščeno znanje prav v svoji obliki. Samo drevo sestoji iz dveh vrst vozlišč – atributna (testna) vozlišča so testi vhodnih vzorcev, končni listi pa so kategorije testiranih vzorcev. Drevo vhodni vzorec klasificira s prehodom od začetnega vozlišča do končnega lista s sprotnim odločanjem v vsakem vozlišču o nadaljnji smeri prehoda. Sama drevesa se ločijo po številu testov, ki jih lahko opravimo v enem vozlišču, po številu možnih odgovorov in tudi po številu razredov, kamor lahko drevo uvrsti neki vzorec. Sami testi v notranjih vozliščih se lahko izvajajo nad numeričnimi ali diskretnimi vrednostmi in so torej ustrezne oblike, vsak list pa predstavlja možni odgovor na zastavljeno vprašanje. Glavni odliki dreves sta njihova preprostost za uporabo in izraznost rešitve ter naučenega znanja – zgradba drevesa je osnova za napoved, v kateri razred spada neki vzorec in katera vprašanja so pri tej odločitvi pomembna.

3. Tehnična analiza vrednostnih papirjev

Tehnična analiza delnic daje nakupni ali prodajni signal glede na določene grafične formacije gibanja tečajev delnic ali njihovega prometa v preteklosti [6]. Obstaja še temeljna analiza podjetja, kjer gre za oceno položaja podjetja danes in v prihodnosti, vendar lahko takšno oceno poda le strokovnjak s področja, v katerem podjetje posluje, tako da natančno opredeli vse možnosti in tveganja, ki jih panoga vsebuje. Uspešen investitor mora upoštevati obe analizi, temeljno za izbiro ustreznega podjetja (panoge) in tehnično za pravočasen nakup in prodajo [5].

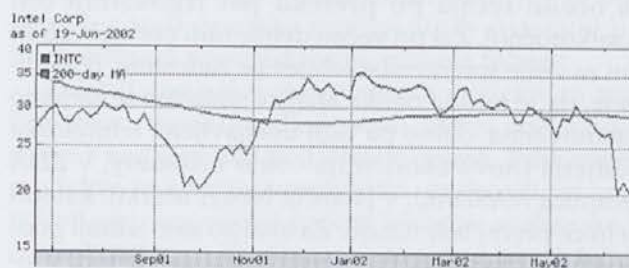
Značilnost tehnične analize je, da na vhodu (vhodni podatek) sprejme veliko količino podatkov o preteklem trgovanju. Investitorja po drugi strani zanima le odgovor na vprašanje ali izvesti transakcijo z določenim vrednostnim papirjem ali ne. Tehnična analiza omogoča enostaven grafičen prikaz nekaterih dejstev in trendov, na podlagi katerih se investitor lažje odloči za nadaljne akcije. Odgovori na vprašanja so prikazani s pomočjo grafičnih krivulj, ki so izračunane na osnovi določenih matematičnih formul. Številne tuje finančne ustanove in razni finančni portali nudijo storitev tehnične analize brezplačno na internetu. Mi smo za spodnje primere uporabili spletno aplikacijo, ki jo nudi Yahoo (<http://finance.yahoo.com>).

Obstaja mnogo kazalnikov tehnične analize vrednostnih papirjev, omenili bomo le najznačilnejše:

1. Drseče povprečje (Moving Average)

Drseče povprečje prikazuje zgledno različico grafa gibanja tečajev delnice. Z drsečim povprečjem

izločimo moteča nihanja, tako da lažje prepoznamo trend gibanja tečajev. Obdobja, ko so tečaji nad krivuljo drsečega povprečja, označujemo kot *pozitivna* (v borznem žargonu *bikovska*). Obratno velja, da kadar so tečaji pod krivuljo drsečega povprečja, je trend *negativen* (*medvedji*). Kazalnik pove tudi, kdaj je primeren trenutek za nakup ali prodajo. To se zgodi v dveh primerih: ko graf tečajev preseka drseče povprečje od spodaj navzgor, je trenutek za nakup, ko ga preseka v obratni smeri, je čas za prodajo (slika 1.a).

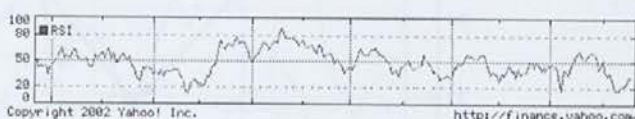


Slika 1.a:

Zglajena krivulja na grafu predstavlja 200-dnevno drseče povprečje

2. Relativna moč (RSI – Relative Strength Index)

Kazalnik se giblje v mejah od 0 do 100. Kadar se kazalnik povzpne nad zgornjo signalno črto (vrednost 70), daje znak, da je vrednostni papir precenjen. Če tako stanje sovpada z obratom v trendu gibanja tečajev, to pomeni priložnost za prodajo. Obratno, kadar se indeks spusti pod spodnjo signalno črto (vrednost 30), pomeni da je vrednostni papir podcenjen. Skupaj z obratom gibanja tečajev je to signal za nakup delnice. Od svojega nastanka 1978 se je ta kazalnik potrdil v dobri predvidljivosti in postal eden izmed najbolj uporabljenih orodij tehnične analize (slika 1.b).



Slika 1.b: Indeks relativne moči za graf gibanja delnice na sliki 1.a.

