

POGLAVLJE IV

Precizna poljoprivreda i pametna poljoprivreda.

Precision agriculture and smart farming.

Sadržaj

Precizna poljoprivreda i pametna poljoprivreda.....	3
Precizna poljoprivreda.....	3
Komponente preciznog uzgoja.....	6
Prikupljanje podataka.....	6
Kartiranje prinosa.....	6
Kontrola preciznosti rada strojeva	6
3-D skeniranje parcela	7
Skeniranje i uzorkovanje tla.....	7
Obrada podataka i planiranje	8
Virtualni terminali i ISOBUS terminali.....	8
Primjena sustava precizne poljoprivrede u oranju.....	9
Predsjetvena priprema tla u sustavu precizne poljoprivrede.....	10
Primjena sustava precizne poljoprivrede u sjetvi.....	10
Primjena sustava precizne poljoprivrede u gnojidbi.....	11
Online gnojidba	11
Općenito o geografskim informacijskim sustavima.....	12
Automatsko vođenje poljoprivredne mehanizacije.....	14
Vođenje strojeva GPS-om.....	16
Vođenje mašina sensorima - mašinski vid.....	1
Skeniranje elektrovodljivosti tla.....	2

Precizna poljoprivreda i pametna poljoprivreda

Precizna poljoprivreda

Pojam „*precizna poljoprivreda*“ (eng. Precision agriculture ili Precision farming) podrazumijeva pravodobno obavljanje poljoprivrednih radova, visoku produktivnost, smanjen broj operacija te najnižu cijenu rada. Temelji se na novorazvijenim informatiziranim strojnim sustavima programiranog eksploatacijskog potencijala, malom broju strojeva visoke pouzdanosti i visokim tehnološkim mogućnostima.

Razvoj precizne poljoprivrede započeo je uvođenjem GIS i GPS tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji. Glavni cilj precizne poljoprivrede je dati na raspolaganje što veći broj preciznih informacija poljoprivredniku prilikom donošenja odluka.

Precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima, prije svega pri:

- a) uštedi radnih sredstava;
- b) uštedi strojeva i radnog vremena;
- c) poboljšanju ostvarenja dobiti kroz veće prinose te poboljšanje kvalitete proizvoda;
- d) smanjenju opterećenja okoliša i poticanju prirodno prostornih uvjeta;
- e) poboljšanju dokumentacije procesa produkcije.

Za postizanje ovih ciljeva potrebna je opsežna obrada vrlo različitih informacija. Izravna usporedba višegodišnjih parametara dobivenih s parcela rezultira sve boljom upotrebom sredstava za rad (pri čemu treba imati na umu ekološki utjecaj), čime će se povećati kvalitet i kvantitet proizvoda.

Korištenjem GIS sustava optimiziraju se inputi i definiraju outputi za zadovoljavanje potrošača u realnom vremenu. GIS tehnologija pomaže kod ujedinjavanja podataka za analizu i planiranje proizvodnje (slika 3.), kao i kartografski pregled i informativna izvješća o zemljištu i uzgajanoj kulturi.



Slika 3. Povezanost u preciznoj poljoprivredi

(Izvor: <http://www.europski-fondovi.eu/vijesti/precizna-poljoprivreda-prilika-za-poljoprivrednike-eu>)

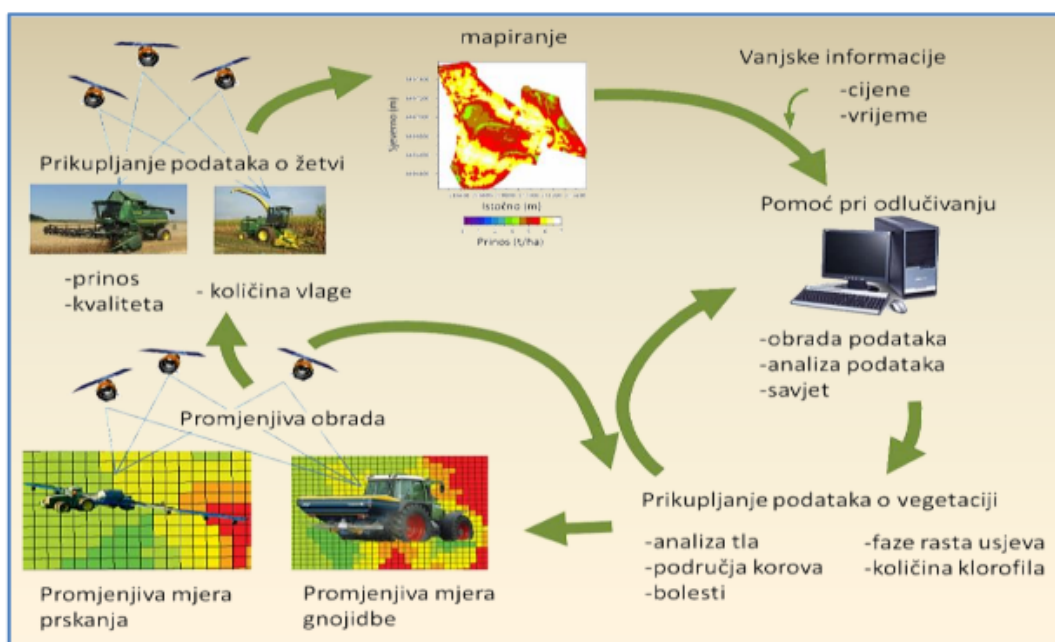
Precizna poljoprivreda obuhvaća prostorno upravljanje sredstvima i repromaterijalima poljoprivredne proizvodnje u cilju povećanja profita, prinosa i kvalitete proizvoda. Primjenjuje se

sofisticirana oprema koja se ugrađuje u poljoprivredne strojeve prilikom obrade tla.

GPS-om se precizno određuje mjesto gdje se trenutno nalazi poljoprivredni stroj. Prikupljene informacije služe za određivanje položaja, kako bi se prilikom sjetve, raspodjele gnojiva ili aplikacije zaštitnih sredstava znalo kolika je potreba repromaterijala na točno određenom mjestu, a ne u prosjeku za cijelu površinu koja se obrađuje (preciznost).

Za precizno ratarstvo potrebne su točne karte s navedenim zemljišnim svojstvima, pri čemu klasične metode analize tla nisu od velike koristi. Grafičko organiziranje podataka o tlu najčešće se predstavlja zemljišnim kartama koje je moguće dobiti na više načina, uz geopozicioniranje u realnom vremenu uz pomoć satelita i GIS metoda (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima, primjerice uštedi radnih sredstava, uštedi strojeva i radnog vremena, smanjenju opterećenja okoliša i ostalo. Za postizanje tih ciljeva potrebna je opsežna obrada različitih informacija. U prvom koraku se prikupljaju informacije. Podaci koji proizlaze iz promatranja jednog obilježja odmah se obrađuju. Ovdje se njihov informacijski sadržaj obrađuje prema saznanjima o uzgoju bilja. U trećem koraku dobiveni podaci se prenose. Mnogi strojevi nude moguće izravne dokumentacije provedenog postupka. Odgovarajuće korištenje informacija i vremenskih odnosa razlikuje principe precizne poljoprivrede (slika 4.).



Slika 4. Načela precizne poljoprivrede u prikupljanju podataka, obradi, primjeni

(Izvor: Šimatović, 2013)

Gospodarska korist i utjecaj na očuvanje okoliša u preciznoj poljoprivredi najviše se očituje u smanjenom korištenju vode, gnojiva, herbicida i pesticida. Umjesto upravljanja cijelim poljem temeljem nekog hipotetičkog, prosječnog uvjeta koji možda ne postoji nigdje na polju pristupom preciznog ratarstva prepoznaju se razlike specifične lokacije ili specifičnog mjesta na poljima. Poslovi upravljanja podešavaju se tada u skladu s takvim raznolikostima. Poznato je da u konvencionalnoj poljoprivredi pojedina polja na različitim dijelovima daju različite prinose. Te razlike mogu nastajati ovisno o načinu i radnjama upravljanja tlom, svojstvima i obilježjima tla i/ili obilježjima okoliša. Obilježja tla koja utječu na prinose uključuju sastav, strukturu, vlagu, organske

tvori, sadržaj hranjivih tvari te položaj u krajoliku. Okolišna obilježja uključuju klimatske i vremenske uvjete, korove, insekte i bolesti biljaka. Na nekim poljima raznolikost unutar polja može biti znakovita.

