

Primjena automatskih vođenih vozila u poljoprivredi

Kovačević, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:182205>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-22**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Antonio Kovačević

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda

Modul Mehanizacija

Primjena automatskih vođenih vozila u poljoprivredi

Završni rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Antonio Kovačević

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda

Modul Mehanizacija

Primjena automatskih vođenih vozila u poljoprivredi

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. doc. dr. sc. Domagoj Zimmer, mentor
2. prof. dr. sc. Luka Šumanovac, član
3. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, član

Osijek, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Završni rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni prijediplomski studij, modul Mehanizacija

Antonio Kovačević

Primjena automatsko vođenih vozila u poljoprivredi

Sažetak:

U radu istražena je primjena automatski vođenih vozila (AGV) u poljoprivredi, s naglaskom na njihove prednosti, mane i razvoj istih u budućnosti. Automatska vozila predstavljaju inovativnu tehnologiju koja omogućava preciznu i efikasnu obradu zemljišta, s ciljem povećanja produktivnosti i smanjenja troškova rada. Analizirani su različiti sustavi navigacije, uključujući GPS, LIDAR i vizualne sustave, koji omogućuju autonomno kretanje vozila u poljoprivrednim okruženjima. Također u radu su razmotreni konkretni primjeri primjene AGV u poljoprivredi te su slikovito prikazani. Rad ističe potencijal automatski vođenih vozila da revolucioniraju poljoprivredu kroz povećanje učinkovitosti, smanjenje troškova i smanjenje ljudskog rada.

Ključne riječi: automatski vođena vozila, precizna poljoprivreda, gps, senzori.

32 stranice, 19 slika, 36 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Final work

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Undergraduate university study Agriculture, course Mechanization

Antonio Kovačević

Use of automatically guided vehicles in agriculture

Summary: This final work explores the application of Automated Guided Vehicles (AGVs) in agriculture, with a focus on their advantages, disadvantages, and future development. Automated vehicles represent innovative technology that enables precise and efficient land cultivation, aiming to increase productivity and reduce labor costs. Various navigation systems have been analyzed, including GPS, LIDAR, and visual systems, which allow autonomous movement of vehicles in agricultural environments. The thesis also examines specific examples of AGV applications in agriculture, which are illustrated. The work highlights the potential of AGVs to revolutionize agriculture by increasing efficiency, reducing costs, and minimizing human labor.

Keywords: automatically guided vehicles, precision agriculture, sensors, gps.

32 pages, 19 pictures, 36 references

Final work is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEHNOLOŠKE OSNOVE AUTOMATSKOG VOĐENJA VOZILA	2
2.1. Globalni pozicijski sustav - GPS	3
2.2. Senzori	6
2.3. LiDAR tehnologija	8
2.4. Pogon i baterije	9
3. KORIŠTENJE AGV VOZILA U ZATVORENOM PROSTORU	10
3.1. Osnovne funkcije AGV sustava	11
3.2. Vrste AGV vozila	13
4. KORIŠTENJE AGV VOZILA NA OTVORENOM	17
4.1. Automatsko upravljanje vozila navigacijom	19
4.2. AGV traktor	22
4.3. AGV u različitim agrotehničkim operacijama	23
4.3.1. Sadnja	24
4.3.2. Kultivacija	25
4.3.3. Aplikacija zaštite	27
4.3.4. Praćenje stanja usjeva	28
5. ZAKLJUČAK	29
6. POPIS LITERATURE	30

1. UVOD

Automatski vođena vozila su definirana kao vozila s vlastitim pogonom, vlastitim izvorom energije te uređajima za prekrcaj, namijenjena transportu materijala. Druga definicija automatski vođenih vozila kaže da su to podna transportna vozila bez vozača, računalno upravljana, najčešće na električni pogonom s baterijama. Početak primjene automatski vođenih vozila povezuje se s postignućem američke firme „*Barrett Vehicle Systems*“ koja je 1953. godine po prvi puta uspjela automatizirati jedno vučno vozilo. Velik poticaj razvoju bio je i napredak u vezi s izvorima energije za automatizirana vozila, i također napredak i postignuća računalnih i IT tehnologija. Veliki zamah u primjeni ovih vozila počinje 70-ih godina prošlog stoljeća, kada Volvo implementira sustav od 280 automatski vođenih vozila u procesu montaže automobila. Mogu se naći primjene u raznim industrijama (transport sirovina, poluproizvoda, gotovih proizvoda), uslugama (npr. u bolnicama), skladištima i distribucijskim centrima, lukama i transport kontejnera (Kolinger, 2013.).

