

UDC: 510.3:512.643.4

Info M str. 23-29

**VEB APLIKACIJA ZA FAZI PREPOZNAVANJE CENOVNIH  
OBRAZACA NA FINANSIJSKIM TRŽIŠTIMA  
WEB APPLICATION FOR FUZZY CANDLESTICK PATTERN  
RECOGNITION ON FINANCIAL MARKETS**

Miloš Milić, Aleksandar Rakićević, Pavle Milošević, Vlado Simeunović

**REZIME:** U okviru ovog rada predstavljena je veb aplikacija Doji Star za prepoznavanje cenovnih obrazaca na finansijskim tržištima. Ovi obrasci predstavljaju posebnu metodu tehničke finansijske analize, koja ima za cilj otkrivanje psiholoških obrazaca u ponašanju učesnika na berzanskom tržištu. Aplikacija koristi interpolativne logičke modele kao osnovni matematički aparat za fazi modelovanje analiziranih obrazaca. Ovi modeli su zasnovani na interpolativnoj Bulovoj algebri i u stanju su da identifikuju cenovne obrasce sa realnovrednosnim stepenom gradacije. Interpolativni logički modeli cenovnih obrazaca implementirani su kao zasebni tehnički indikatori u aplikaciji, i isctavaju se ispod cenovnih grafika. U izradi Doji Star aplikacije korišćeni su Javascript, Vadin i Spring tehnologija. U okviru rada, prikazana je primena predložene aplikacije u identifikaciji nekoliko odabranih obrazaca za akcije Aerodroma Nikola Tesla Beograd.

**KLJUČNE REČI:** veb aplikacija, fazi logika, interpolativna Bulova algebra, prepoznavanje obrazaca, cenovni obrasci, tehnička analiza.

**ABSTRACT:** This paper presents Doji Star web application for candlestick pattern recognition on financial markets. These patterns are a special method of financial technical analysis, with the aim of identifying psychological pattern in behaviour of stock market participants. The application uses interpolative logical models as mathematical tool for fuzzy modelling of candlestick patterns. These models are based on interpolative Boolean algebra and are able to identify patterns using real-valued gradation. Within this application, interpolative logical models are implemented as technical indicators and displayed separately, beneath price charts. Doji Star application was created using Javascript, Vaadin and Spring technology. In this paper, we present practical use of Doji Star application for candlestick pattern identification on the example of Airport Nikola Tesla Belgrade stocks.

**KEY WORDS:** web application, fuzzy logic, interpolative Boolean algebra, pattern recognition, candlestick patterns, technical analysis.

## 1. UVOD

Finansijska tržišta su mesta sučeljavanja ponude i potražnje – tržišnih sila. One su rezultat kolektivnog delovanja ljudskog faktora, te je njihova priroda promenljivog i slučajnog karaktera. Sučeljavanjem tržišnih sila formira se cena. Cena u najvećoj meri zavisi od informacija koje pristižu na tržište, ali može zavistiti i od psihološke komponente učesnika.

Dva najčešća tipa analize koje primenjuju učesnici na finansijskim tržištima su fundamentalna i tehnička analiza (Oberlechner, 2001). Fundamentalna analiza koristi mikroekonomske (informacije iz poslovanja preduzeća) i makroekonomske pokazatelje (informacije iz stanja ekonomije) kako bi otkrila „realnu“ vrednost instrumenta i predviđala buduće kretanje cene. Ipak, ovakvoj „realnoj“ analizi nedostaje psihološka komponenta, zbog čega ona nije u stanju da objasni mnogobrojne euforije, panike i krahove sa kojima se učesnici na tržištu suočavaju. Psihološka komponenta tržišta se može analizirati primenom tehničke analize. Upravo iz ovog razloga je važna tehnička analiza koja, analizirajući istorijske podatke o kretanju cene, pokušava da otkrije obrasce u ponašanju učesnika koji bi mogli da se iskoriste za predviđanje njenog budućeg kretanja.

Dva su osnovna pristupa u tehničkoj analizi: analiza tehničkih indikatora i analiza cenovnih obrazaca. Dva su načina za identifikaciju cenovnih obrazaca: korišćenjem linija trenda (Edwards, Magee & Bassetti, 2018) i pomoću grafika

japanskih svećica (Nison, 1994). Grafici japanskih svećica predstavljaju poseban način grafičkog prikazivanja cene koji pokušava da oslika psihološku komponentu tržišta. Ovaj način prikazivanja cenovnih grafika nastao je u Japanu pre više stotina godina (Nison, 1994). Vremenom, trgovci su razvili i posebnu tehniku „čitavanja“ (analize) ovih grafika koja za cilj ima otkrivanje određenih psiholoških obrazaca u ponašanju učesnika na tržištu. Danas je ova tehnika vrlo popularna među učesnicima na svetskim finansijskim tržištima u celom svetu.

Analiza cenovnih obrazaca na graficima japanskih svećica obavlja se u najvećoj meri ručno. Pregledom svetski poznatih platformi za trgovanje (Bloomberg Terminal, Reuters 3000 Xtra, TradeStation, SaxoTrader, MetaTrader, Robinhood itd.) uočeno je da ne postoje alati koji bi omogućavili automatizovano prepoznavanje ovih obrazaca. Ovakvi alati bi omogućili potragu za većim brojem obrazaca istovremeno i ubrzali njihovo otkrivanje. To bi omogućilo trgovcima da brže i lakše iskoriste potencijalne arbitražne prilike.

Nepostojanje alata za automatizovano otkrivanje cenovnih obrazaca na graficima japanskih svećica posledica je njihovih ne sasvim preciznih definicija. Ove definicije su nastale na bazi ljudskog iskusstva zbog čega su najčešće neprecizne, a ponekad nejasne i dvosmislene. Upravo ih ovo čini pogodnim za primenu fazi matematike.