4. Analiza vrednostnih papirjev z uporabo odločitvenih dreves

Naš pristop analize vrednostnih papirjev temelji na preučevanju preteklega gibanja tečajev in iskanju sorodnih ciklov s pomočjo odločitvenih dreves. Za attribute smo uporabili tečaje delnic in njihov promet v obdobju zadnjih šestih let, od januarja 1995 do decembra 2001. Za odločitveni atribut smo izbrali razreda: *kupi* in

čakaj. Na podlagi razredov odločitvenega atributa je naš cilj določiti dober trenutek za nakup. Določeni pomembni podatki, ki vplivajo na tečaje delnic in hkrati na časovni termin nakupa delnic, kot so npr. stopnja inflacije, medbančne obrestne mere, potrošniški indeksi, gospodarska rast itd, pri tehnični analizi niso zajeti.

Tehnična analiza delnic je v večini primerov kratkoročna analiza gibanja tečajev, kjer ustrezne grafične formacije obetajo določen kratkoročni trend rasti ali padanja delnice. Tako smo se tudi mi odločili za oceno tečaja po preteku pet trgovalnih dni (kratkoročno). Žal pri večini delnic tudi pet trgovalnih dni za večje spremembe tečajev ne zadostuje. Posledica je, da je takšna oblika analize smiselna le za novo ustanovljena, delno pa tudi uveljavljena tehnološka podjetja (nova ekonomija - new economy, v ZDA tečajnica NASDAQ, v Nemčiji Neuer Markt), katerih delnice precej bolj nihajo. Za analizo smo izbrali podjetje Intel s tečajnice NASDAQ (vsebovan je tudi v indeksu Dow Jones Industrial), ki simbolizira dinamično gibanje tečajev. Izračunali smo, da tečaj delnic podjetja Intel v omenjenem petdnevem roku poraste za več kot 2,5 %, v 35 % učnih primerov (objektov). Na podlagi tega rezultata smo izbrali sledečo lestvico razredov odločitev (preglednica 1):

Preglednica 1: Razredi odločitev

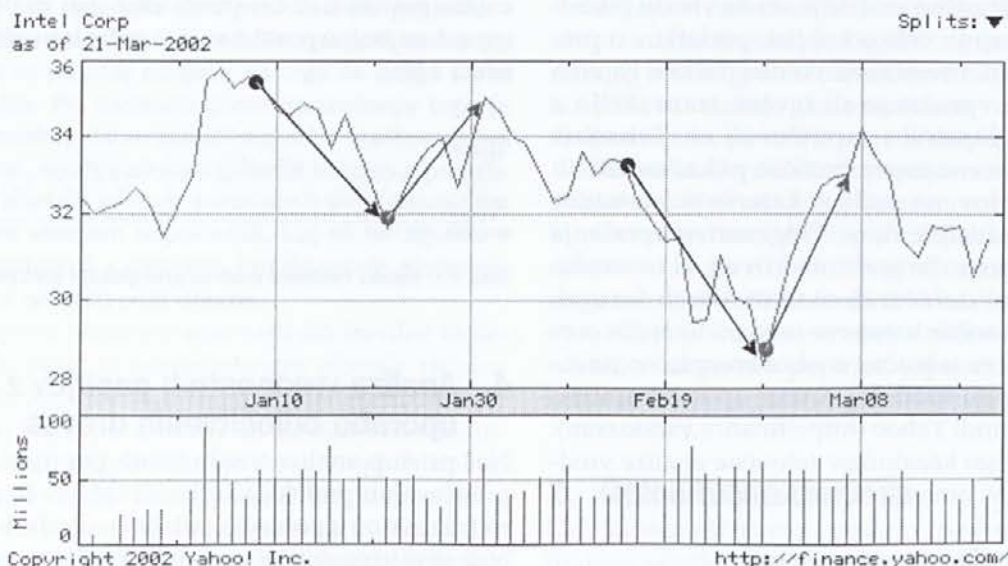
kupi	-	porast tečaja > 2,5 %,
čakaj	-	porast tečaja ≤ 2,5 %

Glede na to, da je provizija pri nakupu in prodaji delnic vse manjša (zaenkrat žal le v tujini, npr. pri nem-

škem Comdirectu znaša ta pri nakupni vrednosti 10.000 € okoli 0,2 %), predstavlja danes porast delnice za 2,5 % minimalen zaslužek, tudi če upoštevamo najvišji razred davčne stopnje (50 %). Na primer, če delnica v roku petih dni pri vložku 10.000 € poraste za 2,5 %, odbijemo 0,4 % za provizijo in še 1,25 % za davek na dobiček, potem nam ostane 0,85 % oziroma 85 € čistega dobička. Temu sledi, da se nam vrednost 2,5 % z ekonomskega vidika ne zdi prenizka.

Na sliki 2 je lepo razvidno nihanje vrednostnega papirja Intel v prvem kvartalu 2002. Na sliki smo s puščicami označili dve podobni grafični formaciji, ki jih morda lahko napovemo. Opazimo lahko, da so trendi časovno gledano približno enako dolgi in s tega vidika je neka stopnja ponovljivosti prisotna. Težava je v tem, da gibanje tečajev nima vedno tako očitnih enakomernih trendov, kar znatno oteži analizo in napovedovanje. Z ekonomskega vidika je kratkoročno trgovanje tehnoloških delnic povsem upravičeno, saj delnica v roku 3 mesecev ni pridobila na vrednosti, z uspešnimi kratkoročnimi nakupi in prodajami pa bi lahko zaslužili okoli 20 % in več.

