

V

**Pametna logistika: nadzor prehrambenih proizvoda, sigurnost hrane, kontrola kvalitete.**

*Smart logistics: monitoring food products, food safety, quality control.*

# **SADRŽAJ**

## **Pametna logistika**

Nauka i vještina koja obuhvata upravljanje, usluge i aktivnosti kojima se osigurava podrška planovima i operacijama naziva se logistika. "Pametna logistika" podržava, generiše i nastoji postići i djelimično realizovati postavljene planove i operacije u različitim oblicima poslovanja. Savremeni način poslovanja i ritam života, bez obzira na svu tehnologiju i neprestani razvoj ne osigurava nikome ni savršenstvo, ni nepogrešivost, niti prednost na tržištu.

Gradovi su važna ekonomska mjesta koja utjecajem na teritorijalnu dinamiku koja se konstantno povećava, okupljaju tradicionalne poslovne funkcije, ali i osnovne usluge za društvo. Istraživanja produktivnosti na globalnom nivou potiču razvoj proizvodnih sistema. Ovaj trend je pretrpio višestruke promjene koje sve više uzimaju maha u gustim urbanim sredinama. To upućuje na promatranje urbane teme u središtu razvojnih politika, kao i logistike koja ima središnju ulogu u organizacijskom izboru od strane proizvođača i/ili potrošača dobara, kao i urbane odluke. Ovo stanje se opravdava činjenicom da povećane promjene utječu na kvalitetu života za većinu europskih stanovnika koji žive u urbanim sredinama, uzrokujući na taj način poremećaje u urbanim sistemima. Tu se javlja potreba za logistikom održivog razvoja koja istodobno osigurava ostvarivanje gospodarskih i ekoloških ciljeva u skladu sa sve strožim zakonima. Kroz pametnu logistiku bi trebali utvrditi slijedeće parametre:

- utvrđivanje stepena iskorištenja zemljišnih kapaciteta,
- proučavanje organizacije zemljišnog prostora,
- proučavanje zemljišta u vezi s uslovima koji su specifični za pojedine kulture,
- utvrđivanje stepena saliniteta zemljišta,
- utvrđivanje stepena zaraženosti biljaka,
- utvrđivanje stanja vegetacije,
- utvrđivanje šteta od prirodnih nepogoda i
- prognoziranje prinosa u različitim fazama vegetacije.

Prvi korak u osmatranjima je podjela parcele na zone i mjerenje i snimanje različitih parametara. Za skeniranje nejednakosti vlažnosti zemljišta, mehaničkog sastava, zakorovljenosti, koriste se senzori koji se mogu postaviti na terenska vozila i traktore i vožnjom po parceli elektronski se bezkontaktno prikupljaju potrebni podaci.

Pametna logistika u poljoprivrednoj proizvodnji treba raspolagati slijedećim pokazateljima::

- Tip zemljišta
- PH
- Infestacija insektima
- Dostupnost nutrijenata
- Zemljišna vlaga
- Plodnost
- Vremenska prognoza
- Osobine usjeva
- Odgovor hibrida

### **Tehnologija varijabilne količine**

**Tehnologija varijabilne količine** -Variable Rate Technology ( VRT ) je tehnologija koja usklađuje količine apliciranja inputa uslovima na polju, na osnovu "karata" dobijenih GIS analizom i unaprijed izrađenih pomoću softwara. VRT se odnosi na sve inpute poljoprivredne proizvodnje kao što su sjeme, đubrivo, irigacija, defolijanti, pesticidi...

GIS omogućava povezivanje velikog broja podataka sa iste geo- referencirane lokacije i omogućava grafičku vizualizaciju istih GIS + GPS + RS = odluke se donose mnogo preciznije i na "micro-managed" način. Uvođenjem VRT tehnika, pruža se potencijal da se smanje troškovi poljoprivredne proizvodnje i štete po životnu sredinu. Npr. skeniranje usjeva obavlja se za izvođenje zaštite bilja samo na mjestima gde je potrebno. Informacija se odmah obrađuje i šalje se upit prskalici, o dozi koju treba primeniti u tačno određenom trenutku.