Danas je teško održavati razinu poznavanja poljskih uvjeta zbog većih površina zemljišnih imanja i promjena na obrađivanim površinama zbog godišnjih promjena ugovorima o zakupu ratarskog zemljišta. Precizna poljoprivreda pruža mogućnosti automatskog i pojednostavljenog prikupljanja i analiziranja podataka. Omogućava donošenje upravljačkih odluka i njihovu brzu provedbu po malim površinama unutar većih polja. Rasporedom novčanih troškova u svezi sa specijaliziranom opremom na više korištenog zemljišta, te korištenjem vještina i znanja stručnjaka mogu se smanjiti troškovi, a povećati učinkovitost radova precizne poljoprivrede. Uobičajene usluge, koje pružatelji usluga precizne poljoprivrede najčešće pružaju jesu intenzivno uzorkovanje tla, izrade karata, te primjene promjenjivih količina gnojiva i materijala za kalcizaciju. Potrebna oprema za ove radove uključuje vozilo opremljeno GPS prijammnikom i poljskim računalom za uzorkovanje tla, računalo sa software-om za izradu mapa te uređaj za aplikaciju gnojiva i materijala za kalcizaciju u promjenjivim količinama. Nabava ovakve opreme te uvježbavanje potrebnih vještina jest znakovit prethodni trošak, koji može biti zapreka mnogim ratarima. Pružatelji poljoprivrednih usluga moraju prepoznati grupu opredijeljenih korisnika usluga da bi se opravdalo kupovanje opreme i osigurali djelatnici koji bi obavljali takve usluge.

Odluke glede upravljanja temelje se na zahtjevima svake površine ili zone i pribori precizne poljoprivrede (primjerice GPS/GIS) koriste se za kontrolu ili upravljanje prinosima s dane površine ili zone. Tome nasuprot, tradicionalni ratarski postupci ili metode koriste pristup "cijelog polja" gdje se polje tretira i obrađuje kao homogena površina. Odluke se temelje na prosjecima polja i u tradicionalnom ratarstvu inputi se primjenjuju jednoobrazno, uniformno po cijelom polju.

(zvor: <https://www.agrobiz.hr/agrovijesti/sto-je-precizna-poljoprivreda-i-kako-se-provodi-830>)

Precizna poljoprivreda ima za cilj približiti se svakoj biljci i stvoriti joj optimalne uvjete za razvoj i rast. Istovremeno se postiže i učinak smanjenja negativnih utjecaja na okoliš od prekomjerne primjene kemijskih sredstava za poticanje rasta ili suzbijanje štetnih organizama. Konačni efekt je ekonomičnija proizvodnja i značajne uštede repromaterijala, rada ljudi i strojeva te ušteda u potrošnji energije. Općenito se može reći da je precizna poljoprivreda ili precizno gospodarenje koncept poljoprivredne proizvodnje koji se temelji na promatranju i selektivnoj obradi ili tretiranju malih površina unutar nekog polja. Precizna poljoprivreda temelji se na primjeni informatičkih tehnologija, satelitske navigacije, sofisticiranog monitoringa rada i mogućnosti prilagođavanja poljoprivrednih strojeva i kvalitetne analize uzoraka. Pomoću senzora može se utvrditi rastu li usjevi i razvijaju li se maksimalno učinkovito u konkretnim uvjetima, a mogu se i precizno definirati razlozi smanjene učinkovitosti. Prikupljene informacije koriste se za izradu karata koje pokazuju varijacije određenih promatranih elemenata poput prinosa, statusa plodnosti tla, stanja zakorovljenosti, razvoja bolesti itd. Ključni pojmovi su selektivnost, preciznost i točnost. Precizna poljoprivreda ima za cilj približiti se svakoj biljci i stvoriti joj optimalne uvjete za razvoj i rast. Istovremeno se postiže i učinak smanjenja negativnih utjecaja na okoliš od prekomjerne primjene kemijskih sredstava za poticanje rasta ili suzbijanje štetnih organizama. Konačni efekt je ekonomičnija proizvodnja i značajne uštede repromaterijala, rada ljudi i strojeva te uštede u potrošnji energije. **Precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima, prije svega pri: uštedi radnih sredstava; uštedi strojeva i radnog vremena; poboljšanju ostvarenja dobiti kroz veće prinose te poboljšanje kvalitete proizvoda; smanjenju opterećenja okoliša i poticanju prirodno prostornih uvjeta; poboljšanju dokumentacije procesa produkcije. Ona ovisi od nadziranja postupaka, senzora, kvaliteta i kvantiteta podataka.**

Komponente preciznog uzgoja

Prikupljanje podataka

Za provedbu postupaka precizne poljoprivrede (precizna gnojidba, prihrana, zaštita itd.) potrebno je prikupiti točne podatke, kvalitetno ih obraditi i na kraju provesti postupke aplikacije potrebnih radnji u polju. Prikupljanje podataka podrazumijeva kartiranje prinosa, uzimanje uzoraka tla i njihovu analizu, mjerenje heterogenosti tla po mehaničkom sastavu tla, kiselosti, elektrokonduktivnosti itd., utvrđivanje prisustva korova, mjerenje broja štetnika, utvrđivanje zdravstvenog stanja usjeva i utvrđivanje stupnja ishranjenosti. Neke od navedenih metoda prikupljanja podataka provode se istovremeno s aplikacijom određenog postupka njege usjeva, a neke metode provode se unaprijed i provedbom plana gospodarenja služe kao podloge za kasnije aplikacije postupaka uzgoja biljaka.



www.agricorner.com

Kartiranje prinosa

Karte prinosa imaju za cilj pokazati uzgajivaču heterogenost prinosa po proizvodnim tablama kako bi se kasnije lakše mogli utvrditi razlozi smanjenja prinosa i kako bi se plan uzimanja pedoloških uzoraka mogao točnije definirati. Kartiranje prinosa također pokazuje koliki je maksimalni mogući očekivani prinos na nekoj parceli i prema tome koju ciljanu količinu hranjiva treba planirati prilikom gnojidbe. Farmeri neprestano istražuju mogućnosti povećanja prinosa i kvalitete na mikrolokacijama, pa često sve proizvodne površine koriste kao pokušalište. Kartiranje prinosa će im u tom slučaju jako olakšati praćenje pokusa s uzgojem različitih sorata ili hibrida. Kartiranje se provodi istovremeno s procesom žetve tako da se cijelo vrijeme trajanja žetve pomoću jednostavnog GPS uređaja određuje položaj kombajna i u realnom vremenu se mjeri maseni ili volumenski protok proizvoda koji se ubire. Preciznost senzora koji mjere protok mase važnija je od preciznosti definiranja položaja stroja. Najčešće kombajni već imaju ugrađene softvere koji preračunavaju prinos u kg/m^2 ili kg/ha i spremaju prikupljene podatke u digitalnom obliku kako bi se kasnije lako mogli upotrijebiti za poslove dokumentiranja, planiranja i odlučivanja.

Kontrola preciznosti rada strojeva

Senzori koji se nalaze na radnim dijelovima priključnih strojeva prate rad strojeva i registriraju eventualne probleme zbog kojih dolazi do nepreciznosti. Ovi senzori su vrlo korisni na sijaćicama, prskalicama, kombajnama i rasipačima, jer čine dodatnu kontrolu i daju sigurnost rukovoditeljima da je posao odrađen upravo onako kako treba. Danas se koriste senzori u širokom rasponu točnosti i cijena. Naravno da su najbolji oni koji imaju najveću preciznost, ali oni se ugrađuju na strojeve koji

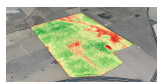
slove kao najbolji. Tako su primjerice vrlo precizni senzori koji kontroliraju sjetvu okopavina na preciznim rednim sijaćicama, a točnost im je takva da za svaki red mogu točno prikazati broj posijanih zrna, duljinu puta na kojem su ta zrna posijana, srednji razmak između zrna, broj mjesta na kojima nije posijano zrno odnosno broj preskočenih mjesta itd.