Podjetje Intel je eden izmed glavnih nosilcev indeksa nove ekonomije NASDAQ Composite, ki ga sestavlja 500 podjetij nove ekonomije, vsako podjetje (delnica) ima v njem določeno utež, ki je odvisna od tržne kapitalizacije (število delnic pomnožimo s trenutnim tečajem) in povprečnega dnevnega prometa na borzi. Kotira tudi v indeksu polprevodnikov SOXX (Semiconductor index), ki je tako rekoč »pojem« nove ekonomije. SOXX v bistvu združuje vse polprevodnike znotraj tečajnice NASDAQ in odločilno vpliva na njegov trend. Če primerjamo grafa delnice Intel in



Slika 2: Dinamično gibanje tečajev delnice Intel (puščice prikazujejo trende)

indeksa NASDAQ, vidimo, da je gibanje dokaj primerljivo, z minimalnimi odstopanji (slika 3). Američani imajo pregovor: »Nasdaq goes like Intel goes«.

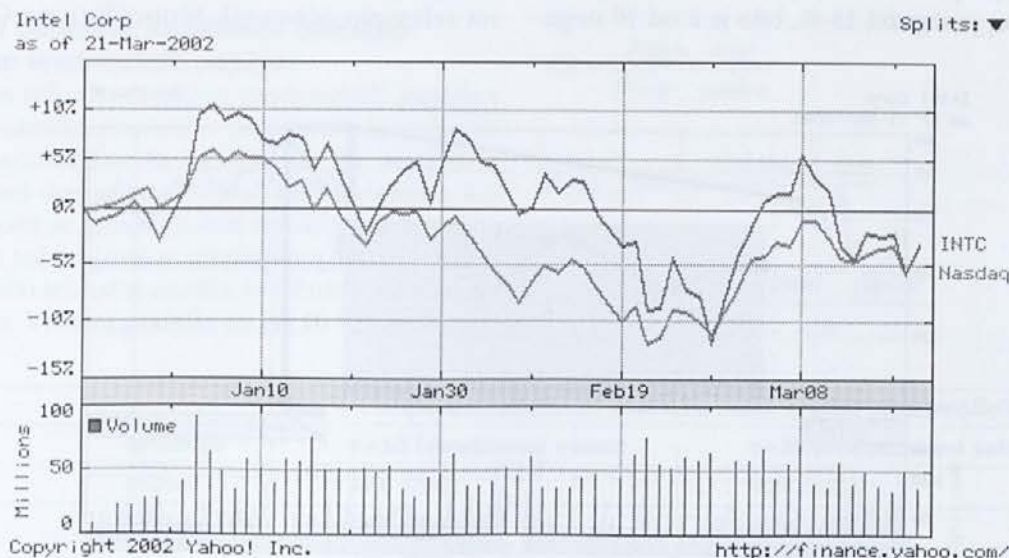
Če spremljamo poslovne rezultate tehnoloških podjetij po četrletjih, ugotovimo, da ti močno nihajo, kar seveda neposredno povzroči volatilitnost vrednostnih papirjev. Naslednji aspekt, ki pripomore k volatilitnosti, pa so še velika odstopanja od pričakovanih poslovnih rezultatov, tako v pozitivni kot tudi negativni obliki. Leto 1999 in 2000 so tehnološka podjetja doživljala senzacionalno rast, saj je vsakdo, npr. želel imeti računalnik, mobilni telefon, priključek na internet itd., kar se je zrcalilo v poslovnih rezultatih. Vrednostni papirji so temu primerno poskočili za nekaj 100% v pričakovanju še nadaljnje večje prodaje in rasti (npr. intel je od poletja 1998 do poletja 2000 zrasel kakšnih 300%). Da bi podjetja lahko obvladovala večja povpraševanja, so masivno večali proizvodne kapacitete in zaposlovali novo delovno silo. Čisto potihno in neopazno pa se je hkrati večala konkurenca, kar dolgoročno pomeni pritisk na stopnjo zaslužka. Konec leta 2000 je povpraševanje po produktih in storitvah upadlo, konkurenca je opravila svoje in sledil je poslovni zlom in tudi zlom borze vrednostnih papirjev (Nasdaq je izgubil 60 %, Neuer Markt pa kar 80%). Podjetja so imela in še danes imajo prevelike kapacitete in seveda preveč delovne sile, ki so jo predvsem 2001 masovno odpuščali in še dodatno bremenili že tako slabe poslovne rezultate v zadnjih dveh, treh četrletjih.

Tehnične analize in tudi fundamentalna analiza sta bili s stališča dogodkov leta 1999 in prve polovica leta 2000 moteč faktor. Preprosto povedano, kupil si

lahko poljuben vrednostni papir in počakal, da si obogatel. To prikazuje tudi statistični podatek, da je v letu 2000 v Nemčiji masivno poraslo število milijonarjev. Če pa vzamemo za primer gibanje tečajev od tega trenutka naprej, lahko ugotovimo, da brez fundamentalne in tehnične analize na borzi vrednostnih ni več mogoče uspešno poslovati. Le še nakup in prodaja v pravem trenutku prinašata dobiček in tako bo v bližnji prihodnosti tudi ostalo. Tako mora sedaj tudi mali delničar pozorno spremljati gibanje vrednostnih papirjev in poslovanje podjetij. Iz teh razlogov in trenutne situacije na trgu vrednostnih papirjev bi bila smiselna tudi uporaba inteligentnih sistemov pri kratkoročnem napovedovanju gibanja tečajev.

Izdelali smo nekaj matematičnih modelov za analizo delnic s pomočjo odločitvenih dreves, obetavnejše bomo v nadaljevanju podrobneje opisali. Vsak izmed modelov ima svoje posebnosti, poskusili pa smo pokriti vsaj osnovni del spektra tehnične analize vrednostnih papirjev. Za učno množico smo izbrali tečaje vrednostnih papirjev od januarja 1995 do decembra 1999, kar pomeni okoli 1400 tečajev (učnih objektov), za testiranje pa smo uporabili tečaje od januarja 2000 do decembra 2001, skupaj okoli 500 testnih objektov. Zaradi ustreznega preoblikovanja glede na izbrani matematični model se je število objektov spreminjalo. Tečajnica v ZDA, za razliko od ljubljanske borze, ne pozna srednjega tečaja, zato smo za analizo ter izdelavo učne in testne množice uporabili zaključni tečaj (preglednica 2).