Područja koja su manje ili više zakorovljena ili izložena napadima štetočina ili patogena zahtjevaju različitu količinu njege i zaštitnog sredstva. Zbog toga je potrebna "pojedinačna" briga o usjevima. Nova tehnologija omogućava da se unaprijed reguliše količina apliciranoga sredstva, koristeći unaprijed izrađene karte. U polju, prskalica potom izvršava sva podešavanja u realnom vremenu. Pomoćni alat su mape dobijene GIS-om.

VRT se postiže slijedeće::

- manualno (ne treba GPS),
- map-based zahtjeva predhodno napravljene mape i real-time pozicionom sistemu GPS
- sensor-based VRT, koji ne zahtjeva pozicioniranje GPS ali dobro dođe za praćenje i vođenje istorije operacija.

## Mehanizacija u preciznoj zaštiti bilja

U preciznoj poljoprivredi pri primjeni pesticida važno je znati procijeniti usjev i odrediti granicu modeliranja terena. Kako bi podaci bili tačni pri radu na polju, svaki uređaj za preciznu poljoprivredu – aplikaciju pesticida mora imati ugrađene mjerne senzore koji isporučuju informacije o željenom parametru

### Senzori za zaštitu bilja

Senzorski pristup samo raspoznaje aktuelnu situaciju. Ovaj pristup se u praksi primjenjuje kod suzbijanja korova na poljoprivrednim površinama. Jedna od vrsta senzora radi u infracrvenom dijelu spektra, a postavlja se na traktor ili na samohodni stroj kojim se vrši zaštita bilja, te cijelo vreme kretanja traktora snima se usjev. Od biljke senzor prima reflektovani dio svjetla i na taj način detektuje prisustvo biljke i stanje (vegetativni indeks) . U zavisnosti od intenziteta boje biljke direktno komunicira s upravljačkom jedinicom i tako mijenja dozu aplikacije. Na taj način određene zone polja dobiti će veću, a neke manju količinu zaštitnog sredstva, pri čemu se želi dobiti ujednačenog kvaliteta raspodjele zaštitnog sredstva na polju



Slika . Prikaz senzora na poljoprivrednom traktoru

Senzori su uređaji za otkrivanje, registraciju i mjerenje pomjeranja, zračenja, temperature, pritiska, elektromagnetne energije, vlastite (emitirane) ili reflektirane ....

Postoje različite vrste senzora i dijele se prema:

- konstrukciji,
- području spektra elektromagnetnog zračenja koji registriraju,
- načinu detekcije,
- registracije i mjerenja,
- prikazu detektirane energije i slično.

Senzori su načinjeni da registriraju šire ili uže spektralno područje, pojedinačne spektralne linije, tj. zrake jedne valne duljine ili odjednom više razdvojenih spektralnih linija koje obuhvaćaju jedno spektralno područje.

Podjela senzora

Osnovna podjela senzora je prema tipu detektirane energije, a mogu biti pasivni i aktivni.

**Aktivni senzori** proizvode vlastitu energiju i šalju je prema objektu i registriraju odbijeno zračenje. Za razliku od pasivnih oni šalju i primaju energiju. U grupu aktivnih senzora pripadaju: radari i laserski skeneri.

**Pasivni senzori** su oni koji detektiraju energiju od samog objekta, bez obzira da li taj objekt ima vlastitu energiju ili je odašiljač.

Primjeri za tehnologije bazirane na pasivnim sensorima: fotografska, termalna, kemijska, infracrvena.

## Tipovi i princip rada senzora

Senzori pretvaraju mjerenu fizikalnu veličinu u analognu električnu (struja, napon, otpor) ili digitalnu veličinu.

Senzori rade na osnovu njihove interakcije sa procesom i to tako što reagiraju na stanja, a reakciju transformiraju u izlazni signal.

Nosač informacije je masa ili energija. Mjerenje neelektričnih signala počinje pretvaranjem u električni pa se onda obavlja procesiranje. Važnost imaju fizikalni efekti koji omogućavaju takvu konverziju.

Za neelektrično-električno pretvaranje potrebna je energija iz domena mjernog signala ili van njega.

Većina mjernih pretvarača sastoji se od tri osnovna dijela: izvor informacija ili senzor, mjernog sustava ili procesora i podsistema za predstavljanje informacija ili displeja.