U ovom radu biće prikazana veb aplikacija *Doji Star*, u okviru koje su implementirani alati za otkrivanje cenovnih obrazaca na graficima japanskih svećica. Aplikacija koristi in-

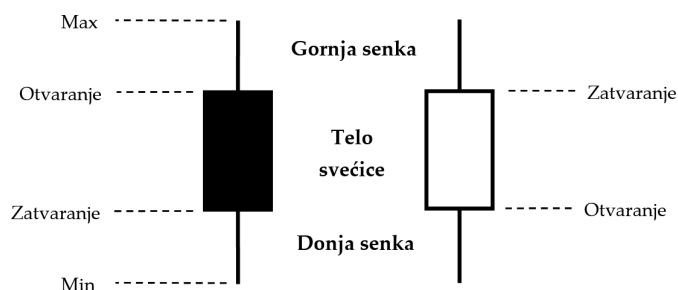
terpolativne logičke modele (Nešić et al., 2012) zasnovane na interpolativnoj Bulovoj algebri (Radojević, 2008). Ovi modeli su u stanju da prepoznaju cenovne obrasce na fazi način tj. u rasponu od 0 do 1. U aplikaciji, modeli su implementirani kao indikatori koji se iscrtavaju na zasebnom grafiku, ispod cenovnog. Aplikacija je implementirana korišćenjem Javaskript, Vadin i Spring tehnologija.

Rad je strukturiran na sledeći način. U sledećem poglavlju objašnjeni su grafici japanskih svećica, zajedno sa cenovnim obrascima koji su obrađeni u radu. Treće poglavlje je posvećeno interpolativnim logičkim modelima – matematičkom aparatu koji je korišćen u okviru predstavljene aplikacije za prepoznavanje cenovnih obrazaca. U okviru četvrtog poglavlja opisana je veb aplikacija Doji Star i date instrukcije za rad u njoj. Naredno poglavlje prikazuje primer praktičnog korišćenja aplikacije u analizi kretanja cene akcija na berzi. Konačno, šesto poglavlje daje zaključna razmatranja.

## 2. GRAFICI JAPANSKIH SVEĆICA I CENOVNI OBRASCI

Grafici japanskih svećica (eng. *Japanese candlestick charts*) predstavljaju poseban grafički metod za prikazivanje cenovnih podataka korišćenjem četiri karakteristične cene – cene na početku posmatranog perioda, najviša i najniže cene u posmatranom periodu, kao i cene na kraju tog perioda. Na osnovu ove četiri informacije, iscrtava se japanska svećica koja treba da oslika psihološko stanje (sentiment) tržišta u posmatranom periodu. Vremenska perioda za iscrtavanje svećica je proizvoljna i zavisi od potreba; u praksi se najčešće koriste dnevni grafici.

Svećica se sastoji od tela, gornje i donje senke (Slika 1). Telo svećice predstavlja razliku između cene na početku i na kraju posmatranog perioda. Ono može biti prazno (belo) ili popunjeno (crno). Kada je cena na kraju analiziranog perioda viša od cene na početku tog istog perioda, tada je svećica bele boje i označava rast cene. Suprotno, kada je krajnja cena niža od početne cene, tada je svećica crne boje i označava pad cene.

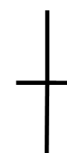


Slika 1. Japanske svećice.

Korišćenjem ovakvih grafičkih prikaza, razvijena je tehnika analize koja pokušava da otkrije psihološko stanje (sentiment) na tržištu i da identifikuje obrasce koji ih reflektuju. Neka od karakterističnih stanja na tržištu su euforija, neodlučnost, strah, panika itd.

### 2.1. Obrazac Dođi

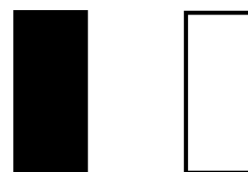
Obrazac Dođi (eng. *Doji pattern*) nastaje kada se cene na početku posmatranog vremenskog perioda i na kraju istog poklope (Nison, 1994). Grafički prikaz obrasca dat je na Slici 2. Dođi oslikava neizvesnost u nadmetanju kupaca i prodavaca na tržištu. Često se dešava da se nađe na kraju opadajućeg ili rastućeg trenda, zbog čega ga trgovci doživljavaju kao potencijalni signal promene postojećeg trenda.



Slika 2. Obrazac Dođi.

### 2.2. Obrazac Marubozu

Obrazac Marubozu (eng. *Marubozu pattern*) je cenovni obrazac koji nema senku već se sastoji samo od tela svećice (Nison, 1994). Nepostojanje senki na telu svećice govori o snažnom cenovnom trendu tokom analiziranog perioda. Najčešće, ovaj obrazac se javlja nakon objave značajnih informacija na tržištu ili u periodima euforije/panike učesnika. Postoje dva tipa Marubozu obrasca – beli i crni (Slika 3). Beli označava snažan rastući trend, dok crni označava snažan opadajući trend.



Slika 3. Obrazac Marubozu.

### 2.3. OBRAZAC OBAVIJANJA

Obrazac obavijanja (eng. *Engulfing pattern*) je složeni cenovni obrazac koji se sastoji iz dve svećice. Definicija ovog obrasca ga može opisati sledećim elementima (Nison, 1994):

- ovom obrascu prethodi stabilan cenovni trend;
- prva svećica nastavlja prethodni trend (iste je boje), a njeno telo (razlika između početne i krajnje cene u posmatranom period) je najčešće malo, što ukazuje na kolebanje tržišta;
- druga svećica se otvara (početna cena) na nivou koji značajno odskoče od nivoa zatvaranja (krajnja cena) prethodne; druga svećica je velika i obuhvata telo prethodne svećice, zatvarajući se na nivou značajno iznad nivoa otvaranja prve.

Postoje dva obrasca obavijanja – beli i crni (Slika 4). Belo obavijanje se javlja u opadajućem trendu i može signalizirati

promenu u rastući trend. Obrnuto, crno obavijanje se javlja u rastućem trendu i može ukazivati na skori kraj rastućeg trenda.