Za testiranje postavljenih matematičnih modelov smo uporabili naslednje aplikacije za izdelavo odločitvenih dreves:



Slika 3: Primerjava gibanja delnice Intel (INTC) in indeksa »nove ekonomije« NASDAQ

Datum	Začetni	Najvišji	Najnižji	Zaključni	Promet
31-Dec-01	32.15	32.41	31.41	31.45	27,975,400
28-Dec-01	32.94	33.31	32.12	32.24	27,584,200
27-Dec-01	32.41	32.98	32.36	32.67	22,443,900
26-Dec-01	32.05	33.12	32.02	32.29	23,231,600
24-Dec-01	32.16	32.4	32	32.02	8,673,800
21-Dec-01	32.22	32.74	31.97	32.41	57,817,500
20-Dec-01	32.85	33.2	31.96	31.98	49,423,400
19-Dec-01	33.33	33.96	33.04	33.05	39,961,400

Preglednica 2:

Podatki o dnevnih tečajih, ki smo jih z različnimi matematičnimi modeli preoblikovali in pripravili učne in testne množice za analizo z odločitvenimi drevesi.

1. MtDeciT – klasično generiranje odločitvenih dreves [8]
2. DecRain – uporablja genetske algoritme [4]
3. C5.0 – statistični pristop gradnje odločitvenih dreves [1,2]

MtDeciT in DecRain sta aplikaciji, ki sta bili v laboratoriju za načrtovanje sistemov razviti v okviru različnih projektov, C5.0 pa je referenčna aplikacija na področju odločitvenih dreves.

5. Matematični modeli za napovedovanje gibanja tečajev vrednostnih papirjev

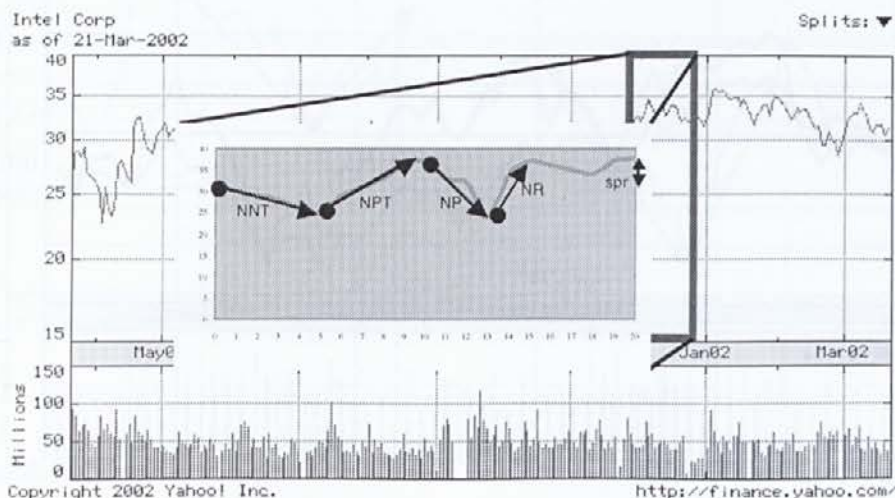
5.1 Matematični model razdelitve sektorja na neformalne kazalnike

Ko poskušamo opisati dogajanje na borzi v nekem obdobju, uporabljamo določene numerične attribute. Na primer, dogajanje v dveh tednih bi lahko opisali takole: Nasdaq je izgubil 15 %, bilo je 8 od 10 nega-

tivnih trgovalnih dni in največji enkratni padec je znašal 5 %. V takšnem scenariju mnogi investitorji vidijo priložnost poceni nakupa, nekateri zadnjo priložnost za umik s trga, mi pa z zanimanjem pričakujemo, kako bo položaj ocenil naš IS. Gibanje tečajev vrednostnih papirjev smo razdelili na sektorje, za primer smo vzeli 10 in 20-dnevne intervale (prikazano na sliki 4), in za vsak sektor izračunali naslednje attribute:

- spr ... sprememba tečaja v odstotkih med prvim in zadnjim tečajem v sektorju
- NPT ... najdaljši pozitivni trend v dneh
- NNT ... najdaljši negativni trend v dneh
- DR ... število dni rasti tečajev
- NR ... največja neprekinjena rast v odstotkih
- NP ... največji neprekinjeni padec v odstotkih

Izbrali smo kazalnike, ki so enostavno izračunljivi in po našem mnenju dobro opisujejo dogajanje v določenem obdobju. To so kazalniki, ki so redno prisotni tudi pri poročilih o borznem dogajanju v časopisih ali na televiziji (dnevnik Moneyline na CNN) in so



Slika 4: Razdelitev grafa delnice na 20-dnevne sektorje

nekakšna osnova za »ohlapni« opis situacije na trgu vrednostnih papirjev. Razred odločitve smo podali za pet trgovalnih dni v prihodnost.