3-D skeniranje parcela

Ima praktično značenje u niveliranju polja, meliorativnim zahvatima prilikom postavljanja drenaže ili izrade otvorenih kanala za odvodnju i u finoj pripremi tla za sjetvu povrća. Upotreba 3-D funkcije GPS uređaja još je dosta ograničena zbog komunikacijskih veza između uređaja za trodimenzionalno snimanje površine parcela i strojeva koji obavljaju zadani posao.

Skeniranje i uzorkovanje tla

Uzimanje uzoraka tla i njihova analiza još je uvijek najpouzdanija metoda prikupljanja podataka o plodnosti tla i određivanja intenziteta gnojidbe osnovnim hranjivima kao što su fosfor, kalij, kalcij i magnezij. Nažalost ova metoda nije jeftina, posebno kad se uzme u obzir činjenica da je za kvalitetne preporuke gnojidbe potrebno uzimati skupne uzorke s površine ne veće od 1 do 3 ha. Već postupak uzimanja uzoraka traži velik angažman stručnih ljudi, a uzimanje uzoraka s dubine od 0-30, 30-60 cm na nekoliko mjesta unutar jednog ha, predstavlja značajan trošak u kalkulaciji, a nakon toga sve te uzorke treba kemijski analizirati. Stanje u Hrvatskoj je takvo da je trenutna cijena kvalitetne analize uzoraka previsoka i dovodi u pitanje smislenost ovog postupka.



emmetts.com.au

Za skeniranje heterogenosti tla prema vlažnosti, mehaničkom sastavu elektroprovodljivosti itd. postoje skeneri koji se mogu postaviti na terenska vozila i traktore i vožnjom po parceli se elektronički beskontaktno prikupe potrebni podaci. Ovu opremu si mogu priuštiti samo veliki proizvođači i velike farme, dok za manje proizvođače treba organizirati timove na razini državnih institucija koji će za šire regije vršiti uslugu skeniranja i uzorkovanja tla. Skeniranje već uspostavljenih usjeva obavlja se u svrhu prihrane dušikom i mikroelementima ili za prskanje korova samo na mjestima gdje je korov prisutan. To se radi na način da se na prednji dio traktora ili na krov kabine traktora postave nosači skenera koji imaju senzore i snimaju usjev. Informacija se odmah obrađuje i šalje se uputa, preciznom (uglavnom pneumatskom) rasipaču mineralnih gnojiva ili prskalici, o dozi koja se treba primijeniti u točno određenom trenutku. Danas je najčešća primjena ove metode u prihrani žitarica i visokorazvijene zemlje je jako koriste. Primjer je Švedska, gdje farmeri koji rade uslužnu prihranu pšenice ili ječma obavezno moraju imati instalirane uređaje, tzv. N-senzore koji očitavaju stanje usjeva i doziraju N₂ gnojivo prema potrebi. Skeniranje prisutnosti korova na polju ili u usjevu je najnovija metoda koja se koristi za prskanje samo onih dijelova parcele na kojima se nalaze korovi. Uređaji koji prepoznaju korove daju signal pojedinačnoj dizni na prskalici da prska s preciznom količinom aktivne tvari, na taj način se prskaju samo korovi, a ne cijela površina i sustav je vrlo učinkovit kod korova koji se pojavljuju naknadno.

Obrada podataka i planiranje

Prikupljeni podaci o stanju parcele i usjeva, ako se ne radi o online skeniranju, trebaju se obraditi i temeljem dobivenih karata obavlja se planiranje daljnjih postupaka. Ovo je potrebno iz razloga što se prikupljeni podaci dobiju u obliku točkastog prikaza, ili su jako raspršeni, pa je potrebno napraviti određene interpolacije i prilagođavanje formi koju strojevi mogu prihvatiti.



agronav.ch

Komponente preciznog uzgoja su:

- Sistemi za pozicioniranje - GPS / DGPS / RTK
- Nadzor i mapiranje prinosa
- Uzorkovanje i analiza tla
- Daljinsko istraživanje
- Geografski informacijski sustavi - GIS
- Primjena s promjenjivom stopom (tehnologija)
- Ekonomija PF

Virtualni terminali i ISOBUS terminali

U posljednjih desetak godina proizvođači programskih aplikacija i uređaja za preciznu poljoprivredu nezavisno su razvijali svoja rješenja, pa se dogodilo da svaki proizvođač ima kontrolere koji mogu raditi samo s nekim priključcima samo neke zahvate. Najčešće su protokoli za razmjenu podataka između kontrolera na stroju i terminala s procesorom na traktoru bili kompatibilni, ali vrlo često uz primjenu nekih međuelemenata koji su trebali uskladiti podatkovne zapise. To je praktično značilo da se skoro svaki stroj koji ima neke senzore ili uređaje koji kontroliraju radni proces može upravljati s nekog kompjuterskog terminala na traktoru, ali je to prilično komplicirano povezati da radi bez poteškoća. Zbog toga su svi proizvođači priključnih strojeva ili virtualnih terminala radije predlagali korisnicima (farmerima) korištenje vlastitih upravljačkih terminala, koje su međusobno povezivali, ili su samo snimali prikupljene podatke. Konačan rezultat bio je taj da su kabine u inače raskošnim traktorima postale premale za sve monitore koji su se istovremeno ugrađivali u traktore. Naravno svaki monitor (koji je zapravo bio neka vrsta industrijskog kompjutera) nije bio nimalo jeftin, pa je i konačna cijena precizne poljoprivrede bila mnogima previsoka. To je jedan od razloga što je precizna poljoprivreda razvijenija u zemljama gdje su farmeri bogati, pa si mogu priuštiti skupu opremu.

Primjena sustava precizne poljoprivrede u oranju

Oranje je najstarija radna operacija obrade tla i vrlo malo se mijenjala kroz povijest. Ipak i uz tu činjenicu danas je nezamjenjiva radna operacija koja se standardno koristi kod većine poljoprivrednih proizvođača širom svijeta, a posebno je važna u regijama koje imaju teška, glinom bogata tla i zime s niskim temperaturama. Moderni plugovi u sustavu precizne poljoprivrede koriste senzoriku za precizno definiranje dubine rada, jer se već s vrlo malim promjenama radne dubine značajno povećavaju troškovi i cijena gotovih proizvoda. Osim precizne kontrole dubine oranja današnja tehnika GPS-a i njegova preciznost omogućuju "ON-LAND" rad, tj. oranje traktorom čiji kotači gaze po nepooranom dijelu tla. Ovakav način rada ima niz prednosti:

- traktor ima jednaku težinu na lijevim i desnim kotačima;
- raspored sila je jednolik, pa je ukupna vučna sila veća;
- nema gaženja već preoranog tla i struktura je ista po cijeloj parceli;
- traktori mogu imati široke gume;
- plugovi mogu biti vario izvedbe i kvalitetno spajaju prohode i kod uskog radnog zahvata prve brazde;
- nije potrebno koristiti specijalni nož za proširenje zadnje brazde;
- traktor nije nagnut pa je vozaču udobnije;
- pogodni su za rad s traktorima s kotačima kao i s traktorima s gusjenicama;
- mogu se koristiti traktori s udvojenim kotačima pa nije potrebno vrijeme za skidanje i ponovnu montažu kotača;
- nije potrebno podešavati razmak kotača traktora;
- okretanje pluga premetnjaka je jednostavnije i plug se lakše podešava.

