

Sistem za identifikaciju minerala i njihovih nalazišta u Srbiji

Član tima

- Branko Marić SV70-2021

Motivacija

Srbija poseduje bogato, ali široj javnosti nedovoljno poznato mineralno nasleđe, uključujući nalazišta raznovrsnog poludragog kamenja. Interesovanje za amatersku gemologiju, sakupljanje minerala i planinarenje sa ciljem pronalaska uzoraka je u porastu. Međutim, informacije o vrstama minerala, njihovim karakteristikama i tačnim lokacijama nalazišta su rasute, često se nalaze u stručnoj literaturi, na forumima ili su deo usmenog predanja, što otežava ulazak u hobi novim entuzijastima.

Motivacija za projekat je stvaranje centralizovanog, inteligentnog sistema koji bi korisnicima omogućio laku identifikaciju minerala na osnovu vizuelnih karakteristika, ali i pružio precizne informacije o potencijalnim nalazištima, geološkom kontekstu i srodnim primercima. Ovaj sistem bi, za razliku od statičnih resursa, koristio **ekspertske sistem** i **mehanizme rezonovanja** kako bi pružio personalizovano i pouzdano iskustvo, rangirajući potencijalne kandidate i dajući preporuke za dalje istraživanje.

Pregled problema

Specifičan problem koji se rešava je nedostatak jedinstvenog, interaktivnog alata za podršku amaterima i hobistima u potrazi za dragim i poludragim kamenjem na teritoriji Srbije.

Postojeća rešenja se uglavnom svode na:

- **Statične veb-sajtove i blogove:** Pružaju opise minerala, ali bez interaktivne pomoći pri identifikaciji ili dinamičkog pretraživanja lokacija.
- **Geološke karte i stručna literatura:** Precizne su, ali su kompleksne za korišćenje laicima, zahtevaju stručno znanje za tumačenje i nisu lako dostupne.
- **Forumi i društvene mreže:** Informacije su nepouzdanе, subjektivne i neorganizovane.

Nedostaci postojećih rešenja:

- Ne postoji sistem koji na osnovu vizuelnih parametara može da izvrši rezonovanje i ponudi listu mogućih minerala.
- Ne postoji alat koji povezuje identifikovani mineral sa poznatim nalazištima u Srbiji na inteligentan način.
- Ne postoji sistem koji bi upozoravao korisnike na zaštićena područja.

Prednost ovog rešenja bi bila u implementaciji baze znanja i ekspertskog sistema koji bi korisniku pružio personalizovano iskustvo. Sistem bi pomagao korisniku da identifikuje kamen koji je pronašao na osnovu unetih karakteristika, rangirajući kandidate, i usmeravao ga ka lokacijama gde bi mogao pronaći slične primerke, uzimajući u obzir i zakonska ograničenja.

Metodologija rada

Očekivani ulazi u sistem (Input)

Korisnik će unositi podatke o pronađenom uzorku kamena kroz interaktivan upitnik. Pored osnovnih vizuelnih karakteristika, dodajemo i opcione, naprednije ulaze koji omogućavaju kompleksnije rezonovanje:

- **Lokacija pronalaska:** Korisnik unosi lokaciju putem teksta ili odabirom na mapi.
- **Vizuelne karakteristike:**
 - **Boja:** Odabir jedne ili više boja sa palete.
 - **Prozirnost:** Odabir opcije (neproziran, poluproziran, proziran).
 - **Sjaj:** Odabir opisa sjaja (staklast, sedefast, mastan, metalan, bez sjaja).
- **Opcione napredne karakteristike:**
 - **Tip stene pronalaska:** Odabir tipa stene (npr. vulkanska, sedimentna, metamorfna) ili konkretnog naziva (serpentinit, granit, krečnjak).
 - **Rezultat testa tvrdoće:** Korisnik može uneti koji mineral je uzorak ogrebao ili koji je bio ogreban uzorkom (npr. "ogrebao staklo, ali ne i kvarc").
 - **Boja ogreba (streaka):** Unos boje traga koji mineral ostavlja na neglaziranom porcelanu.