Primer 1: Gradnja objekta učne množice, pri številu vhodnih atributov $n=10$:

Novi desetdnevni sektor se prične z $n=1$ in konča pri $n=10$, tečaj pri $n=0$ sodi v predhodni sektor (predstavlja zadnji tečaj predhodnega sektorja). Potrebujemo ga, da lahko izračunamo, ali delnica prvi dan v novem sektorju raste ali pada in za spremembo v odstotkih med zadnjima tečajema v zaporednih sektorjih.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tečaj	4	6	5	6	7	8	10	8	9	6	5	5	6	7	8	8

$$\text{spr} = \text{tečaj}(10)/\text{tečaj}(0) = 1.25$$

$$\text{NPT} = \text{tečaj}(2) \text{ do tečaj}(6) = 4$$

$$\text{NNT} = \text{tečaj}(8) \text{ do tečaj}(10) = 2$$

$$\text{DR} = 6$$

$$\text{NR} = \text{tečaj}(6)/\text{tečaj}(2) = 2$$

$$\text{NP} = \text{tečaj}(10)/\text{tečaj}(8) = 0.55$$

$$\text{razred} = \text{tečaj}(15)/\text{tečaj}(10) = 1.6$$

=> učni objekt:

spr	NPT	NNT	DR	NR	NP	razred
1.25	4	2	6	2	0.55	kupi (1.6)

Rezultati analize

Verjetnost zadetka je pri 10-dnevem nekoliko prekašala verjetnost pri 20-dnevem sektorju (preglednica 3), vendar rezultati v nobenem primeru ne izpolnjujejo pričakovanj. Model ne preseže verjetnosti zadetka 50 %.

5.2 Model obdelave kazalnikov tehnične analize vrednostnih papirjev

Kazalnikom tehnične analize vrednostnih papirjev smo se že nekoliko posvetili v poglavju 3, kjer smo že omenili najznačilnejša kazalnika. Za analizo z odločitvenimi drevesi smo izbrali tiste kazalnike, katerih vrednosti se gibajo znotraj omejenih intervalov, ne glede na tečaje delnice, imenujemo jih tudi oscilatorji. Kazalniki tehnične analize se računajo za vsak trgovalni dan. Vhodni podatki so pri 90 % kazalnikov

le tečaji, promet z delnicami praktično ni uporabljen. Pri vsakem kazalniku moramo podati tudi obdobje za izračun. Ker nas zanimajo kratkoročni trendi, smo izbrali desetdnevni interval ($n=10$). Pogosto uporabljena značilna izračuna zajemata tudi 200 (dolgoročno) in 38 (srednjeročno) dnevno obdobje. Ta podatek navajamo le kot zanimivost, saj je pogosto prisoten pri borznih poročilih in je dobro poznati njegov pomen.

Ker se so si različni kazalniki med seboj zelo podobni, smo poskušali izbrati skupino kazalnikov, ki so med seboj dokaj neodvisni. Med številnimi kazalniki smo tako izbrali naslednje štiri [7]:

- kazalnik relativne moči (RSI - Relative Strength Index)
- moment (Momentum)
- Williams %R
- kazalnik pretoka denarja (MFI - Money Flow Index)

Primer 2: Gradnja objekta učne množice z izračunom kazalnikov:

RSI (1):

Kot smo že omenili v poglavju 3, se kazalnik giblje v mejah od 0 do 100. Kadar se kazalnik povzpne nad zgornjo signalno črto (vrednost 70), daje znak, da je vrednostni papir precenjen. Če tako stanje sovпада z obratom v trendu gibanja tečajev, to pomeni priložnost za prodajo. Obratno, kadar se indeks spusti pod spodnjo signalno črto (vrednost 30), pomeni da je vrednostni papir podcenjen. Skupaj z obratom gibanja tečajev je to signal za nakup delnice.

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS} \quad (1)$$

$$RS = \frac{Povp_rast}{Povp_padec}$$

$$Povp_rast = \frac{Celotna_rast}{n}$$

$$Povp_padec = \frac{Celotni_padec}{n}$$

delnica	aplikacija	verjetnost zadetka pri analizi na testni množici (učni množici)	
		n=10 (desetdnevni sektor)	n=20 (dvajsetdnevni sektor)
Intel	MtDeciT	47% (79%)	40% (70%)
	DecRain	48% (65%)	43% (65%)
	C5.0	49% (90%)	43% (86%)

Preglednica 3: Metoda razdelitve signala na kazalnike

Zadnji	Sprememba	Porast	Padec	Povprečna_rast	Povprečni_padec	RS	RSI	
	46,125							
1	47,125	1	1	0				
2	46,4375	-0,6875	0	0,6875				
3	46,9375	0,5	0,5	0				
4	44,9375	-2	0	2				
5	44,25	-0,6875	0	0,6875				
6	44,625	0,375	0,375	0				
7	45,75	1,125	1,125	0				
8	47,8125	2,0625	2,0625	0				
9	47,5625	-0,25	0	0,25				
10	47	-0,5625	0	0,5625	0,5063	0,4188	0,8272	45,2703
11	44,5625	-2,4375	0	2,4375	0,4063	0,6625	1,6308	61,9883
12	46,3125	1,75	1,75	0	0,5813	0,5938	1,0215	50,5319
13	47,6875	1,375	1,375	0	0,6688	0,5938	0,8879	47,0297
14	46,6875	-1	0	1	0,6688	0,4938	0,7383	42,4731
15	45,6875	-1	0	1	0,6688	0,5250	0,7850	43,9791

Preglednica 4: Zgled za izračun RSI pri n=10

Izračun kazalnika RSI je nekoliko zapleten, zato podajamo še primer izračuna in sicer za desetdnevni časovni interval (preglednica 4).