### Elektromagnetski senzor

Princip rada elektromagnetskih senzora temelji se na ovisnosti induktivnosti zavojnice od promjene magnetne otpornosti. Približavanjem metalnog predmeta slabi magnetna otpornost zavojnice i raste induktivnost, a kad se predmet udaljava događa se suprotna pojava.

Parametri elektromagnetnog toka i karakteristike objekta određuju zonu detekcije. Elektromagnetski senzori dijele se na:

- elektrodinamičke ili senzore sa relativnim promjeravanjem provodnika
- elektromagnetne ili senzore sa promjenljivim magnetnim otporom

### Induktivni senzori

Ova grupa elektromagnetnih senzora radi na principu promjene magnetnog otpora. Najčešće se koriste senzori kod kojih se promjena magnetnog otpora ostvaruje promjenom veličine zračnog zazora ili promjenom magnetne permeabilnosti tj. propustljivosti željezne jezgre  $\mu$ .

Prednost korištenja induktivnog senzora ogleda se u njegovoj neosjetljivosti na vodu, ulje, prljavštinu, ne metalne dijelove, boju predmeta ili hrapavost površine predmeta koji detektira, kao i u otpornosti na udarce i vibracije.

### **Fotoelektrični senzori**

Princip rada foto električnih senzora zasniva se na promjeni parametara optičkog signala sa promjenom mjerene fizikalne veličine tj. prvenstveno se bazira na fizičkoj pojavi foto električnog efekta. Fotoelektrični efekt može biti unutrašnji i vanjski.

### **Kapacitativni senzori**

Kapacitativni senzori koriste značajke kapacitativnosti za utvrđivanje promjenjivih vrijednosti. Kapacitativnost je svojstvo između bilo koje dvije površine na bliskoj udaljenosti, koje imaju provodnost. Promjena razmaka između površina utječe na promjenu kapacitativnosti. Ovu promjenu kapacitativni senzori koriste za identifikaciju promjene položaja predmeta. Senzori velike osjetljivosti imaju male površine, tako da ih je potrebno postaviti na maloj udaljenosti u odnosu na predmet kojeg je nužno detektirati (0.25 – 2 mm).

### **Termoelektrični senzori**

Mjerenje temperature zasniva se na termoelektričnom efektu. Princip je sljedeći: spoje se dvije žice, načinjene od različitih materijala koji su elektroprovodnici. Jedan čvor npr. Čvor se grije na temperaturu  $T_2$ , a drugi je na temperaturi  $T_1$ . Kada su krajevi provodnika na različitim temperaturama  $T_2 > T_1$  između njih nastaje toplinski tok od toplijeg prema hladnijem kraju.

Prijenos topline je prema tumačenju kvantne teorije, usko povezan sa kretanjem slobodnih elektrona. Njihova koncentracija i pripadni potencijal neravnomjerno su raspoređeni duž provodnika, pa se javlja struja. Istovremeno se javlja i struja zbog temperaturnog gradijenta. Kako nije zatvoreno nikakvo vanjsko električno kolo, ukupna struja kroz provodnik je nula. Napon koji nastaje kao rezultat temperaturne razlike  $T_2 - T_1$  između krajeva promatranog provodnika naziva se termoelektrični napon.

### **Otpornički senzori**

U grupu otporničkih mjernih pretvarača ubrajaju se mjerne trake koje se koriste za mjerenje deformacija. Mjerne trake jedan su od najčešće korištenih mjernih pretvarača. Mjerna traka je kao otpornički pretvarač jeftina, neznatne je krutosti male dužine. Može se koristiti za mjerenja statički i dinamički opterećenih konstrukcija.

### **Potenciometerski senzor**

Rad se temelji na promjeni otpora uslijed promjene kliznog kontakta. Omski otpor se mijenja sa promjenom dužine provodnika. Nedostatak ove vrste senzora je kontaktna točka između klizača i otporničke žice. Primjenjuju se za mjerenje otpora senzora na bliskim rastojanjima.

### **Termistori**

Termistor je osjetljivi otpornik, koji se pravi od čistog germanija, oksida metala kroma, kobalta, željeza, nikla i drugih. Termistori imaju otpore većeg iznosa u odnosu na otpore metala za iste temperature. Za većinu termistora otpor opada sa porastom temperature, što znači da je temperaturni koeficijent otpora negativan. Takvi termistori se nazivaju NTC otpornici (Negative Temperature Coefficient). Temperaturni koeficijent termistora može biti i pozitivan, kao što je kod metala. Tada je riječ o PTC-otpornicima (Positive Temperature Coefficient). Imaju najčešće oblik diska, prstena ili cilindra.