Slika 4. Obrazac obavijanja.

### 3. INTERPOLATIVNI LOGIČKI MODELI

U teoriji klasičnih (eng. *crisp*) skupova, svaki element  $x$  može ili da pripada ili da ne pripada jednom skupu  $A$ . Pripadnost elementa je definisana karakterističnom ili indikatorskom funkcijom  $\chi_A(x)$  koja ima vrednosti iz skupa  $\{0,1\}$ . Ovako definisani skupovi imaju izuzetno precizno značenje, ali predstavljaju ograničenje iz aplikativnog ugla, pre svega kada je reč o mogućnostima gradacije različitih objekata. S druge strane, teorija fazi skupova predstavlja uopštenje teorije klasičnih skupova uvođenjem funkcije pripadnosti (eng. *membership function*)  $\mu_A(x)$ , koja svakom posmatranom elementu pridružuje stepen pripadnosti sa intervala  $[0,1]$ . Po razvoju teorije fazi skupova, Lofti Zade je postavio i osnove fazi logike (Zadeh, 1965).

U literature, fazi logika se često posmatra iz dva različita ugla. Naime, fazi logikom u užem smislu se smatra matematički sistem, koji predstavlja direktno proširenje klasične dvo-vrednosne i viševrednosnih logika. Kao takva, fazi logika u užem smislu je vrlo često korišćena kako u naučnim, tako i komercijalnim primenama. S druge strane, fazi logika u širem smislu je formalna teorija koja za zadatak ima da korišćenjem matematičkih (fazi) modela i prirodnog jezika modeluje ljudsko rezonovanje (Novak, 1995). Jedna od glavnih ideja ovog pristupa je da se verbalni modeli iskažu preciznim fazi modelima (sa fazi operatorima, AKO-ONDA pravilima, fazi kvantifikatorima, itd.) koji su u skladu sa kompleksnim i sofisticiranim shemama ljudskog rezonovanja. Ovaj pristup predstavlja jedan od osnova računarske inteligencije (Engelbrecht, 2007).

#### 3.1. Interpolativna Bulova algebra

Interpolativna Bulova algebra (IBA) je konzistentna realnovrednosna, realizacija konačne Bulove algebre (Radojević, 2000). Njena konzistentnost se ogleda u poštovanju sva tri Aristotelova zakona mišljenja. U kombinaciji sa fazi skupovima, ona pruža mogućnost za razvoj konzistentne (u smislu Bulovih zakona) fazi logike. IBA jasno razdvaja same atribute

od njihovih vrednosti, uvođenjem pretpostavke da je za svaki logički izraz potrebno najpre odrediti njegovu strukturu zadržavajući svojstva Bulove algebre (Radojević, 2008), da bi vrednosti tek nakon toga bile uvedene. Automatska procedura mapiranja strukture matematičkog (logičkog) modela, a zatim i rad sa konkretnim vrednostima predstavljen je u (Milošević et al., 2014).

Iz ugla tehničke realizacije, može se reći da je IBA bazirana na generalizovanim Bulovim polinomima (GBP). Svaki logički izraz se strukturnim mapiranjem može predstaviti u obliku GBP. GBP je u osnovi sastavljen od atributa (promenljivih iz Bulove algebre), povezanim standardnim operatorima sabiranja i oduzimanja, i dodatnim operatorom generalizovanog proizvoda (GP)  $\otimes$ . GP je zapravo podklasa  $t$ -normi iz fazi logike, pošto zadovoljava aksiome komutativnosti, asocijativnosti, monotonost i organičenosti, ali i dodatni aksiom nenegativnosti definisan u (Radojević, 2008). Stoga, GP može biti bilo koja  $t$ -norma koja daje rezultat veći Lukaševičeve  $t$ -norme, a manji od minimuma dve promenljive. Međutim, u praksi (Milošević et al., 2018) su se izdvojila tri granična slučaja za GP:

- 1) Između atributa koji su iste ili slične prirode (visoko pozitivno korelisanih) preporučeno je korišćenje funkcije minimuma;
- 2) U slučaju atributa različite prirode (nekorelisani) kao operator se koristi funkciju standardnog proizvoda;
- 3) Atribute koji su visoko negativno korelisani treba agregirati Lukaševičevom  $t$ -normom.

IBA je relativno nov pristup u naučnoj sferi i time otvara nove poglede i mogućnosti u oblastima u kojima se primenjuje, pre svega u finansijskoj analizi, trgovini akcijama i valutama, na tržištima hartija od vrednosti (Rakićević et al., 2019), itd.

#### 3.2. Interpolativni logički modeli

Prva primena IBA za modelovanje cenovnih obrazaca na osnovu grafika japanskih svećica predstavljena je u radu (Nešić et al., 2012). Osnovna ideja je da se svaki cenovni obrazac može predstaviti pomoću matematičkog (logičkog) modela, koji se zatim automatski mapira u odgovarajući GBP. S obzirom da IBA radi sa vrednostima sa celog jediničnog intervala, moguće je ovim pristupom otkriti fine nijanse u podacima koje mogu biti presudne za trgovačke odluke. Takođe, omogućena je i gradacija pojavljivanja određenih obrazaca, što pruža priliku za njihovo bolje razumevanje, a kasnije i uspešnu primenu.

U ovom radu fokusiraćemo se na 3 osnovna cenovna obrasca, koji su ujedno i detaljno obrađeni u (Nešić et al., 2012): Dođi, Marubozu i obrazac obavijanja.