Moment

Moment (2) poskuša ugotoviti trend, še preden ta postane očiten. Vzpenjajoč moment daje znak bikovskega, padajoč pa medvedjega trenda.

$$\text{Moment}(x, n) = \frac{\text{zadnji}(x)}{\text{zadnji}(x - n)} * 100 \quad (2)$$

Williams %R

Williamsov kazalnik (3) kaže mesto, v intervalu med maksimalnim in minimalnim tečajem, kjer je trenutno tečaj delnice. Kazalnik služi kot pomoč pri ocenjevanju trenda, saj nam pove, kako se sklepajo posli. Če je vrednost blizu spodnjega roba, pomeni, da so se posli sklepali blizu minimalnega tečaja. Če se krivulja prične obračati proti sredini pomeni, da prodajni pritisk slabi in obstaja možnost preobrata. Obratno velja za rast tečajev.

$$\text{will}(x) = -100 * \frac{\text{max}_v_času_n - \text{zadnji}(x)}{\text{max}_v_času_n - \text{min}_v_času_n} \quad (3)$$

MFI

Kazalnik pretoka denarja meri moč pretoka denarja v in iz delnic. Po izračunu je podoben kazalniku RSI, z razliko da upoštevamo promet. MFI temelji na ideji, da se v vrednostni papir investira, če je zadnji tečaj med najvišjimi tečaji ta dan, v primeru, ko je zadnji tečaj v bližini dnevnega minimuma, se prodaja. Če je zadnji tečaj tekočega trgovalnega dne višji od tečaja predhodnega trgovalnega dneva, govorimo o pozitivnem, sicer pa o negativnem pretoku denarja.

$$\text{Povp_cena}(x) = \frac{\text{max}(x) + \text{min}(x) + \text{zadnji}(x)}{3}$$

$$\text{Pretok_denarja} = \text{Povp_cena} * \text{Promet}$$

Sedaj je potrebno ločiti dneve z pozitivnim in negativnim pretokom denarja v določeni časovni periodi. Nato za pozitivne in negativne dneve sumiramo pretok denarja in izračunamo MFI.

$$\text{MFI} = 100 - \frac{100}{1 + \text{MR}} \quad (4)$$

$$\text{MR} = \frac{\text{Pozitivni_pretok_denarja}}{\text{Negativni_pretok_denarja}}$$

Izračun kazalnika MFI je pravtako malce zapleten, zato podajamo še primer izračuna in sicer za desetdnevni časovni interval (preglednica 5).

	Min	Max	Zadnji	Promet	Povprečna cena	Pretok denarja	Porast	Padec
	45	46.5	46.125	30003	45.875	1376387.625		
1	47.25	48.125	47.125	20000	47.5	950000	950000	0
2	46	47	46.4375	32424	46.47916667	1507040.5	0	1507040.5
3	46.5	47.9375	46.9375	64343	47.125	3032163.875	3032163.875	0
4	44.6875	45	44.9375	24242	44.875	1087859.75	0	1087859.75
5	44	44.5625	44.25	57575	44.27083333	2548893.229	0	2548893.229
6	44.5	45.25	44.625	42342	44.79166667	1896568.75	1896568.75	0
7	45.5	46	45.75	43242	45.75	1978321.5	1978321.5	0
8	47	48	47.8125	34343	47.60416667	1634869.896	1634869.896	0
9	47.5	48.25	47.5625	45632	47.77083333	2179878.667	2179878.667	0
10	47	47.75	47	34355	47.25	1623273.75	0	1623273.75
11	44	45	44.5625	56576	44.52083333	2518810.667	0	2518810.667
12	46	47.25	46.3125	47699	46.52083333	2218997.229	2218997.229	0
13	47.5	48	47.6875	45457	47.72916667	2169624.729	2169624.729	0
14	46.5	47	46.6875	34541	46.72916667	1614072.146	0	1614072.146
15	45	46	45.6875	27999	45.5625	1275704.438	0	1275704.438

Preglednica 5: Zgled za izračun MFI pri n=10

Povprečna_rast	Povprečni_padec	MR	MFI
11671802.6875	6767067.2292	0.5798	36.7000
10721802.6875	9285877.8958	0.8661	46.4116
12940799.9167	7778837.3958	0.6011	37.5433
12078260.7708	7778837.3958	0.6440	39.1741
12078260.7708	8305049.7917	0.6876	40.7444
12078260.7708	7031861.0000	0.5822	36.7965

Rezultati analize

Tudi pri tem modelu nismo prišli do boljših rezultatov glede na predhodni model (preglednica 6). Za izračun kazalnikov smo uporabili le kratkoročno desetdnevno časovno obdobje. Metoda ne preseže verjetnost zadetka 50 %, eden razlogov je pravgotovo, da je vhodnih atributov premalo.

Delnica	Aplikacija	verjetnost zadetka pri analizi na testni množici (učni množici)
Intel	MtDeciT	44% (70%)
	DecRain	44% (69%)
	C5.0	42% (88%)

Preglednica 6: Metoda izračuna kazalnikov tehnične analize

5.3 Model združitve kazalnikov

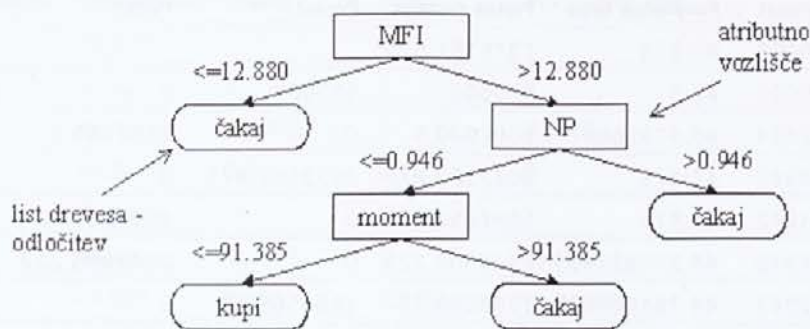
Matematična modela izračuna neformalnih kazalnikov in kazalnikov tehnične analize imata vsak posebej premalo vhodnih atributov za kvalitetno izdelavo odločitvenega drevesa, zato smo se odločili attribute obeh modelov združiti in ponovno generirati odločitveno drevo. Sedaj smo dobili precej boljše rezultate, verjetnost zadetka je prvič dosegla in preseгла stopnjo 60 %. Še posebej pa je izstopala verjetnost zadetka odločitve kupi s 75 % (preglednica 7).