### **Ultrazvučni senzori**

Ultrazvučni senzori vrsta su senzora za određivanje udaljenosti, koji udaljenost od prepreke određuju preko vremena potrebnog da se odaslani zvuk vrati od prepreke. Ultrazvučni senzori izrađuju se od ultrazvučnog primopredajnika, uređaja za formiranje izlaznog signala

i pojačivača. Primopredajnik periodično emitira ultrazvučni val frekvencije 10 - 400 kHz, a zatim prima reflektirani val (jeku) od radnog objekta. U uređaju za formiranje izlaznog signala određuje se vrijeme  $t$  između emitiranja i prijema signala, te na osnovu poznate brzine  $c$  prostiranja ultrazvučnog vala kroz mjerni medij (obično je to zrak), izračunava udaljenost objekta. Ovakav način rada često se označava akronimom TOF (engl. time of flight). Rezultat računanja uspoređuje se s preklopnim razmakom i u skladu s tim, dolazi do promjene izlaznog signala s logičke nule na logičku jedinicu, ili obrnuto - s logičke jedinice na logičku nulu; što zavisi od toga da li se objekt približava ili udaljava. Od senzora do objekta ultrazvuk se širi po radijusu 5 - 10°.

### **Optički - LIDAR senzori**

Lidar (engl. Light Detection and Ranging: svjetlosno zamjećivanje i klasifikacija) je optički mjerni instrument koji odašilje laserske zrake koje se odbijaju od vrlo sitnih čestica raspršenih u Zemljinoj atmosferi (aerosola, oblačnih kapljica i drugo) i potom registriraju u optičkom prijammiku obično teleskopu. Princip rada zasniva se na promjeni parametara optičkog signala sa promjenom fizičke veličine. Samim tim ovi senzori nemaju galvanske ili magnetne veze, već samo optičke. Zato se često nazivaju i optički senzori. Kod optičkih senzora postignuto je: galvansko odvajanje, zaštita od šumova, mogućnost mjerenja fizičkih veličina, kako u oblasti malih tako i u oblasti velikih vrijednosti, standardizacija izlaznog signala, visok kvaliteta statičkih i dinamičkih karakteristika, itd. Ovi senzori se mogu upotrijebiti u svim uvjetima djelovanja jakog magnetnog polja, visoke temperature, električnih šumova i kemijske korozije, pa su mnogo fleksibilniji i pouzdaniji od klasičnih senzora. Loše osobine su: složenost izrade, obrade signala, zahtijevaju optičku vidljivost između prijemnika i predajnika, osjetljivost na mehaničke vibracije.

### **Senzori za ispitivanje svojstva tla**

**STACIONARNI SENZORI** - Ispitivanje tla obavljamo pomoći raznih senzora i sondi. Senzori (sonde) koriste se prilikom mjerenja vlage i temperature tla, induktivnost tla, pH vrijednost tla. Postoje razne izvedbe senzora od kojih najveći značaj, zbog svog velikog učinka, imaju senzori izvedeni kao priključni strojevi tj. mobilne senzorske platforme (MSP).

Tvrtka Meter je razvila suvremeno rješenje za ispitivanje tla svojim uređajima koji imaju široki raspon mjerenja mogućnošću priključivanja pet različitih senzora u jedan uređaj koji radi samostalno u polju te odašilje podatke na Cloud. Takav način odašiljanja podataka nam omogućuje prikupljanje istih gdje god se nalazili uz pristup internetu. Mana ovog sustava je njegova stacionarnost. Uređaj prikuplja podatke samo sa mjesta na koji je postavljen, očitava podatke samo sa jedno dijela parcele.



**Mobilne senzorske platforme** koje se izrađuju kao vučni uređaji ili uređaje koji se priključuju na priključne strojeve kao što je sijačica izrađuje proizvođač Veris Technologies . Najbolji inajpoznatiji uređaj-senzor je MSP3.