**Dođi** svećica se može modelovati logičkom relacijom ekvivalencije. Naime, da bi neka svećica bila Dođi potrebno je da cena na otvaranju  $O$  bude ekvivalentna ceni na zatvaranju  $C$ , pri čemu je ekvivalencija mera sličnosti ovih cena. U slučaju velike sličnosti, nivo ispunjenosti ovog obrasca je blizak vrednosti 1. Matematički model i odgovarajući GBP za Dođi obrazac je:

$$(O \Leftrightarrow C)^{\otimes} = 1 - O - C + 2 \cdot O \otimes C$$

Imajući u vidu da se posmatraju cene na otvaranju i zatvaranju iste svećice, prirodno je odabrati minimum kao GP. Samim tim, konačni IBA logički model Doći svećice je:

$$(O \Leftrightarrow C)^{\otimes} = 1 - O - C + 2 \cdot \min(O, C)$$

**Marubozu** svećica se u IBA okviru može modelovati primenom logičkih relacija konjunkcije i ekvivalencije. Da bi neka svećica bila beli Marubozu, svećica koja predstavlja snažam rast, potrebno je da cena na otvaranju  $O$  bude ekvivalentna najnižoj ceni  $L$ , i cena na zatvaranju  $C$  bude ekvivalentna najvišoj ceni  $H$ . Matematički model i odgovarajući GBP za beli Marubozu obrazac je:

$$\begin{aligned} ((O \Leftrightarrow L) \wedge (C \Leftrightarrow H))^{\otimes} &= 1 - O - L - C - H + O \otimes C + L \otimes C + O \otimes H + L \otimes H \\ &+ 2 \cdot O \otimes L + 2 \cdot C \otimes H - 2 \cdot O \otimes L \otimes C - 2 \cdot O \otimes L \otimes H \\ &- 2 \cdot O \otimes C \otimes H - 2 \cdot L \otimes C \otimes H + 4 \cdot O \otimes L \otimes C \otimes H \end{aligned}$$

Imajući u vidu da se posmatraju najviša i najniža cena, kao cene na otvaranju, zatvaranju iste svećice, prirodno je odabrati minimum kao GP. Samim tim, konačni IBA logički model bele Marubozu svećice je:

$$\begin{aligned} ((O \Leftrightarrow L) \wedge (C \Leftrightarrow H))^{\otimes} &= 1 - O - L - C - H + \min(O, C) + \min(L, C) \\ &+ \min(O, H) + \min(L, H) + 2 \cdot \min(O, L) \\ &+ 2 \cdot \min(C, H) - 2 \cdot \min(O, L, C) - 2 \cdot \min(O, L, H) \\ &- 2 \cdot \min(O, C, H) - 2 \cdot \min(L, C, H) \\ &+ 4 \cdot \min(O, L, C, H). \end{aligned}$$

Model za crni Marubozu je izuzetno sličan prethodno predstavljenom. Za njega se pretpostavlja ekvivalencija cena na otvaranju  $O$  i najviše cene  $H$ , kao i ekvivalencija cene na zatvaranju  $C$  i najniže cene  $L$ . Detalji o ovom modelu se mogu naći u (Nešić et al., 2012).

Za razliku od prethodno opisanih modela koji predstavljaju odnose cena na istoj svećici, obrazac **obavijanja** je složeniji model u smislu da se mora voditi računa o cenama dve uzastopne svećice. Belo obavijanje se može modelovati pomoću 4 cene: cena na zatvaranju  $C(t) = C_1$  i otvaranju  $O(t) = O_1$  trenutne svećice, kao i cena na zatvaranju  $C(t-1) = C_2$  i otvaranju  $O(t-1) = O_2$  prethodne svećice. Pretpostavlja se da se prethodna svećica obavila trenutnu u smislu da  $C(t)$  implicira  $O(t-1)$ ,  $C(t-1)$  implicira  $O(t)$ ,  $O(t-1)$  implicira  $C(t-1)$  i  $C(t)$  implicira  $O(t)$ . Relacije implikacije u ovom slučaju služe za modelovanje relacija poretka manje ili jednako. Matematički model i odgovarajući GBP za obrazac belog obavijanja je:

$$\begin{aligned} ((C_1 \Rightarrow O_2) \wedge (C_2 \Rightarrow O_1) \wedge (O_2 \Rightarrow C_2) \wedge (C_1 \Rightarrow O_1))^{\otimes} &= \\ C_1 \otimes C_2 \otimes O_1 \otimes O_2 - C_1 \otimes C_2 \otimes O_1 - C_1 \otimes C_2 \otimes O_2 \\ + C_1 \otimes C_2 + C_1 \otimes O_2 + C_2 \otimes O_2 + C_2 \otimes O_2 - C_2 - O_1 - O_2 \end{aligned}$$

Operator minimum se koristi kao GP između svih promenljivih, uz uvođenje pretpostavke da se su cene dve uzastopne svećice visoko pozitivno korelisane. Samim tim, konačni IBA logički model za obrazac belog obavijanja je:

$$\begin{aligned} ((C_1 \Rightarrow O_2) \wedge (C_2 \Rightarrow O_1) \wedge (O_2 \Rightarrow C_2) \wedge (C_1 \Rightarrow O_1))^{\otimes} &= \\ \min(C_1, C_2, O_1, O_2) - \min(C_1, C_2, O_1) - \min(C_1, C_2, O_2) + \min(C_1, C_2) \\ + \min(C_1, O_2) + \min(C_2, O_2) + \min(C_2, O_2) - C_2 - O_1 - O_2 \end{aligned}$$

Model za crno obavijanje je analogan prethodno predstavljenom i više detalja o njemu se mogu naći u (Nešić et al., 2012).

Preduslov za rad sa predloženim logičkim modelima je da su cene normalizovane, odnosno da su vrednosti svih cena koje opisuju svećicu na intervalu  $[0,1]$ . Korišćena je standardna min-max normalizacija, bilo da je reč o modelovanju prostog ili složenog cenovnog obrasca.