"ON-LAND" način oranja traži automatsko upravljanje traktora s visokom razinom točnosti pozicioniranja i potrebno je koristiti baznu stanicu za korekciju satelitskog signala, kako bi se dobila velika relativna točnost. GPS sustav kod vario plugova obavlja korekciju radnog zahvata pluga i na taj način se postiže idealna ravna brazda, što je pretpostavka da osjetljive biljne vrste imaju uvijek iste uvjete nicanja i ravnomjeran rast i razvoj, čiji se efekti na kraju vide u postignutim prinosima. Ovo je posebno važno u proizvodnji povrća. Automatsko upravljanje traktora pri oranju omogućuje idealno ravne brazde i perfektni izgled polja bez obzira na to radi li se o malim ili velikim poljima.

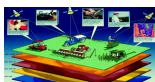
Predsjetvena priprema tla u sustavu precizne poljoprivrede

Upravljanje radnim procesima obrade tla u poljoprivrednoj proizvodnji na prvi se pogled čini jednostavnim i većina ljudi misli da tu nije potrebna primjena sofisticiranih metoda rada. Međutim, ako se detaljno uđe u problematiku obrade tla i predsjetvene pripreme, ili kako je još zovu dopunske obrade tla, tada se uočavaju pogreške koje rezultiraju neobrađenim trakama između dva prohoda stroja ili u preklapanju prohoda. Velikim strojevima radnog zahvata 6 m i više teško se upravlja bez pogrešaka. Tanjurače, gruberi, sjetvospremači i slični strojevi za pripremu tla u pravilu su širokog radnog zahvata i prilikom spajanja prohoda najčešći je slučaj da se dva prohoda preklapaju. Ovo preklapanje u pravilu iznosi 50-80 cm po danu, odnosno 60-100 cm noću. Zbog preklapanja se nepotrebno smanjuje učinak za 10-15%, a u istom odnosu se povećava trošak predsjetvene pripreme tla. Drugi problem kod strojeva za predsjetvenu pripremu tla jest slaba vidljivost između tretiranog i netretiranog tla u drugom prolazu, pa se vozač mora značajno naprezati i umarati kako bi bio siguran da kvalitetno spaja prohode. Ovaj problem je posebno izražen u noćnom radu. Primjenom preciznih GPS-a izravno se postiže ušteda 10-15% ukupnih troškova za predsjetvenu pripremu tla. Dodatni efekti su još veći ako se radi noću, jer GPS i automatsko upravljanje traktora značajno olakšavaju rad vozačima traktora, oni su zadovoljniji, bolje raspoloženi i efikasnije koriste ukupno raspoloživo radno vrijeme.

Primjena sustava precizne poljoprivrede u sjetvi

Sjetva je jedan od najvažnijih poslova u poljoprivredi. Stara narodna izreka kaže "kako siješ, tako ćeš i žeti". O kvaliteti sjetve značajno ovisi očekivani prinos i profitabilnost cijelog posla. Greške koje se učine tijekom sjetve najčešće kasnije nije moguće kompenzirati nekim drugim zahvatima. Razlozi leže u relativno kratkim i važnim agrotehničkim rokovima za većinu kultura koje se proizvode u RH. Iz svih navedenih razloga nameće se gotovo kao nužnost primjena kontrole i praćenja brojnih elemenata u procesu sjetve, što je sastavni dio precizne poljoprivrede. Moglo bi se čak reći da su prvi koraci precizne poljoprivrede bili u preciznoj sjetvi okopavina odnosno kultura koje se siju u redove na točno određeni razmak. Prve takve sijačice su se zvale precizne sijačice. Naravno, razvojem tehnologije sjetve i pojam precizne sjetve značajno je proširen tako da se danas može raspravljati o vrlo širokom području primjene metoda precizne poljoprivrede za sjetvu. Kod sjetve je važno da svaka biljka ima osiguran dovoljan životni prostor a da istovremeno ne ugrožava drugu biljku. Iz tog razloga je važno posijati točno određenu količinu sjemena na odgovarajuća mjesta. Tehnologijom precizne poljoprivrede za taj posao je potrebno primijeniti automatsko upravljanje traktora, automatsku kontrolu sekcija, tehnologiju promjenjive količine sjemena i nadzor protoka sjemena. Današnje moderne sijačice za sjetvu okopavina imaju za svaki red nezavisni pogonski elektromotor koji može prema nalogu centralnog procesora u bilo kojem trenutku sijati sjeme na željeni razmak. Takvi strojevi imaju i optičke senzore koji detektiraju svaku posijanu sjemenku i informaciju šalju u bazu podataka pa je moguće kasnije točno vidjeti koliko je sjemenki u kojem redu i na kojem mjestu posijano. Za sjetvu se unaprijed pripreme karte sjetve i sijačica izvršava nalog prema tim podacima. Ukoliko je parcela koja se sije nepravilnog oblika, sijačica će posijati sjeme bez preklapanja uvijek na točno definirani razmak. Na taj se način štedi sjeme i osiguravaju se optimalni uvjeti za daljnji rast i razvoj biljaka. Kod sjetve u redove može se

postići individualno podešavanja razmaka sjemena neovisno za svaki red, kontrola stvarno izbačenog sjemena (ukoliko neko zrno ne bude izbačeno, to se detektira i zabilježi), uspostavljanje stalnih tragova (kod sjetve šećerne repe ili soje stalni tragovi se ostavljaju jer široke gume traktora ne mogu ući u međured od 45-50 cm, pa je bolje ne sijati redove koje će traktor kasnije pogaziti), satelitska kontrola početka i kraja sjetve (sekcijska kontrola), precizno spajanje prohoda i vođenje uz pomoć GPS-RTK sustava i vrlo precizna regulacija dubine sjetve.



gislounge.com

Primjena sustava precizne poljoprivrede u gnojidbi

Osnovna gnojidba primjenom varijabilne doze gnojidbe - ovo je metoda koja se već primjenjuje i na nekim većim farmama u Hrvatskoj, a sastoji se od izrade varijabilnog plana gnojidbe i karata gnojidbe koje unaprijed definiraju količinu pojedinačnih gnojiva na svakom dijelu neke parcele. Računalo u traktoru očitava poziciju rasipača i s karte očitava dozu gnojiva koju u tom trenutku rasipač treba izbaciti te šalje informaciju rasipaču da namjesti uređaj za doziranje u točno definirani položaj. Sama tehnika je vrlo jednostavna, ali postoje određene teškoće u operativnoj primjeni ove metode. Prvi problem je što nacionalni proizvođač mineralnog gnojiva nerado prodaje pojedinačna gnojiva (MAP-P2O5, KCl- K2O) pa ih je na tržištu teže pronaći u slobodnoj prodaji. Drugi problem je visoka cijena analize uzoraka tla, pa korisnici reduciraju broj uzoraka tako što analize rade na površinama od 3 do 10 ha, što ima za posljedicu veliku vjerojatnost da će se napraviti pogreška kod preporuka gnojidbe i interpolacije podataka, odnosno karta koja se izrađuje za definiranje doze gnojidbe neće biti točna. Nadalje ova oprema za manje farme je još uvijek nedostupna jer je visina investicije visoka pa treba razmišljati o nekom od vidova udruživanja, a strojni prsteni koji postoje još uvijek ne primjenjuju ovu tehnologiju, iako se vrlo brzo isplaćuje i ima velike jednokratne efekte.

