Pametni sistem za preporuku tretmana biljnih bolesti u plastenicima

### Član tima

Vuk Dimitrov

### Motivacija

Bolesti u plastenicima mogu prouzrokovati značajan pad prinosa i kvaliteta. Pravovremena odluka o tretmanu je kritična, a većina proizvođača nema stalnu podršku agronoma. Ekspertski sistem baziran na pravilima, uz obradu događaja (CEP), omogućava ranu detekciju rizika, ciljane tretmane i smanjenje upotrebe hemikalija.

### Pregled problema

Postojeća rešenja ne integrišu senzorske podatke, istoriju tretmana i kontekst fenofaze biljke. Nedostaje sistem koji kombinuje simptome, mikroklimu, istoriju infekcija i karencu preparata sa objašnjivim zaključivanjem.

### Predloženi sistem

* Forward-chaining za operativne odluke i preporuke tretmana (3+ nivoa ulančavanja).
* Backward-chaining za dijagnostičke upite.
* CEP za ranu detekciju rizika iz tokova podataka.
* Templates i pragovi za brzu nadogradnju baze znanja.

### Tipovi korisnika

* **Poljoprivrednik**: unos simptoma, primena i potvrda tretmana, administracija plastenika i senzora.
* **Agronom**: unos i izmena pravila, verifikacija dijagnoza i tretmana.
* **Sistem**: obrada događaja, zaključivanje, generisanje izveštaja i notifikacija.

### Ulazi u sistem

* Senzorska očitavanja: temperatura, vlažnost, CO₂, svetlo, tačka rose, brzina vazduha.
* Ručno uneseni simptomi: žutilo, praškaste naslage, lezije, trulež, mozaik.
* Kontekst: kultura, sorta, fenofaza, istorija bolesti i tretmana.
* Operativni događaji: navodnjavanje, provetravanje, tretmani.

### Izlazi iz sistema

* Rang-lista verovatnih bolesti sa objašnjenjem.
* Preporučeni tretmani sa dozom, terminom i ograničenjima.
* Preventivne preporuke i korekcije mikroklime.
* Alarmni događaji iz CEP-a.
* Izveštaji: učestalost bolesti, uspešnost tretmana, korelacija uslova.

### Baza znanja

* Ontologija domena: {Bolest, Simptom, Uslov, Tretman, Preparat, Kontraindikacija, Kultura, Fenofaza, Prag, Događaj}.
* Pravila razvrstana po entitetima bolesti: plamenjača, pepelnica, siva trulež, fuzarijum, bakterioze, virus mozaika.
* Tretmani: biološki, hemijski, higijensko-sanitarne mere.
* Pragovi po kulturi i fenofazi, podesivi kroz template-e.
* Evidencija kontraindikacija: karenca, rezistencija, ograničenja.

### Pravila

* **R01**: Ako RH>85% i T∈[22,28]°C → rizik\_plamenjače = visok.
* **R02**: Ako rizik\_plamenjače=visok i vodenaste lezije → verovatnoća\_plamenjače +=25%.
* **R03**: Ako verovatnoća\_plamenjače ≥70% → preporuči bakarni preparat.
* **R04**: Ako bele naslage i nema kondenzacije → pepelnica verovatna.
* **R05**: Ako pepelnica i fenofaza plodonošenje → samo biološki fungicidi.
* **R06**: Ako siva prevlaka i RH>90% → siva trulež; uklanjanje + ventilacija.
* **R07**: Ako uvenuće i posmeđenje žila → fuzarijum; proveri pH.
* **R08**: Ako fuzarijum potvrđen i pH<5.5 → Trichoderma tretman.
* **R09**: Ako mozaik šare i nema gljivičnih prevlaka → virus mozaika.
* **R10**: Ako virus potvrđen → uklanjanje biljaka, dezinfekcija alata.
* **R11**: Ako navodnjavanje kasno uveče → rizik plamenjače +10%; preporuči ranije termine.
* **R12**: Ako RH>92% kontinuirano 2h → alarm „kritična zasićenost“.
* **R13**: Ako isti MOA ponovljen >3x → upozorenje na rezistenciju.
* **R14**: Ako karenca preparata > plan berbe → blokiraj preporuku.
* **R15**: Ako više bolesti verovatne → izračunaj skor po Bayes priorima.

### Backward-chaining

* **C1**: Da li je bolest X? (dijagnostika)
* **C2**: Da li je tretman Y dozvoljen u ovoj fenofazi? (validacija tretmana)
* **C3**: Koji uslovi su doveli do rizika bolesti X? (objašnjenje)

### CEP događaji

* **E1**: Sliding 6h – RH\_avg>85% i T∈[22,28]°C → Kritični uslovi za plamenjaču.
* **E2**: Tumbling 24h – ≥4h RH>90% i ventilacija\_off≥2h → Kondenzacija\_rizik.
* **E3**: Sekvenca – Navodnjavanje → u 2h RH>88% i CO₂>1200ppm → rizik Botrytis.
* **E4**: Nedostajući događaj – Ako RH>90% i nema ventilacije u 30min → alarm ventilacije.

### Forward chaining (primer ulančavanja)

* Faza 1: CEP E1 detektuje kritične uslove.
* Faza 2: Aktivira se R01 (rizik\_plamenjače=visok).
* Faza 3: Ručni unos simptoma → R02 povećava verovatnoću.
* Faza 4: R03 prag ≥70% → generiše preporuku tretmana.
* Faza 5: R13 proverava rezistenciju i R14 proverava karencu.

### Izveštaji

* **Q1**: Učestalost bolesti po kulturi i sezoni.
* **Q2**: Uspešnost tretmana po MOA i fenofazi.
* **Q3**: Korelacije mikroklimatskih uslova sa pojavom bolesti.

### Klasni dijagram