#### 4. VEB APLIKACIJA DOJI STAR

Doji Star je inovativna veb aplikacija razvijena sa idejom da implementira i testira upotrebnu vrednost interpolativnih logičkih modela cenovnih obrazaca objašnjenih u prethodnom poglavlju. Cilj aplikacije je da vizuelno prikaže zastupljenost posmatranih cenovnih obrazaca na cenovnim graficima analiziranih akcija. Korišćenjem interpolativnih logičkih modela, zastupljenost cenovnih obrazaca se izračunava kao fazi vrednost iz  $[0,1]$  vrednosnog intervala.

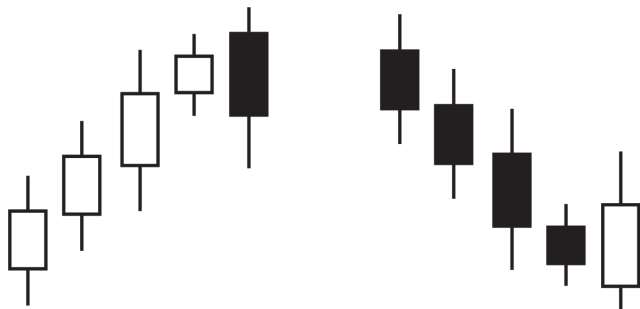
Aplikacija koristi berzanske podatke koji se učitavaju direktno sa servera na kome se čuvaju. Nakon učitavanja, podaci se parsiraju u JSON dateteku koja se takođe čuva na serveru. Kada korisnik odabere željenu akciju iz ponuđenog skupa, aplikacija iscrtava grafik kretanja cene posmatrane akcije korišćenjem JSON datoteke sa servera. Grafik se iscrtava korišćenjem metode japanskih svećica. Dalje, korisnik može odabrati cenovane obrasce koje želi da istraži. Aplikacija izvršava proračune interpolativnih logičkih modela nad posmatranom vremenskom serijom cena, iscrtava ih u posebnom grafiku i skladišti kao posebnu JSON datoteku na serveru

Veb aplikacija je serverski orijentisana, jer koristi veb tehnologije okvira (eng. *frameworks*) koji se izvršavaju na serveru. Tokom razvoja korišćen je Tomket (*Tomcat*) veb (server). Za razvoj korisničkog interfejsa korišćen je Vadin (*Vaadin*) veb okvir, a za pozadinski (eng. *backend*) razvoj korišćen je Spring (*Srping*) koji koristi mehanizam inverznog ubrizgavanja (eng. *dependency injection*). Integracija dva okvira realizovana je preko Spring klase *ApplicationContext*. Kako bi se iscrtali grafici japanskih svećica razvijena je Javaskript (*JavaScript*) skripta, koja je integrisana sa Javaskript komponentom u Vadinu. Preko apstraktne Vadin komponente, obezbeđena je komunikacija server i klijenta. Javaskript skripta koristi funkcije d3 (eng. *data driven documents*) biblioteke i Tečan (*Techan*) biblioteke otvorenog koda, koju je razvio softverski inženjer iz Australije i zasnovana je na d3 biblioteci. Tečan biblioteka je specijalizovano razvijena za potrebe iscrtavanja funkcionalnosti vezanih za grafike japanskih svećica, kao i funkcionalnosti vezanih za finansijska tržišta i koriste opšte funkcije iz d3 biblioteke.

##### 4.1. Učitavanje ulaznih podataka

Ulazni podaci u aplikaciju se ubacuju preko skupova podataka koji se nalaze u datoteci tipa CSV (eng. *comma sepe-*

rated values). Datoteka se učitava na server na kom se nalazi veb aplikacija i automatski se preuređuje u JSON tip formata. JSON je tip formata koji je pogodan za manipulaciju podacima i mapiranje u odgovarajuće domenske klase. U odgovarajućim instancama domenskih klasa prenose se podaci koji su potrebni za izračunavanje interpolativnih logičkih modela.

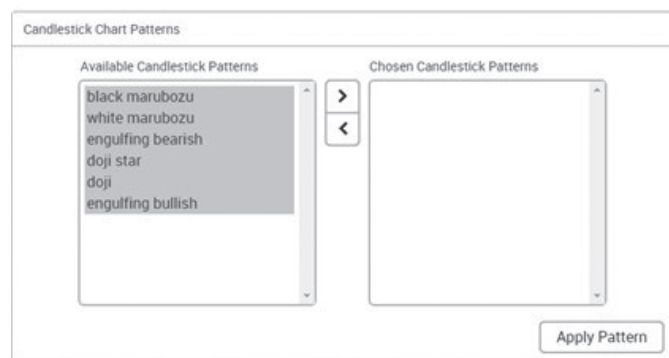


Slika 5. Učitavanje podataka.

Na Slici 5 prikazan je panel preko koga se učitava dataoteka sa skupom cenovnih podataka za izabranu akciju. Pre učitavanja podataka potrebno je definisati karakter koji razdvaja podatke (eng. *delimiter*). Dalje, potrebno je uneti nazive kolona u za to određena polja; nazivi se razdvajaju obavezno i isključivo zapekom. Sledi izbor odgovarajućeg formata datuma, kao i karaktera koji razdvaja polja u datumu. Nakon adekvatno popunjenih polja moguće je izabrati datoteku u kojoj se čuvaju cenovni podaci za izabranu akciju i izvršiti njeno učitavanje.