Delnica	Aplikacija	verjetnost zadetka pri analizi na testni množici (učni množici)
Intel	MtDeciT	57% (69%)
	DecRain	62% (65%)
	C5.0	53% (73%)

Preglednica 7:

Združeni model neformalnih kazalnikov in kazalnikov tehnične analize

Na sliki 5 je predstavljeno odločitveno drevo, ki je dalo najboljše rezultate, poleg tega je tudi zelo enostavno saj ima le 3 atributna vozlišča in 4 liste z odločitvami. Odločitveno drevo sestavljata dva atributa kazalnikov tehnične analize (MFI in moment) in atribut iz skupine neformalnih kazalnikov (NP). Glede na število vhodnih atributov in učnih objektov



Slika 5: Odločitveno drevo pri modelu združenih kazalnikov

vidimo, da je zgrajeno odločitveno drevo izredno majhno. Če imamo na voljo dve odločitveni drevesi z enako kvaliteto odločanja, je ponavadi boljše tisto, ki je manjše (pravilo Ockhamove britve). Malo število atributnih vozlišč in listov v drevesu pomeni večjo splošnost in s tem posledično boljše rezultate odločanja na še novih nepoznatih primerih [12].

Atributa MFI in NP imata za pogoje pretežno robne vrednosti (MFI le redko pade pod 12 in NP redko pade pod 0.94), tako da odločitev o nakupu predstavlja predvsem atribut moment. Če je vrednost momenta okoli 90, se delnico Intela običajno splača kupiti. Na sliki 6 vidimo, da je odločitev o nakupu pri dani vrednosti momenta dokaj utemeljena.

5.4 Kaj bi nastalo iz 100.000\$?

Da bi v praksi preizkusili v prejšnjem poglavju zapisane trditve in preverili uspešnost odločitvenega drevesa (slika 5), smo se odločili, da preizkusimo, kaj bi nastalo iz našega denarja v obdobju trgovanja od 3.1.2000 do 31.12.2001 z delnico Intel. V tem obdobju

je Intel izgubil 27 % na vrednosti delnice, startal je s tečajem 43,33\$, končal pa na 31,45\$, maksimum je znašal 74,50\$, minimum pa 19,28\$. Z dolgoročnim nakupom delnice bi v tej časovni periodi ustvarili precejšnjo izgubo, preglednica 8 pa prikazuje kako bi se odrezal naš IS.

To obdobje je bilo glede na matematični model združenih kazalnikov razdeljeno na 49 desetdnevni sektorjev, od tega je bilo 12 napovedi kupi. V preglednici 8 predstavljamo le rezultate napovedi **kupi**

v tem obdobju, kakšen je bil dejanski rezultat in koliko denarja smo pridobili oziroma izgubili ter datum napovedi.



Slika 8: Gibanje delnic Intel in momenta v obdobju treh let (1999 - 2001)

datum napovedi nakupa	nakupna cena	prodajna cena	pravilni rezultatv odstotkih	stanje
07.08.2000	62,75\$	66,74\$	kupi 6,3%	106.300\$
19.09.2000	60,19\$	43,18\$	čakaj -28,3%	76.217\$
03.10.2000	40,19\$	37,45\$	čakaj -6,8%	71.034\$
17.10.2000	36,08\$	41,87\$	kupi 16,1%	82.470\$
14.11.2000	40,83\$	42,52\$	kupi 4,1%	85.851\$
13.12.2000	35,41\$	31,86\$	čakaj -10,0%	77.265\$
28.12.2000	30,86\$	31,98\$	kupi 3,6%	80.046\$
27.02.2001	28,94\$	31,44\$	kupi 8,6%	86.930\$
10.04.2001	24,72\$	31,22\$	kupi 26,3%	109.792\$
21.06.2001	27,23\$	29,60\$	kupi 8,7%	119.343\$
17.08.2001	28,05\$	29,06\$	kupi 3,6%	123.639\$
21.09.2001	20,42\$	21,94\$	kupi 5,9%	130.933\$

Preglednica 8: Kaj bi nastalo iz 100.000\$ v obdobju med 1.1.2000 in 31.12.2001

Med 12 napovedanimi nakupi je bilo 9 pravih oziroma verjetnost zadetka v primeru napovedi **kupi** znaša 75 %. Znesek, ki smo ga imeli 31.12.2001 je znašal 130.933\$ ali okoli 31% dobička glede na 1.1.2000.

6. Razprava

Za vhodne atribute matematičnega modela smo izbrali neformalne kazalnike, s katerimi se vsaj pretežno opisuje dogajanje na borzi in kazalnike tehnične analize. Vsak kazalnik ima svoj pomen in območje vrednosti, če sedaj pogledamo izdelano odločitveno drevo, lahko sami ocenimo ali je potek odločitve glede na vhodne atribute smiseln. Primerjava učnih in testnih objektov je pokazala, da med objekti ni bilo velike stopnje ponovljivosti, a kljub vsemu veljajo določene tržne zakonitosti (npr. da po večjem padcu sledi rast in obratno ali pa nizke vrednosti kazalnikov prinesejo preobrat).