Online gnojidba

Ovdje se radi o sustavu prihrane usjeva prema potrebama biljke i potencijalima tla. Senzori koji se nalaze na traktoru ili na posebnim nosačima ispred stroja očitavaju reflektirajući signal od biljke i šalju ga na obradu u računalo. Već prema tome koji se sustav obrade podataka primjenjuje, softver obrađuje podatke, pri čemu uvažava kriterije maksimalnog potencijala tla i šalje informaciju stroju koju količinu dušičnog gnojiva treba aplicirati. Na taj se način povezuju proizvodni potencijali tla i biljke i postiže se maksimalni mogući prinos uz optimalnu potrošnju dušičnog gnojiva. U prosjeku primjena ovih sustava prihrane ima rezultat u povećanju prinosa od cca 10% a da se pritom ne troši više gnojiva. U skandinavskim zemljama tzv. kontraktori, tj. vlasnici strojnih prstena koji rade uslužno poslove strojne obrade manjim farmerima, ne mogu (nitko ih ne želi angažirati) raditi posao prihrane pšenice i drugih žitarica ako nemaju sustav varijabilne gnojidbe prema potrebama biljaka. Oni koriste najsofisticiranije senzore za snimanje stanja ishranjenosti biljke i tu informaciju uzimaju za izračunavanje trenutne gnojidbene doze. Danas postoji više proizvođača senzora i kompjuterskih programa za rad s rasipačima, a isplativost investicije je vrlo brza. GPS sustavi i tehnologija

varijabilne doze gnojidbe može se primijeniti na svim tipovima rasipača mineralnih gnojiva, ali i tu se mogu postići dodatna poboljšanja primjenom rasipača s mogućnošću sekcijske kontrole. To su pneumatski rasipači koji imaju princip rada sličan principu rada prskalica. Gnojivo se iz spremnika izuzima preciznim dozatorima i pneumatskim putem se transportira do sapnice koja u obliku uske lepeze prema gore razbacuje granule mineralnog gnojiva. Širina svake lepeze je oko 1 m i pomoću ON/OFF ventila ili zasuna svaka sapnica se pojedinačno može zatvoriti i otvoriti, što omogućuje vrlo preciznu sekcijsku kontrolu. Manje precizni pneumatski rasipači mogu upravljati sekcijama širine 6 do 8 cm.

Izvor: <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A68/datastream/PDF/view>

Općenito o geografskim informacijskim sustavima

Geografski informacijski sustavi (GIS) su jedni od najperspektivnijih informacijskih tehnologija današnjice. Njihova primjena se bazira na povezivanju tekstualnih, odnosno atributnih podataka s prostornim geometrijskim podacima na temelju čega se izvode potrebne analize. GIS je sustav za upravljanje prostornim podacima i svojstvima koja su njima pridružena. U najstrožem smislu to je računalni sustav sposoban za integriranje, spremanje, uređivanje, analiziranje i prikazivanje geografskih informacija. U općenitijem smislu GIS je oruđe "pametne karte" koje dopušta korisnicima stvaranje interaktivnih upitnika (istraživanja koja stvara korisnik), analiziranje prostornih informacija i uređivanje podataka.

Jurišić i Plaščak (2009.) su GIS opisali kao integrirani sustav sklopovlja, računalnih alata i korisničke programske podrške, a u svrhu sakupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prikaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja.

GIS je u najužem smislu računalni alat za kreiranje i analiziranje geografskih objekata, odnosno pojava i događaja u prostoru. Tehnologija GIS-a integrira zajedničke operacije baze podataka, kao što s pretraživanja i statističke analize, s vizualnim geografskim analizama temeljene na kartografskim prikazima (Pahernik M., 2006).

To je dakle „moderan alat“ koji modelira prostorne podatke i čija je svrha i prioritetna zadaća unapređivanje procesa donošenja odluka koje su u bilo kakvoj vezi s prostorom.

GIS čine slijedeće komponente (slika 1.):

- **hardware** (osobna računala, razni uređaji za prikupljanje podataka na terenu, uređaji za provedbu digitalizacije podataka, uređaji i mediji za spremanje podataka te uređaji za prikaz i ispis podataka);

- **software** (operativni sustavi za računala i namjenski programi – aplikacijski software za obradu karata, slika, teksta, zvuka, tablično računanje te obradu baze podataka);

- **podaci** (podaci o prostoru koji čine bazu podataka i digitalne karte koje čine vizualizacijsku komponentu GIS-a);

- **metode** (planovi i pravila poslovanja korisnika GIS-a specifičnih za različite oblasti primjene);
- **korisnici** (stručnjaci koji se bave izradom baza podataka, mjerenjima na terenu, digitalizacijom različitih vrsta podataka pa sve do onih korisnika koji izvršavaju svakodnevne poslove koristeći se GIS tehnologijom).

Svaka od navedenih komponenti je vrlo značajna, jer funkcioniranje GIS-a znatno ovisi o usklađenosti i kompatibilnosti svih navedenih čimbenika sustava.



Slika 1. Komponente GIS-a

(izvor: <http://www.polkcitymaps.org/GIS-Day.html>)

Uporabom GIS-a i prostornih podataka dolazi do boljeg upravljanja informacijama, kvalitetnijih analiza, te mogućnosti izrade scenarija i povećanja efikasnosti određenih projekata s ciljem stvaranja nove prostorne informacije koja je neophodna za donošenje pravilnih odluka. Mnoge discipline mogu izvući korist iz GIS tehnika, jer aktivno GIS tržište smanjuje cijene i neprestano poboljšava hardware i software komponente GIS-a. Isto rezultira širom uporabom GIS tehnologije u znanosti, upravi, trgovini, industriji, javnom zdravstvu, nacionalnoj obrani, održivom razvoju, poljoprivredi te ostalim društvenim oblastima. Dostupnost GIS podataka ovisi o jednostavnosti uporabe programa za GIS, razumijevanju problema kojeg treba riješiti, vremenskim rokovima, količini financijskih sredstava namijenjenih za neki projekt te educiranosti i stručnosti osoblja kojese primarno bave GIS-om. GIS tehnologija integrira uobičajene operacije s bazama podataka, kao što su pretraživanje, upiti ili statističke analize s jedinstvenim prednostima vizualizacije i prostorne analize koju donose karte. Ove mogućnosti izdvajaju GIS od ostalih informacijskih sustava i čine ga dragocjenim alatom za najrazličitije namjene i korisnike.

Zahvaljujući GIS sustavu svakomu se pruža prilika da u što kraćem roku dođe do potrebnih podataka, bez potrebe za traženjem neke lokacije na karti i mukotrpnim izdvajanjem dodatnih podataka na njoj radi analize. Tehnologija geografskog informacijskog sustava može se koristiti za znanstvena istraživanja, upravljanje resursima, imovinsko upravljanje, planiranje razvoja, kartografiju i planiranje puta (Jurišić i Plaščak, 2009.).

GIS podaci predstavljaju objekte u stvarnom svijetu (ceste, upotrebu zemljišta, visinu) pomoću digitalnih podataka. Objekti u stvarnom svijetu mogu se podijeliti u dvije apstrakcije:

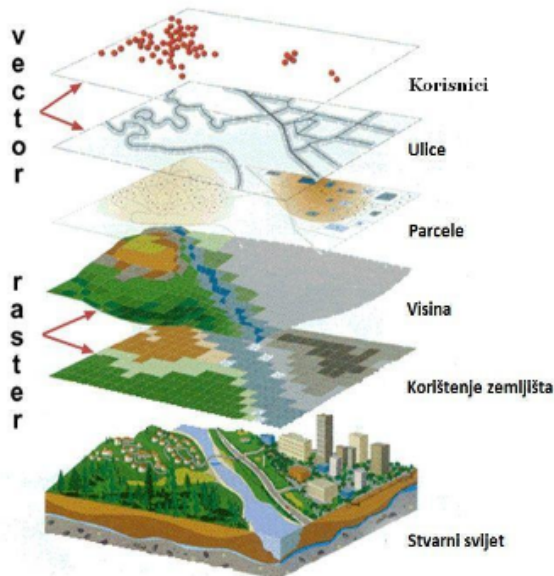
- zasebni objekti (kuće) i
- neprekinuta polja (količina oborina ili visina).

Za obje apstrakcije postoje dvije široke metode korištene u spremanju podataka u GIS-u: rasterska i vektorska metoda.

Tip rasterskih podataka sastoji se od redova i stupaca ćelija gdje se u svakoj ćeliji sprema pojedinačna vrijednost. Vrlo često su rasterski podaci slike (rasterske slike), ali uz samu boju, vrijednost zapisana za svaku ćeliju može biti zasebna vrijednost, poput zemljišne upotrebe (slika 2.), neprekinuta vrijednost, poput oborina, ili nikakva vrijednost ako nije dostupan nijedan podatak.