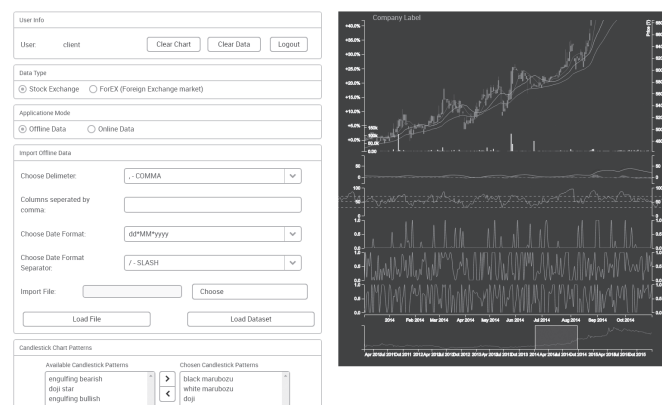
#### 4.2. Rad u aplikaciji

Podrazumevani jezik aplikacije je engleski. Korisnik nakon učitavanja grafika ima mogućnost da izabere željene cenovne obrasce, implementirane pomoću interpolativnih logičkih modela (Slika 6). Cenovni obrasci se prevlače sa leve na desnu stranu aplikacije, gde se nalaze cenovni grafici. Nakon pozivanja akcije "Primeni cenovni obrazac" (eng. *Apply Pattern*), izabrani obrasci će pokrenuti pojedinačne klase u okviru kojih su implementirani.



Slika 6. Izbor obrazaca.

Na strani aplikacije gde se nalazi cenovni grafikon, pojaviće se dodatni linijski grafici sa iscrtanim stepenim realizacije posmatranih obrazaca (Slika 7).



Slika 7. Glavni prozor Doji Star aplikacije.

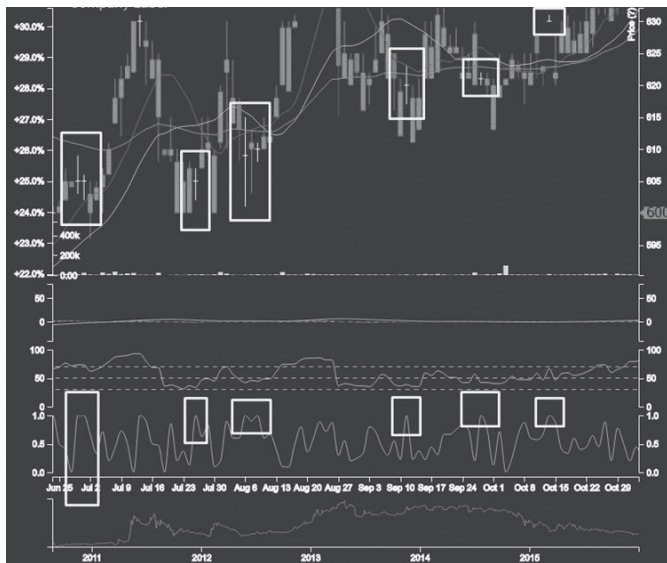
### 5. PRIMENA VEB APLIKACIJE DOJI STAR: AKCIJE AERODROMA NIKOLA TESLA

Prilikom testiranja predložene aplikacije i primene logičkih modela u okviru nje korišćen je skup podataka koji se odnosi na cene akcija kompanije Aerodrom Nikola Tesla. Akcije kompanije Aerodrom Nikola Tesla (AERO) su jedne od najtrgovanijih akcija na Beogradskoj berzi. Posmatrane su dnevne cene ove akcije od 7.2.2011. do 31.12.2015. Odbrani skup podataka se sastoji 1238 instanci.

Cilj isrtavanja grafika je da nam ujedno uz prikaz kretanja cene akcije AERO prikaže nivoe ispunjenosti odabranih cenovnih obrazaca na intervalu  $[0,1]$ .

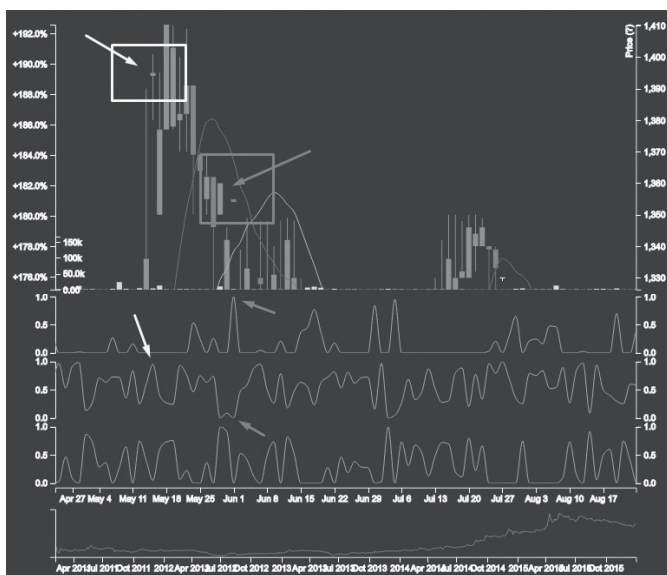
Nivoi ispunjenosti su predstavljeni u vidu linijskih grafika i predstavljaju prikaz fazi ispunjenosti cenovnog obrasca na intervalu od 0 do 1. Dodatno, moguće je podesti prag ispunjenosti cenovnog obrasca (na primer 0,95), tako da se sve svećice za koje realizovana vrednost stepena ispunjenosti cenovnog obrasca pređe definisanu vrednost praga, mogu smatrati da odgovaraju zadatom cenovnom obrascu. Ukoliko bi se za prag ispunjenosti uzela manja vrednost, veći broj svećica bi ispunio uslov da odgovara odabranom obrascu. Na dati način omogućavamo analitičaru/trgovcu kroz izbor vrednosti parametra za praga iskaže svoje preferencije, odnosno restriktivnost.

Na Slici 8 prikazan je odabrani deo vremenske serije cena akcije AERO zajedno sa indikatorom ispunjenosti obrasca Dođi. Na obeleženim pozicijama se vidi da kad su cene na otvaranju i zatvaranju jednake ili približno jednake, kao i da je indikator ispunjenost obrasca Dođi (linijski grafikon dole) jednak jedinici. Posmatrajući treću uokvirenu poziciju sa leva na desno možemo uočiti dve svećice bez tela i jednu između sa vrlo malim telom. Time se ilustruje senzitivnost predloženog modela u okviru aplikacije, koji je sposoban da uoči i ove, suptilne, razlike. Ovo može imati jasne i značajne posledice u daljoj finansijskoj analizi i trgovanju.