Očekivani izlazi iz sistema (Output)

Na osnovu unetih podataka, sistem će generisati sledeće informacije, rangirane po verovatnoći:

- **Lista mogućih minerala rangirana po bodovima:** Lista kandidata, npr. "Opal (95 poena)", "Kalcedon (80 poena)".
- **Detaljan opis identifikovanog minerala:** Karakteristike, geološki kontekst, tipovi stena u kojima se nalazi, zanimljivosti.
- **Spisak ili mapa nalazišta u Srbiji:** Prikaz poznatih lokacija gde se identifikovani mineral može pronaći, sa geografskim i geološkim područjem (npr. "Fruška gora - Neogeni vulkanski kompleks").

- **Preporuke za srodne minerale:** Predlozi drugih minerala ili varijeteta koji se mogu naći na istoj lokaciji ili u sličnom geološkom kontekstu.
- **Upozorenja:**
 - Informacije o zakonskim ograničenjima ("Nalazište je u okviru Nacionalnog parka, sakupljanje je zabranjeno").

Baza znanja projekta

Baza znanja će biti srce sistema i sastojće se iz dva dela:

1. **Baza činjenica (Facts):** Sadržće formalno opisane podatke o mineralima, geološkim oblastima i lokacijama u Srbiji. Svaki mineral će biti objekat sa atributima:
 - naziv
 - boja (lista mogućih boja)
 - providnost (lista opcija)
 - sjaj (lista opcija)
 - tvrdoća_min, tvrdoća_max (Mohsova skala)
 - boja_ogreba
 - tip_stene (lista tipova)
 - nalazista (lista lokacija)
 - geološka_područja (lista)
2. **Baza pravila (Rules):** Sadržće ekspertiska pravila za rezonovanje, napisana u **Drools (DRL)** formatu. Pravila će služiti za bodovanje, filtriranje, klasifikaciju lokacija i generisanje preporuka i upozorenja na osnovu korisničkog unosa.

Primeri kompleksnih pravila i korišćenje baze znanja

Forward-Chaining

Scenario: Korisnik je na Zlatiboru, u steni zelenkaste boje (serpentinit), pronašao kamen sledećih karakteristika:

- **Lokacija:** Zlatibor
- **Boja:** Zelena
- **Prozirnost:** Poluproziran
- **Sjaj:** Mastan
- **Tip stene pronalaska (opciono):** Serpentinit

Korak 1: Učitavanje i Kategorizacija Kandidata: Sistem prima korisnički unos i kreira objekat Uzorak. Zatim, učitava **sve** minerale iz baze znanja u radnu memoriju, ali ih odmah logički deli u dve grupe na osnovu lokacije.

- **Činjenica:** Uzorak(lokacija="Zlatibor", ...)
- **Akcija:** Sistem kreira dve liste kandidata:
 1. PrimarniKandidati: Svi minerali iz baze za koje je Zlatibor naveden kao poznato nalazište. (npr. Serpentin, Magnezit, Hromit, Epidot...).
 2. SekundarniKandidati: Svi ostali minerali iz baze. (npr. Ametist sa Fruške gore, Malahit sa Rudnika, itd.).
- Svi kandidati u obe liste imaju početni skor 0.

Korak 2: Osnovno Bodovanje za Sve Kandidate: Sistem primenjuje osnovna pravila za poređenje vizuelnih karakteristika na obe liste podjednako.

- **Pravilo "MatchColor", "MatchLuster", "MatchTransparency":** Pravila se izvršavaju za sve kandidate.
- **Rezultat nakon ovog koraka (primer):**
 - U listi PrimarniKandidati: Serpentin (25 poena), Epidot (25 poena).
 - U listi SekundarniKandidati: Pretpostavimo da postoji neki drugi, vizuelno sličan zelenkasti mineral, npr. Žadeit (koji nije na Zlatiboru), takođe bi dobio oko 25 poena.

Korak 3: Bonus za lokaciju i geološki kontekst: Uvode se dva pravila koja daju značajne bodove mineralima u odnosu na lokaciju na kojoj su pronađeni i za geološki kontekst.