MSP3 je mobilna senzorska platforma koji mjeri induktivnost tla, pH tla i organsku tvar tla. Veris MSP3, sastoj se od platforme na kotačima na kojoj se nalazi crpka i spremnik za tekućinu koji služe za pranje elektroda, hidraulički ventili i cilindar za upravljanje „papučom“ za uzimanje uzorka pri mjerenju pH tla, Coulter elektrode za mjerenje induktivnosti tla s mogućnosti ispitivanja na tri dubine, pH Manager senzor za mjerenja pH tla, Infrared Soil Optics senzor za mjerenje dušika i vlažnosti tla te vanjskan jedinica za upravljanje. Rezultati mjerenja mobilnom senzorskom platformom očitavanju u programu se *FieldFusion* . Pomoću programa planira se provođenje kalcifikacije tla, planiranje sjetve i gnojidbe tla. Pomoću rezultata izmjerenih MSP lako se očita gdje su najveća odstupanja od normalnih vrijednosti tla te na tim mjestima može izvršiti dodatna istraživanja vađenjem uzorka tla.

**Senzore u preciznoj poljoprivredi** nalazimo na uređajima za ispitivanje svojstva tla, na strojevima za prihranu i zaštitu usjeva i u konačnici u strojevima za ubiranje plodova. Senzor su podešeni na agregat te povezani sa upravljačkom jedinicom i GPS prijarnikom. Podatci dobiveni mjerenjem bivaju iznimno precizni jer mjerenje je izvedeno izravno pri agrotehničkim mjerenjima. Najpoznatiji takav sustav je OptRx proizvođača AgLeader. Senzori se podešavaju na agregat (prskalicu). Senzori izravno očitavaju stanje usjeva i direktno utječu na agrotehničke zahvate u ovom slučaju tretiranje usjeva.

Drugi poznati senzorski pristup mjerenja svojstva tla je proizvođača Veris MSP3. Princip rada senzora je isti, senzori isporučuju informacije izravno u postupku upravljanja, međutim za razliku od prethodnog navedenog sustava, ovaj sustav zahtjeva obradu dobivene informacije.

## Očitavanje govora biljaka sensorima

Očitavanje stanja usjeva i potreba za dušikom u žitaricama i drugim usjevima postoje senzori od Ag Leader-a. Ovim sensorom se povećava zdravlje biljaka i potencijalni prinos. Ag Leader OptRx senzori usjeva mjerenjem potreba dušika u usjevima daju preporuku iznosa aplikacije u stvarnom vremenu kako bi se povećala dobit.

**OptRx senzor** mjeri i bilježi podatke o usjevu u stvarnom vremenu pomoću refleksije svjetlosti na biljkama. Izračun apliciranja dušika pojednostavljen je tehnologijom Virtual reference strip (Virtualne referentne trake)

Red-edge tehnologija emitiranja svjetlosti omogućuje točnije očitavanje stanja biljka pri velikoj vegetativnoj gustoći biljaka naspram drugih konkurentnih proizvoda što je pogodno za mjerenje stanja biljaka u kasnoj fazi razvoja.

OptRx senzor koristi tri valne duljine da bi odredio zdravlje biljke otkrivanjem koliko biljka sadrži (biomase) i koliko klorofila sadrži biljka .

Senzor OptRx podržava oba vegetacijska indeksa, tj. NDVI (normalna razlika vegetativnog indeksa) i NDRE (Normalna razlika Red-Edge)

OptRx senzor daje visoko kvalitete, pouzdane informacije u ranim fazama (NDVI), kao i kasnijim fazama rasta usjeva (NDRE).

**Prednosti OptRx senzora:**

- Smanjite primjenu dušika u dušikom bogatom području.
- Povećanje potencijala prinosa u dušikom siromašnih područja polja.
- Smanjite nagomilavanja dušika u polju.
- Snimanje vigora usjeva i očitavanje podataka u polju.
- Utjecaja pokretljivosti organske tvari unutar polja.
- Poboljšavanje potencijala prinosa za usjeve i neutralizirati denitrifikaciju zbog slabe drenaže..

**PITANJA:**

**Šta je to pametna logistika?**

**Nabrojite senzore koje poznajete i koji se koriste u pametnoj logistici?**

**Objasnite principe rada optičkih senzora kod govora biljaka?**