Slika 8. Prepoznavanje obrasca Dođi.

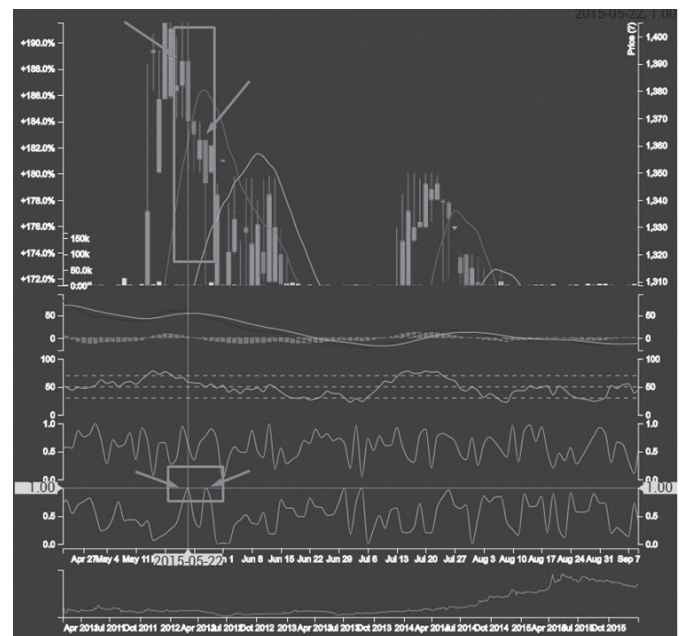
Na Slici 9 je na linijskim graficima prikazano prepoznavanje ispunjenosti 3 cenovna obrasca: crni Marubozu, Dođi i beli Marubozu redom odozgo na dole. Izdvojena su dva karakteristična slučaja. U prvom slučaju, obeleženom žutim pravougaonikom i strlicom, Dođi ima vrednost ispunjenosti 0,95, dok su vrednosti za beli i crni Marubozu izrazito male. Na osnovu toga se može zaključiti da je prepoznata Dođi svećica sa velikom gornjom i/ili donjom senkom, koja ga razlikuju od Maribozu svećice. U plavom pravougaoniku je prikazano prepoznavanje crnog Marubozu obrasca (odnosno crvene svećice na grafikonu japanskih svećica). Očito je da za ovu svećicu vrednost indikatora prepoznavanja crnog Marubozu obrasca je blizak 1, dok druga dva posmatrana indikatora imaju izuzetno male vrednosti. S druge strane, dve prethodne svećice (zelene sa nevelikim senkama) su prepoznate kao vrlo slične belom Marubozu obrascu.



Slika 9. Prepoznavanje obrazaca Dođi, beli i crni Marubozu.

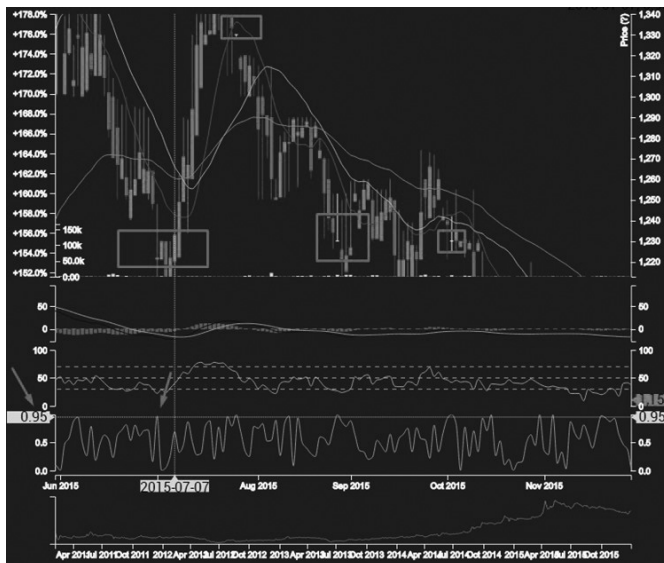
Iz priloženog možemo zaključiti da Beli marubozu cenovni obrazac za crvene (crne) svećice uvek ima fazi vrednosti jednake nuli, dok Crni marubozu za zelene (bele) svećice uvek ima fazi vrednosti jednake nuli. S druge strane, sva tri indikatora (Dođi, beli i crni Marubozu), mogu imati vrednost blisku 1 samo u slučaju *four-price* Dođi svećice (svećica gde su sve 4 cene bliske jednake, visine i tela i senki su zanemarljive).

Na Slici 10 prikazano je prepoznavanje obrasca crnog obavijanja na odabranom delu vremenske serije cena akcije AERO. Naime, u označenom pravougaoniku je obrazac crnog obavijanja uočen dva puta, sto jasno pokazuje i indikator ispunjenosti ovog obrasca. Obe pojave ovog obrasca praćene su daljim padom cene, što je u skladu sa pretpostavkama ovog obrasca.



Slika 10. Prepoznavanje obrasca crnog obavijanja.

Značaj ove aplikacije se ogleda i u mogućnosti tumačenja posledica pojave određenog obrasca u odnosu na njegov nivo ispunjenosti. Naime, posmatranjem daljeg kretanja cene, empirijski se može uvesti pretpostavka da se, recimo Dođi obrazac desio ukoliko je vrednost indikatora ispunjenosti veća od 0,95. Kao što je prikazano na Slici 11 možemo videti da i Dođi sa vrednošću ispunjenosti cenovnog obrasca od 0,95 može ukazati na buduću promenu trenda. Na datoj slici možemo uočiti da se pojavljuju četiri Dođi cenovna obrasca i da sva četiri najavljuju promenu trenda. U slučaju da je uzet restriktivniji prag za Dođi, recimo 0,99, obrazac ne bi bio uočen, a samim time analitičar/trgovac ne bi očekivao promenu trenda kretanja cene. S druge strane, potrebno je paziti da se ne upadne u zamku postavljanja suviše malog praga za određeni obrazac.