- **Pravilo "LocationPriorityBonus":** AKO Kandidat pripada listi PrimarniKandidati, dodeli **značajan bonus za geolokacijsko poklapanje**.
 - **Akcija:** Svi kandidati iz prve liste (Serpentin, Epidot...) dobijaju npr. **+30 poena**. Kandidati iz druge liste ne dobijaju ove poene.
- **Pravilo "ConfirmGeologicalContext":** Ako Kandidat.tip_stene sadrži Uzorak.tip_stene, dodeli bonus za geološki kontekst.
 - **Akcija:** Serpentin dobija dodatnih **+20 poena** jer se vezuje za serpentinit.
- **Stanje poena nakon ovog koraka:**
 - Serpentin: 25 (vizuelno) + 30 (lokacija) + 20 (stena) = **75 poena**.
 - Epidot: 25 (vizuelno) + 30 (lokacija) = **55 poena**.
 - Žadeit (sekundarni kandidat): 25 (vizuelno) + 0 (lokacija) = **25 poena**.

Korak 4: Analiza Rezultata i Generisanje Pametnog Izlaza Sistem sada analizira finalne skorove i donosi zaključak, ali je sada sposoban da prepozna i anomalije.

- **Scenario A (Standardna identifikacija):**
 - Pošto je Serpentin, primarni kandidat, ubedljivo na prvom mestu, sistem generiše standardni izlaz.
 - **Izlaz:** "Najverovatniji mineral je **Serpentin** (skor: 75/100). Identifikacija je potkrepljena poklapanjem vizuelnih karakteristika, tipa stene i poznatog nalazišta na Zlatiboru."
- **Scenario B (Potencijalno novo otkriće):**
 - Zamislimo da je korisnik uneo savršene karakteristike za Malahit (boja, sjaj, prozirnost...), ali je kao lokaciju naveo Zlatibor, gde Malahit nije dokumentovan.
 - Malahit bi kao SekundarniKandidat dobio izuzetno visok skor na osnovu vizuelnih karakteristika (npr. 45/50), ali ne bi dobio bonus za lokaciju. Njegov konačan skor bi bio 45 što je visok skor kad uzmemo u obzir da nije na dobroj lokaciji i sistem će ovo prepoznati kao anomaliju.
 - **Izlaz (u ovom slučaju):** „Vaš uzorak se po karakteristikama savršeno poklapa sa mineralom **Malahit**, koji do sada nije bio dokumentovan na području Zlatibora. Ovo bi moglo predstavljati novo nalazište. Vaš unos je zabeležen i biće prosleđen administratorima na dalju analizu.”

CEP (Obrada kompleksnih događaja)

Ova tehnologija omogućava sistemu da prepozna značajne obrasce u realnom vremenu, analizirajući prijave više korisnika.

Pravilo: "DetectUndocumentedHotspot" (Detekcija nedokumentovanog nalazišta)

- **Svrha:** Automatsko prepoznavanje klastera prijava korisnika koji sa velikom verovatnoćom ukazuju na postojanje novog, do sada neevidentiranog nalazišta (hotspota) određenog minerala.
- **Logika procesa:**
 1. **Definisanje događaja (Event):** Sistem generiše specifičan događaj, **PotencijalnoOtkriceEvent**, svaki put kada se u Forward-Chaining procesu desi "Scenario B" (visoka podudarnost na neočekivanoj lokaciji).
 - **Okidač:** Događaj se kreira kada je najbolje rangirani mineral SekundarniKandidat (nije sa poznatog nalazišta), ali je njegov skor poklapanja sa vizuelnim i drugim karakteristikama izuzetno visok.
 - **Sadržaj događaja:** Svaki PotencijalnoOtkriceEvent nosi ključne podatke: mineralID, korisnikID, lokacija_GPS, skor_poklapanja.
 2. **Definisanje CEP pravila (Rule):** U sistemu postoji pravilo koje neprekidno analizira tok PotencijalnoOtkriceEvent događaja.
 - **Naziv pravila:** "DetectUndocumentedHotspot"
 - **Logika pravila (opisno):** KADA se u vremenskom prozoru od **45 dana** akumulira najmanje **5** PotencijalnoOtkriceEvent događaja, pri čemu Svi događaji moraju da zadovolje sledeće uslove:
 - **Grupisanje po mineralu:** Svi događaji se moraju odnositi na isti mineral (npr. Ametist).
 - **Diverzitet izvora:** Događaji moraju poticati od najmanje **3 različita korisnika**.
 - **Geografska blizina:** Lokacije prijavljene u događajima moraju se nalaziti unutar radijusa od **5 kilometara** jedna od druge.
 3. **Akcija (Action):** Ukoliko su svi uslovi ispunjeni, sistem automatski izvršava sledeće korake:
 - **Kreiranje upozorenja:** Generiše novi objekat **HotspotUpozorenje** u sistemu.
 - **Sadržaj upozorenja:** Objekat sadrži agregirane podatke:

- Naziv minerala.
- Prosečne koordinate centra hotspot-a (izračunate na osnovu svih lokacija).
- Ukupan broj prijava.
- Lista ID-jeva korisnika koji su prijavili nalaze.
- Prosečna pouzdanost (skor) poklapanja.
- **Notifikacija:** Šalje obaveštenje administratorima sistema na dalju verifikaciju i potencijalno ažuriranje baze znanja sa novim, potvrđenim nalazištem.

Pravilo: "DetectSeasonalPattern" (Otkrivanje sezonskih obrazaca pronalazaka)

- **Svrha:** Pružanje korisnih saveta korisnicima o najboljem vremenu za potragu za određenim mineralima.
- **Logika procesa:**
 1. **Definisanje događaja (Event):** Svaka uspešna identifikacija je FindingEvent.
 2. **Definisanje CEP pravila (Rule):**
 - **Naziv pravila:** "IdentifySeasonalFindingSpike"
 - **Logika pravila (opisno):** Ovo je pravilo koje analizira podatke dugoročno. Kada je prosečan mesečni broj FindingEvent događaja za određeni mineral (npr. Opal) u specifičnom geološkom području (npr. Neogeni vulkanski kompleksi)
 - tokom određenog perioda (npr. septembar-oktobar),
 - za više od 250% veći od proseka istog minerala u istom području tokom ostatka godine,
 - i ovaj obrazac se ponovi najmanje dve uzastopne godine.
 3. **Akcija (Action):** Sistem automatski dodaje SeasonalTip (sezonski savet) u opis minerala i/ili lokacije. Na primer: *"Podaci pokazuju da korisnici najviše uspeha u pronalaženju Opala na Fruškoj gori imaju u septembru, verovatno usled smanjene vegetacije i erozije izazvane letnjim kišama."*

1. Pravilo: "DetectCorrectionPattern" (Otkrivanje obrasca za korekciju podataka)

- **Svrha:** Automatsko identifikovanje potencijalno netačnih ili zastarelih informacija u bazi znanja na osnovu konzistentnih prijava korisnika sa terena.

- **Logika procesa:**

1. **Definisanje događaja (Event):** Sistem generiše događaj PotentialCorrectionEvent svaki put kada korisnik unese podatke za poznati mineral na poznatoj lokaciji, ali se jedna od opcionih karakteristika (npr. tip stene, boja ogreba) ne poklapa sa onom u bazi činjenica.
2. **Definisanje CEP pravila (Rule):**
 - **Naziv pravila:** "SuggestFactUpdate"
 - **Logika pravila (opisno):** Kada se u vremenskom prozoru od 90 dana akumulira najmanje 10 PotentialCorrectionEvent događaja, pri čemu SVI događaji moraju da zadovolje sledeće uslove:
 - Da se odnose na isti mineral (npr. Epidot).
 - Da se odnose na isto nalazište (npr. Kopaonik).
 - Da potiču od najmanje 5 različitih korisnika.
 - Da svi prijavljuju istu novu vrednost za isti atribut (npr. svi unose tip_stene = 'skarn' dok u bazi stoji tip_stene = 'amfibolit').
3. **Akcija (Action):** Sistem kreira objekat DataCorrectionAlert i šalje notifikaciju administratoru. Objekat sadrži informacije: mineral, nalazište, atribut_za_ispravku, stara_vrednost, nova_vrednost, broj_prijava, ID_korisnika. Time se omogućava da se baza znanja održava ažurnom uz pomoć kolektivne inteligencije korisnika.