Dok rasterska ćelija sprema pojedinačnu vrijednost, ona se može proširiti upotrebom rasterskih pruga za prikaz RGB (zelene, crvene i plave) boja, obojenih karata (kartiranje između tematskog koda i RGB vrijednosti) ili proširene atributne tablice s jednim redom za svaku jedinstvenu vrijednost ćelije. Razlučivost rasterskog skupa podataka je njegova širina ćelije u zemljišnim jedinicama. Na primjer, jedna ćelija rasterske slike predstavlja jedan metar na zemlji. Obično ćelije predstavljaju kvadratna područja zemlje, ali se mogu koristiti i ostali oblici.

Tip vektorskih podataka za prikaz objekata koristi geometriju poput točaka, linija (serije točkastih koordinata) ili poligona, također zvanih područjima (oblici omeđeni linijama). Primjeri uključuju granice posjeda za stambenu podjelu prikazane poligonima i položaje izvora prikazane točkama (slika 2.). Vektorska se obilježja mogu napraviti kako bi poštivala prostorni integritet kroz primjenu topoloških pravila poput onoga da se 'poligoni ne smiju preklapati'. Vektorski se podaci mogu također koristiti za prikaz neprekinuto varirajućih pojava.



Slika 2. Tematski slojevi pri izradi GIS-a

(izvor: <http://www.seos-project.eu/modules/agriculture>)

Automatsko vođenje poljoprivredne mehanizacije

U posljednjih desetak godina proizvođači programskih aplikacija i uređaja za preciznu poljoprivredu, nezavisno su razvijali svoja rješenja, pa se dogodilo da svaki proizvođač ima kontrolere koji mogu raditi samo s nekim priključcima samo neke zahvate. Najčešće su protokoli za razmjenu podataka između kontrolera na stroju i terminala s procesorom na traktoru bili kompatibilni, ali vrlo često uz primjenu nekih međuelemenata koji su trebali uskladiti podatkovne zapise. To je praktično značilo da se skoro svaki stroj koji ima neke senzore ili uređaje koji kontroliraju radni proces može upravljati s nekog kompjuterskog terminala na traktoru, ali je to prilično komplicirano povezati da radi bez poteškoća. Radi toga su svi proizvođači priključnih strojeva ili virtualnih terminala radije predlagali poljoprivrednicima korištenje vlastitih upravljačkih terminala, koje su međusobno povezivali, ili su samo snimali prikupljene podatke. Konačan rezultat je bio taj da su kabine u inače raskošnim traktorima postale premale za sve monitore koji su se istovremeno ugrađivali u traktore. Naravno svaki monitor (koji je zapravo bio neka vrsta industrijskog kompjutera) nije bio nimalo jeftin, pa je i konačna cijena precizne poljoprivrede bila

mnogima previsoka. To je jedan od razloga da je precizna poljoprivreda razvijenija u zemljama gdje su poljoprivrednici bogati, pa si mogu priuštiti skupu opremu. Velik broj monitora u traktorima, hrpe kablova i problema oko povezivanja priključnih strojeva, traktora i kontrolnih terminala natjerala je udruženje europskih inženjera da se dogovore oko korištenja standardnog komunikacijskog protokola ISO 11783 koji se komercijalno zove ISOBUS. To je standard koji specificira mrežu serijskih podataka za komunikaciju poljoprivrednih i šumarskih traktora i priključaka. Od 2009. godine, kad je ovaj standard prihvatila većina europskih proizvođača poljoprivrednih strojeva, do danas svi značajniji proizvođači se oslanjaju na ovaj standard ili su s njim kompatibilni. (Štefanek E., 2014.)

Sustavi koji su razvijani za automatsko navođenje poljoprivrednih strojeva su bili ograničeni za specijalne namjene zato jer nije postojao univerzalni senzorski sustav. Danas su satelitski pozicijski sustavi i senzori za mehanički vid univerzalna okosnica precizne poljoprivrede. Poljoprivredna mehanizacija je visoko specijalizirana za poljoprivrednu proizvodnju. Glavni zadatak rukovatelja takvog stroja je upravljanje, nadgledanje i kontrola radne operacije koju stroj izvodi. Ideja o oslobađanju rukovatelja stroja od upravljanja strojem kako bi se mogao posvetiti samo nadzoru radne operacije pojavila se još 70-ih godina 20. st. kada su mnogi inženjeri osmišljavali i testirali razna rješenja tog problema. Njihova rješenja nisu polučila veći komercijalni uspjeh pa se isto pitanje opet pojavilo kasnih 80-ih godina.

Tada se uz senzorski pristup, odnosno strojni vid, počelo koristiti i satelitsko pozicioniranje kao moguće rješenje. Prema Jahmsu (1983.), zahtjevi prema univerzalnom sustavu za automatsko navođenje poljoprivrednih strojeva se mogu sažeti u slijedeće:

- upotrebljivi za sve operacije u polju širom svijeta
- pogodni za svu poljoprivrednu mehanizaciju
- bez specijalnih priprema, procedura i instalacija na polju
- lagani za rukovanje („user friendly“)
- bez glomaznih i zahtjevnih konstrukcija koje priječe zajedničko korištenje
- razuman omjer cijene i performansi
- preciznost navođenja sa centimetarskim odstupanjem
- pogodno za vožnju brzinom do 20 km/h.

Princip rada sustava za navođenje koji su danas u uporabi možemo opisati na slijedeći način. Kontroler vođenja, na osnovu položaja vozila u odnosu na željeni položaj, generira odgovarajuće upravljačke komande. Upravljački sustav vozila je kombinacija hidrauličkih i/ili elektronskih komponenti, koji postavlja upravljačke kotače u odgovarajući položaj. Sustav vođenja određuje aktualni položaj vozila, uspoređuje ga sa željenim položajem i izvršava odgovarajuće upravljanje kako bi se vozilo postavilo u željeni položaj.

Sustavi vođenja poljoprivrednih strojeva mogu se svrstati u tri skupine:

- pomoć pri vođenju
- automatsko vođenje
- autonomni sustav vođenja.

Sustav pomoći pri vođenju je sustav koji rukovatelju pokazuje samo informacije o vođenju. Automatski i autonomni sustavi vođenja projektiraju se tako da se podešavanje mehanizma upravljanja odvija bez vozača. Praćenje putanje za poljoprivredne priključne strojeve puno je teže nego kod vozila pa sustavi navođenja poljoprivrednih priključaka imaju poseban značaj.

Upravljački sustavi za vozila ili priključne strojeve obično sadrže najmanje sljedeća tri sklopa:

- osjetnik (senzor) koji snabdijeva sustav informacijom o promjeni položaja vozila ili priključnog stroja
- kontroler koji opskrbljuje sustav posebnim korekcijskim signalom
- aktuator koji, kombiniran s upravljačkim mehanizmom, mijenja položaj vozila ili priključnog stroja.

Kao dodatak pozicioniranju tj. navođenju strojeva putem GPS-a, precizna poljoprivreda zahtijeva računalni program za upravljanje tlo i usjevima. Takav program naziva se GIS i pomoću njega je moguće isprogramirati određene operacije na točno određenom mjestu. U programu se odrađuje planiranje putanje stroja i radne sekvence. Ta naredba se sprema na USB prijenosni spremnik ili čip karticu putem kojih se prenosi u pogonski stroj. U vozilu se naredba prenosi na BUS koji istovremeno upravlja strojem i prikazuje informacije o naredbi rukovatelju stroja na monitoru za nadzor. Informacije i podaci izmijenjeni između pomoćnih sredstava i autonomne jedinice za navođenje preko poljoprivrednog BUS-a obuhvaćaju dugoročne podatke i podatke u realnom vremenu.