Slika 11. Obrazac Dođi kao indikator promene trenda.

## 6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada razvijena je veb aplikacija za fazi prepoznavanje cenovnih obrazaca na finansijskim tržištima, koja otvara nove mogućnosti naučnim insitucijama i studentima u svojim istraživanjima. Takođe, veb aplikacija otvara nove mogućnosti i trgovcima kao novi alat za podršku u odlučivanju i razvijanju strategija za trgovanje. U okviru aplikacije su implementirani logički modeli za prepoznavanje cenovnih obrazaca. Logički modeli su zasnovani na interpolativnoj Bulovoj algebri, koja omogućava da Bulovski konzistentan rad sa normalizovanim (fazi) vrednostima. Izlaz iz modela su fazi vrednosti, koje predstavljaju stepen prepoznavanja određenog cenovnog obrasca na intervalu od 0 do 1. Veb aplikacija, sem jasnog vizuelnog prikaza, pruža različite prednosti upotrebe logičkih modela. Između ostalog, dobijeni rezultati, odnosno indikatori ispunjenosti određenog obrasca, se mogu izvesti iz aplikacije DojiStar u zaseban fajl koji može predstavljati ulaz za dublju analizu. Takođe, moguće je uvođenje ekspertske definisane vrednosti praga za ispunjenje određenog obrasca.

Rad softvera je opisan prikazom osnovnih funkcionalnosti, detaljnim opisom jednog slučaja korišćenja, i na kraju ilustrovan na realnim podacima. Korišćeni su podaci sa Beogradske berze koji se tiču cene akcije Aerodroma Nikola Tesla i nad njima je prikazano prepoznavanje 3 često korišćena cenovna obrasca: Dođi, Maubozu i obavijanja.

Plan za dodatni razvoj aplikacije se pre svega odnosi na uvođenje funkcionalnosti za simulaciju algoritmatski strategija za trgovanje zasnovanih na logičkim modelima, kao i mogućnosti za optimizaciju parametara strategije, pre svega vrednosti praga ispunjenosti cenovnog obrasca.

## 7. LITERATURA

[1] Oberlechner, T. (2001). Importance of technical and fundamental analysis in the European foreign exchange market. *International Journal of Finance & Economics* 6(1): 81-93.

- [2] Edwards, R. D., Magee, J., & Bassetti, W. C. (2018). *Technical analysis of stock trends*. CRC Press.
- [3] Nison, S. (1994). *Beyond candlesticks: New Japanese charting techniques revealed* (Vol. 56). John Wiley & Sons.
- [4] Radojević, D. (2000). New [0,1]-valued logic: A natural generalization of Boolean logic. *Yugoslav Journal of Operations Research* 10(2): 185-216.
- [5] Engelbrecht, A. P. (2007). *Computational intelligence: an introduction*. John Wiley & Sons.
- [6] Novak, V. (1995). Towards Formalized Integrated Theory of Fuzzy Logic. In: Bien, Z., and K. Min (eds.), *Fuzzy Logic and Its Applications to Engineering, Information Sciences, and Intelligent Systems* (pp. 353–363). Kluwer, Dordrecht.
- [7] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control* 8(3): 338-353.
- [8] Radojević, D. (2008). Logical aggregation based on interpolative Boolean algebra. *Mathware & Soft Computing* 15(1): 125-141.
- [9] Milošević, P., Petrović, B., Radojević, D., & Kovačević, D. (2014). A software tool for uncertainty modeling using Interpolative Boolean algebra. *Knowledge-Based Systems* 62: 1-10.
- [10] Milošević, P., Poledica, A., Rakićević, A., Dobrić, V., Petrović, B., & Radojević, D. (2018). IBA-based framework for modeling similarity. *International Journal of Computational Intelligence Systems* 11(1): 206-218.
- [11] Nešić, I., Milošević, P., Rakicevic, A., Petrović, B., & Radojević, D. G. (2013). Modeling candlestick patterns with interpolative Boolean algebra for investment decision making. In: Balas, V.E., Fodor, J., Várkonyi-Kóczy, A.R., Dombi, J., and L.C. Jain (eds.), *Soft Computing Applications* (pp. 105-115). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [12] Rakićević, A., Milošević, P., Poledica, A., Dragović, I., & Petrović, B. (2019). Interpolative Boolean Approach for Fuzzy Portfolio Selection. In: Meier, A., Portmann, E., and L. Terán (eds.), *Applying Fuzzy Logic for the Digital Economy and Society* (pp. 23-46). Springer, Berlin, Heidelberg.



**Miloš Milić**, software developer, United Group

**Kontakt:** milosmilic.kg@gmail.com

**Oblast interesovanja:** razvoj veb aplikacija, računarska inteligencija, duboko učenje, blokčejn tehnologije, big data



**Aleksandar Rakićević**, asistent, Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu

**Kontakt:** aleksandar.rakicevic@fon.bg.ac.rs

**Oblast interesovanja:** inteligentni sistemi, računarska inteligencija, mašinsko učenje, finansijsko modelovanje, algoritamsko trgovanje



**Pavle Milošević**, asistent, Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu

**Kontakt:** pavle.milosevic@fon.bg.ac.rs

**Oblast interesovanja:** računarska inteligencija, mašinsko učenje, heurističke metode optimizacije, analiza vremenskih serija



**Vlado Simeunović**, redovni profesor, Pedagoški fakultet u Bijeljini Univerziteta u Istočnom Sarajevu

**Kontakt:** vlado.simeunovic@pfb.ues.rs.ba

**Oblast interesovanja:** inteligentni sistemi, programski jezici, mašinsko učenje, informacioni sistemi u obrazovanju, metodologija i statistika, učenje i nastava