V praktičnem primeru, kaj bi nastalo iz 100.000\$, se je izkazalo, da IS pri nadpovprečnem nihanju tečajev dosega dobre rezultate. V primeru daljšega obdobja (leto dni) rasti bi gotovo iztržili dobiček, v primeru daljšega obdobja padanja pa bi bila izguba manjša. IS se je izkazal kot podpora pri svetovanju nakupa v pravem trenutku, čeprav verjetnost naključja nikoli ne bo mogoče povsem izključiti.

7. Sklep

Naš IS pri napovedovanju gibanja tečajev vrednostnih papirjev sicer ne nudi konstantno dobrih rezultatov nad 60 %, a je kljub vsemu uporaben pri odločanju o pravem trenutku nakupa. V praksi se je izkazalo, da bi IS trgoval bolje od povprečnega investitorja v obdobju, ko se tečaji vrednostnih papirjev niso spremenili oziroma so padali.

Pri analizi vrednostnih papirjev nismo sodelovali z strokovnjaki neposredno, uporabili smo le priporočila in izkušnje ljudi, ki na tem področju delajo in raziskujejo. Upoštevali smo njihova mnenja in priporočila in uporabili kazalnike, ki imajo pri analizi vrednostnih papirjev določen pomen. Kar se tiče trgovanja z vrednostnimi papirji in tudi same analize, prevzemata internet in televizija poglavito vlogo. Teža-

va je v tem, da se mnenja strokovnjakov med seboj močno razlikujejo, vsak izmed njih ravna in se opredeljuje po lastnih preferenčnih ekonomskih kazalnikih, glede na izkušnje ter dogajanje v preteklosti.

Naše naslednje dejanje pri poskusu izboljšave kvalitete odločanja bo vpeljava teorije kaosa. Na primer, uporaba drsečih povprečij za zgladitev ostrin in šumov, ki ovirajo razpoznavanja trendov. Krivoljivo drsečega povprečja bomo nadomestili z realnimi tečaji vrednostnega papirja. Vhod matematičnega modela tako ne bodo tečaji, ampak funkcijske vrednosti krivoljive drsečega povprečja.

Literatura

- [1] J. R. Quinlan. Induction of Decision Trees, Machine learning, No. 1, pp. 81-106, 1986.
- [2] J. R. Quinlan J R, C4.5: Programs for Machine Learning, Morgan Kaufmann publishers, San Mateo, CA, 1993.
- [3] S. Hleb Babic, P. Kokol, V. Podgorelec, M. Zorman, M. Sproggar, M. Molan Stiglic. The Art of Building Decision Trees, Journal of Medical Systems, Plenum Press, Volume 24, No. 1, pp. 43, 2000.
- [4] M. Šproggar, V. Podgorelec, P. Kokol. Odločitvena drevesa in sistemi z večdimenzionalnimi rešitvami, Uporabna informatika, letnik 8, st. 2, str. 79-86, 2000.
- [5] M. Čas, T. Kotar. Borzni izrazi, Kapital, Maribor, 1994.
- [6] A. Jerovšek. Delnice: analize, strategije, špekulacije, davki, Edicija FIRST, 1991.
- [7] <http://www.equis.com/free/taaz/intindicators.html>
- [8] M. Zorman, Š. Hleb Babič, M. Šproggar. Advanced tool for building decision trees MtDeciT 2.0. V: KOKOL, Peter (ur.), Welzer-Družovec, Tatjana (ur.), Arabnia, Hamid R. (ur.). International conference on artificial intelligence, June 28 - July 1, 1999, Las Vegas, Nevada, USA. Las Vegas: CSREA, 1999, zv. 1, str. 315-318.
- [9] N. Bada. Predictions of the Tokyo Stock Exchange Prices Indexes (TOPIX) by Techniquis of Computational Intelligence, Proceeding of the International ICSC Congress, CIMA'99, Rochester, N. Y. USA, June 22-25, 1999.
- [10] R. Suchar, I. Ciocoiu, A. Brezilianu, C. Bonciu. Stock Market Predictions Using a Hybrid Neuro-Genetic Approach, Proceeding of the International ICSC Congress, CIMA'99, Rochester, N. Y. USA, June 22-25, 1999.
- [11] R. A. Pearson. How to gain?/lose? on the stock market - datamining the ASX, AISAT'2000, Hobart, Tasmania, Australia, 17-20 December, 2000.
- [12] Vili Podgorelec, Peter Kokol (mentor), Bruno Stiglic (somentor): Oblikovanje inteligentnih sistemov in odkrivanje znanja z avtomatskim programiranjem, doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, oktober, 2001.

Alojz Tapajner je diplomiral s področja računalništva in informatike na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko. Njegova raziskovalna področja so inteligentni sistemi in posebno njihova uporaba na finančnih področjih. Sodeluje pri raziskovalnih projektih Laboratorija za načrtovanje sistemov in ima objavljenih več člankov na domačih in mednarodnih konferencah. Bil je tudi član organizacijskih odborov konferenc MIE'99 in CBMS'02.

Dr. Peter Kokol je diplomiral s področja elektrotehnike in doktoriral s področja računalništva, oboje na Univerzi v Mariboru. Njegova raziskovalna področja so inteligentni sistemi, teorija sistemov, teorija kaosa in kvaliteta programske opreme. Je vodja nacionalnih in mednarodnih projektov iz imenovanih področij. Njegova bibliografija obsega več kot 400 enot, od tega več kot 50 originalnih znanstvenih člankov. Bil je predsednik organizacijskih in programskih odborov več svetovnih konferenc. Je tudi svetovalec pri projektih svetovne banke.