10Dugoročni podaci se prenose samo jednom na početku operacije u polju, a to su podaci o navođenju, uključujući karakteristike pogonskog i priključnog stroja, geopodatke o polju kao što su granice polja, trajne prepreke i sl. Podaci u realnom vremenu odnose se na podatke o poziciji sa GNSS (globalni navigacijski satelitski sustav), brzini kretanja i naredbe rukovatelja. Podaci o zadanom kutu upravljanja, zadanoj kontroli kretanja i podaci s informacijama za rukovatelja i za spremanje za protokol rada se kontinuirano šalju na BUS (Jahms G., 1983.).

Vođenje strojeva GPS-om

Automatsko upravljanje traktorima uz pomoć GPS-a moguće je pomoću dvije vrste upravljačkih sustava. Prvi je sustav za pomoć pri upravljanju bez povezanosti sa hidraulikom traktora. On omogućava poboljšanje preciznosti prohoda traktora i smanjenje umor vozača.

Predstavnik takvog sustava je OnTrack3, proizvod tvrtke *Ag Leader*. Njega karakterizira jednostavna i brza instalacija (“Lock-n’-Roll” instalacija) što omogućava lakše prebacivanje

iz jednog trakora u drugi (slika 5.).



Slika 5. Instalacija sustava Ag Leader OnTrack3 (tzv. “Lock-n’-Roll” instalacija)

(izvor: <http://www.agleader.com/products/guidance-steering/ontrac3/>)

Standardni komunikacijski protokol ISO 11783 komercijalno ime ISOBUS. Velik broj monitora u traktorima, hrpe kablova i problema oko povezivanja priključnih strojeva, traktora i kontrolnih terminala natjerala je udruženje europskih inženjera da se dogovore oko korištenja standardnog komunikacijskog protokola ISO 11783 koji se komercijalno zove ISOBUS. ISOBUS je standard koji specificira mrežu serijskih podataka za komunikaciju poljoprivrednih i šumarskih traktora i priključaka. Od 2009. godine je ovaj standard prihvatila većina europskih proizvođača poljoprivrednih strojeva, do danas svi značajniji proizvođači se oslanjaju na ovaj standard ili su s njim kompatibilni. (Štefanek E., 2014.)

Prema Jahmsu (1983.), zahtjevi prema univerzalnom sustavu za automatsko navođenje poljoprivrednih strojeva se mogu sažeti u slijedeće:

- upotrebljivi za sve operacije u polju širom svijeta,
- pogodni za svu poljoprivrednu mehanizaciju
- bez specijalnih priprema, procedura i instalacija na polju
- lagani za rukovanje („user friendly“)
- bez glomaznih i zahtjevnih konstrukcija koje priječe zajedničko korištenje
- razuman omjer cijene i performansi
- preciznost navođenja sa centimetarskim odstupanjem
- pogodno za vožnju brzinom do 20 km/h

Princip rada automatskog sustava za navođenje

Kontroler vođenja, na osnovu položaja vozila u odnosu na željeni položaj, generira odgovarajuće upravljačke komande. Upravljački sustav vozila je kombinacija hidrauličkih i/ili elektronskih komponenti, koji postavlja upravljačke kotače u odgovarajući položaj. Sustav vođenja određuje aktualni položaj vozila, uspoređuje ga sa željenim položajem i izvršava odgovarajuće upravljanje kako bi se vozilo postavilo u željeni položaj. Sustavi vođenja poljoprivrednih strojeva mogu se svrstati u tri skupine:

- pomoć pri vođenju
- automatsko vođenje
- autonomni sustav vođenja.



Slika . Pomoć pri vođenju polj. strojeva

Upravljački sustavi za vozila ili priključne strojeve obično sadrže najmanje sljedeća tri sklopa:

- senzor koji snabdijeva sustav informacijom o promjeni položaja vozila ili priključnog stroja
- kontroler koji opskrbljuje sustav posebnim korekcijskim signalom
- aktuator koji, kombiniran s upravljačkim mehanizmom, mijenja položaj vozila ili priključnog stroja

Aktuator ili aktor koristi se u upravljačkoj i regulacijskoj tehnici, mehatronici, robotici i slično, to je naprava kojom se na pobudu upravljačkoga signala pokretni dijelovi sustava dovode u željeni položaj, ostvaruje se njihovo gibanje ili razvija sila ili moment sile kojim ti dijelovi djeluju na okolinu. Program (GIS) za navođenje strojeva putem GPS-a, a zahtijeva računalni program za upravljanje tlo i usjevima. Uz pomoć GIS-a programirati određene operacije na točno određenom mjestu. U programu se obrađuje planiranje putanje stroja i radne sekvence. Ta naredba se sprema na USB prijenosni spremnik ili čip karticu putem kojih se prenosi u pogonski stroj. U vozilu se naredba prenosi na BUS koji istovremeno upravlja strojem i prikazuje informacije o naredbi rukovatelju stroja na monitoru za nadzor. Informacije i podaci izmijenjeni između pomoćnih sredstava i autonomne jedinice za navođenje preko poljoprivrednog BUS-a obuhvaćaju dugoročne podatke i podatke u realnom vremenu.



Vođenje strojeva GPS-om

Automatsko upravljanje traktorima uz pomoć GPS-a moguće je pomoću dvije vrste upravljačkih sustava.

1. sustav za pomoć pri upravljanju bez povezanosti sa hidraulikom traktora. On omogućava poboljšanje preciznosti prohoda traktora i smanjuje umor vozača. Predstavnik takvog sustava je On Track 3, proizvod tvrtke Ag Leader.

2. sustav za upravljanje je automatski upravljački sustav koji se sastoji od GPS antene i hidrauličkog bloka za upravljanje traktorom. Najnapredniji takav sustav tvrtke Ag Leader je Para Dyme koji ima patentirani model s dvije antene i omogućava upravljanje s preciznošću od 2 do 4 cm. Korekcija se vrši pomoću zemaljskih predajnika. Sustav koristi Logic 7D tehnologiju koja precizno mjeri nagib i neravnine terena te omogućava stalno održavanje razmaka između staza, uvratina i pri krivudanju.

Preciznost navođenja

Pomoću skupina satelita i odgovarajućih GPS prijemnika danas je moguće odrediti trodimenzionalne koordinate neke tačke u prostoru. Preciznost i tačnost definiranja koordinate tačke u prostoru usko je povezana s osjetljivošću i cijenom opreme koja se koristi. Tačnost navigacije upotrebom autonomnih prijemnika koji rade samo sa signalima emitiranim od satelita je 2-5 m i nisu prikladni za rad u poljoprivredi, osim za grubu identifikaciju parcela. Budući da je za većinu poslova potrebna veća točnost, nužno je koristiti neki od korekturnih instrumenata.

Dva su osnovna pojma tačnosti navigacije:

1. Apsolutna tačnost i
2. Relativna tačnost

Apsolutna tačnost manje je interesantna u poljoprivredi, a predstavlja maksimalno odstupanje pri definiranju položaja neke tačke kad se mjerenje ponavlja nakon jednog dana, jednog mjeseca ili jedne godine.

Relativna tačnost odnosi se na maksimalno odstupanje kad se mjerenje ili prijem signala od satelita uzima u vremenu kraćem od 15 min.

Vođenje mašina sensorima - mašinski vid

Čovjek pri upravljanju mašinama najviše se pouzdao u vizualnu percepciju prirode. To je razlog zašto je mašinski - strojni vid razvijen do najviših standarda i još uvijek se ubrzano razvija. Procesiranje nekolicine slika u realnom vremenu je veliko postignuće inženjera.

Uspješni poljski pokusi uporabe strojnog vida zabilježeni su još 80-ih godina 20. st. kako bi se opravdala visoka cijena senzora za strojni vid uloženi su znatni naponi da se on iskoristi za što više radnih operacija i zapažanja tijekom izvođenja istih (Jahns G.,1983.).

Istraživane su brojne tehnike obrade slika za nalaženje pravca vođenja iz slika redova usjeva. Glavni cilj razvoja takvih sustava je razvoj procedure obrade slika koja bi bila primjenjiva za vođenje traktora na osnovu strojnog vida u realnom vremenu s odgovarajućom tačnošću.