Backward-Chaining

Ovaj mehanizam se aktivira kada korisnik ne traži identifikaciju postojećeg uzorka, već postavlja upit sistemu sa ciljem da isplanira buduću pretragu. Sistem tretira korisnikove želje kao konačni cilj i koristi logiku unazadnog zaključivanja da bi konstruisao optimalnu preporuku ili plan puta.

Korak 1: Početni unos korisnika (nepotpun)

Korisnik unosi samo ono što sigurno zna i želi:

- Boja: **Plava**
- Pristupačnost: **Automobilom**

Korak 2: Interni proces sistema (Prvi pokušaj rešavanja cilja)

Sistem pokreće backward-chaining sa početnim ciljem: Pronađi Mineral(X) GDE Boja=Plava I PristupačnostLokaliteta=Automobilom.

1. **Filtriranje po boji:** Sistem pronalazi sve plave minerale (Akvamarin, Azurit, Kalcedon, Linarit...).
2. **Filtriranje po pristupačnosti:** Zatim proverava njihova nalazišta i zadržava samo ona do kojih se može doći automobilom.
3. **Analiza rezultata:** Sistem sada ima listu mogućih opcija, na primer:
 - **Opcija 1:** Akvamarin (Bukulja) - PotrebnaOprema: osnovna, TezinaPronalaska: srednja
 - **Opcija 2:** Plavi ahat (Fruška gora) - PotrebnaOprema: osnovna, TezinaPronalaska: laka
 - **Opcija 3:** Linarit (Rudnik) - PotrebnaOprema: srednja, TezinaPronalaska: teška

Sistem prepoznaje da ne može dati jedinstvenu, najbolju preporuku jer se preostale opcije značajno razlikuju po atributima koje korisnik nije definisao (Potrebna oprema i Težina pronalaska).

Korak 3: Interakcija sa korisnikom

Umesto da samo izlista sve tri opcije, sistem postavlja pitanje koje će mu pomoći da eliminiše neke od njih. On dinamički generiše pitanje i odgovore na osnovu preostalih kandidata.

Izlaz sistema (Pitanje):

"Pronađeno je više opcija koje se razlikuju po zahtevnosti. Koji tip terenskog rada najviše odgovara Vašem planu?"

Ponuđeni odgovori:

- **A) Rekreativna pretraga:** Idealan za lagane šetnje i pronalaženje uzoraka bez potrebe za alatom.
- **B) Standardna geološka tura:** Podrazumeva aktivno traženje i korišćenje osnovnog alata za vađenje interesantnih primeraka.
- **C) Ozbiljan terenski poduhvat:** Za entuzijaste spremne na fizički zahtevniji rad u potrazi za retkim i vrednim uzorcima.

Korak 4: Korisnikov odgovor i finalizacija plana

Korisnik bira opciju koja mu najviše odgovara.

Unos korisnika: Korisnik bira opciju **B**).

Interni proces sistema (Drugi, finalni pokušaj rešavanja cilja):

Sistem sada ima novi, precizniji cilj: Pronađi Mineral(X) GDE Boja=Plava I
PristupačnostLokaliteta=Automobilom I TezinaPronalaska=srednja.

1. Vraća se na svoju listu kandidata iz Koraka 2.

2. Primenjuje novi filter (TezinaPronalaska=srednja).
3. Eliminira Plavi ahat (laka) i Linarit (teška).
4. Ostaje mu samo jedna, savršena opcija: Akvamarin na Bukulji.

Korak 5: Finalni izlaz sistema

Izlaz sistema (Odgovor):

Na osnovu vašeg izbora, idealna preporuka za vas je:

Potraga za Akvamarinom na planini Bukulja