Tehnologija strojnog vida može se iskoristi za automatsko vođenje stroja kada je struktura redova usjeva jasno prepoznatljiva u polju. Za otkrivanje reda biljaka obično se koriste kamere s infracrvenim filterom. Dobivena digitalna slika obrađuje se tako da se red biljaka može približno predstaviti kao linija, a korovi kao šum (poremećaj).

Vođenje strojnim vidom ima prednosti kod korištenja lokalnih karakteristika za fino podešavanje navigacijskog smjera stroja. Veliki broj istraživanja odnosi se na primjenu različitih tipova kamera, pri čemu se dobivene slike obrađuju, filtriraju i modificiraju kako bi se sačuvale samo bitne informacije.

Koristi se nekoliko algoritama za obradu informacija sa slika baziranih na intenzitetu boja, teksturama ili morfologiji. Biljke koje se okopavaju, siju se u redovima, pa se problem uništavanja korova svodi na uništavanje korova između redova i uništavanje korova u redu. Uništavanje korova između redova zahtijeva samo prepoznavanje redova biljaka, dok uništavanje korova u redu zahtijeva prepoznavanje pojedinih biljaka među korovom, što je znatno teži zadatak.

Univerzalnost i prilagodljivost strojnog vida, njegov ubrzani razvoj kojeg prati smanjenje cijene, čini takav sustav iznimnim sredstvom za navođenje poljoprivrednih strojeva.

Skeniranje elektrovodljivosti tla

Električna vodljivost (elektrovodljivost) je sposobnost materijala da provodi električnu struju i obično se izražava u milisiemensu po metru (mS/m). Alternativno, mjerenje električne vodljivosti može se izraziti i u decisiemensu po metru (dS /m).

Električna vodljivost tla (eng. soil electrical conductivity, EC) je neizravna mjera koja vrlo dobro korelira s nekoliko fizičkih i kemijskih svojstva tla. Budući da različite vrste čestica koje čine tlo imaju različitu elektrovodljivost, pa tako npr. glina ima visoku elektrovodljivost a pijesak nisku, pomoću elektrovodljivosti tla otkrivamo teksturu i veličinu čestica tla.

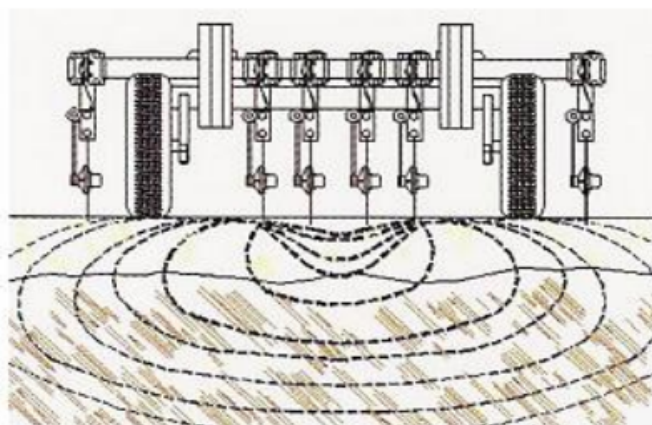
Elektrovodljivost nam otkriva tla sklona isušivanju, odnosno sklona prekomjernom zadržavanju vode. Također nam može ukazati na razlike u sadržaju organske tvari u tlu te kapacitet izmjene kationa u tlu. Postoje dvije vrste senzora za mjerenje elektrovodljivosti tla:

1. kontaktni i
2. nekontaktni senzori.

Kontaktni senzori moraju doći u kontakt s tlom kako bi očitali elektro vodljivost. Obično se koriste dva do tri para crtala-elektroda koja ulaze u tlo svega nekoliko centimetara. Jedan par provodi električnu struju u tlo dok ostali mjere pad napona među njima i na taj način izračunavaju elektro vodljivost. Kontaktni senzori obično mjere elektrovodljivost tla na dvije dubine: plitko (do 30 cm dubine) i duboko (do 91 cm dubine).

Važno je povremeno provjeriti da su crtala-elektrode izolirana od metalnog okvira skenera te da su crtala-elektrode izolirana međusobno.

Shematski prikaz određivanja elektrovodljivosti tla (skener s kontaktnim sensorima Veris EC Surveyor 3150).



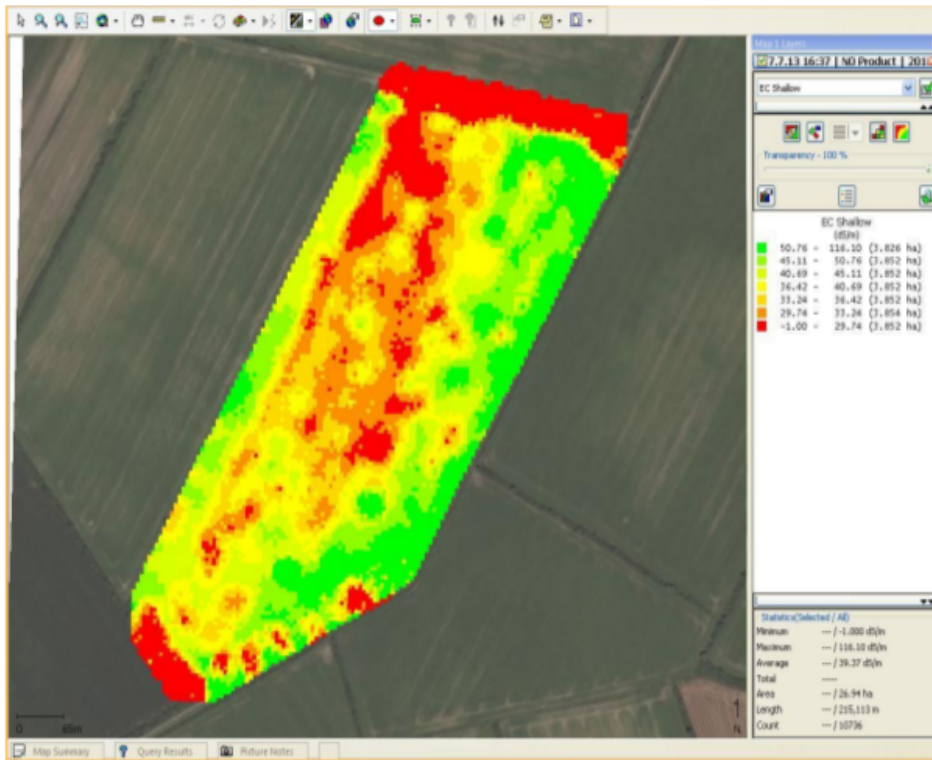
Slika 14. Sustav mjerenja elektrovodljivosti tla kontaktnim sensorima

(izvor: LSU AgCenter Pub. 3185 What Is Soil Electrical Conductivity?)

Prilikom rada sa skenerom Veris EC Surveyor 3150 u traktoru je montirano prijenosno računalo AgLeader Mesa sa pripadajućim SMS Mobile softwareom.

Ono služi za identifikaciju parcele te prikupljanje podataka dobivenih od skenera u realnom vremenu. Mape elektrovodljivosti prikazuju se kao poligoni bez prekida, podijeljeni u razrede i prikazani u različitim bojama.

Svrstavanjem vrijednosti elektro vodljivosti u razrede po načelu jednakih vrijednosti proizvoljno određujemo broj razreda. Općeniti uzorak teksture tla vidljiv je već s tri razreda i ne mijenja se značajno s povećavanjem broja razreda.



Slika 18. Mapa elektrovodljivosti tla na tabli R-T21 a

PITANJA:

Šta je precizna poljoprivreda? Koji je cilj precizne poljoprivrede?

Od čega ovisi precizna poljoprivreda?

Šta čini GIS komponente?

Gdje se primjenjuje GIS?

Koje metode koristimo za spremanje podataka u GIS-u?

Šta je aktuator i objasnite ga na primjeru traktora?

Kako se zove standard za automatsko prikopčavanje poljoprivrednih priključnih mašina?

Šta znate reći o mašinskom vidu?

Šta znate o električnoj provodljivosti tla?