Primjene AGV vozila su raznolike i obuhvaćaju različite sektore industrije, uključujući proizvodnju, skladištenje, distribuciju, te medicinsku i farmaceutsku industriju. U proizvodnji, AGV vozila mogu optimizirati protok materijala između proizvodnih stanica, smanjiti vrijeme potrebno za pripremu i prijenos materijala te povećati učinkovitost proizvodnih procesa. U logistici, AGV vozila mogu automatizirati procese skladištenja, prijenosa i dostave robe, smanjujući troškove i vrijeme potrebno za rukovanje materijalima (Petrinec, 2021.).

Automatizirani transportni sustavi su sustavi transporta u kojima su tokovi materijala i tokovima informacija podržani računalom. U pravilu automatizacija transportnih sustava nema ograničenja u pogledu primjene vrste transportnih sredstava. Sustavi s transporterima čest su primjer automatiziranih sustava transporta. Kao posebnost, mogu se navesti automatizirani sustavi podnih vozila bez vozača – sustavi automatski vođenih vozila AGV (eng. *automated guided vehicles*). Robotika je znanstveno područje koje se bavi strojevima koji obavljaju zadatke na temelju prethodno utvrđenih i prilagodljivih programa i algoritama na automatski ili poluautomatski način. Tim strojevima, koji se često nazivaju roboti, ili upravljaju ljudi ili u cijelosti rade pod nadzorom računalne aplikacije i algoritama (Galović, 2015.).

2. TEHNOLOŠKE OSNOVE AUTOMATSKOG VOĐENJA VOZILA

Tehnološke osnove automatskog vođenja vozila čine ključnu infrastrukturu koja omogućuje vozilima da samostalno percipiraju okolinu, donose odluke i izvršavaju akcije kako bi se kretali kroz svoje okruženje.

GPS tehnologija omogućuje vozilima da odrede svoj položaj na Zemlji koristeći signale satelita. Vozila koriste GPS kako bi pratila svoj položaj u stvarnom vremenu i navigirala prema ciljevima na temelju unaprijed definiranih koordinata.

Inercijalni mjerači, poput akcelerometara i žiroskopa, mjere ubrzanje i promjene orijentacije vozila. Ti senzori omogućuju vozilima da prate svoje kretanje i promjene smjera, čak i kada GPS signal nije dostupan (Crneković, 2015.).

Senzori percepcije okoline - Kamere, lidari, radari i ultrazvučni senzori koriste se za prikupljanje informacija o okolini vozila. Kamere pružaju vizualne podatke, lidari mjere udaljenost i oblik objekata, radari detektiraju prepreke, a ultrazvučni senzori mjere udaljenost do objekata u blizini vozila.

Računala i softverski sustavi: Napredna računalna snaga i softverski sustavi obrađuju podatke dobivene od senzora, analiziraju okolinu vozila i donose brze odluke o kretanju. Ovi softverski sustavi često koriste algoritme strojnog učenja i umjetne inteligencije kako bi naučili prepoznavati obrasce i poboljšavali svoje performanse s vremenom.

Aktuatori za upravljanje: Aktuatori poput elektromotora, hidrauličnih sustava ili servo sustava koriste se za upravljanje kretanjem vozila, uključujući upravljanje volanom, gasom i kočnicama. Ti aktuatori primjenjuju upravljačke signale generirane od strane softverskih sustava kako bi vozilo pratilo planiranu rutu i izbjeglo prepreke (Maurer i sur., 2015.).

2.1. Globalni pozicijski sustav - GPS

Globalni sustav za pozicioniranje (GPS) satelitski je navigacijski sustav američke vlade koji se trenutno sastoji od najmanje 24 aktivna satelita. GPS radi u svim vremenskim uvjetima, bilo gdje na svijetu, 24 sata na dan bez naknada za pretplatu ili naknada za postavljanje. Ministarstvo obrane Sjedinjenih Američkih Država (*USDOD*) prvotno je lansiralo satelite u orbitu radi vojne upotrebe, ali postali su dostupni za civilnu upotrebu 1980-ih godina (<https://www.garmin.com/>).

GPS se sastoji iz tri osnovna segmenta:

- Svemirskog; kojeg tvore sateliti koji odašilju signale,
- Kontrolnog; koji upravlja cijelim sustavom,
- Korisničkog; koji uključuje različite tipove prijamnika.

Svemirski segment

GPS sateliti se gibaju u skoro kružnoj orbiti na visini od 20200 km iznad Zemlje s periodom rotacije od približno 12 zvjezdanih sati. Konstelaciju čine 24 satelita, raspoređena u 6 ravnina s inklinacijom od 55° , sa po 4 satelita u svakoj ravnini. Trenutno se u orbiti nalazi 27 aktivnih satelita, pri čemu su tri prekobrojna rezervni aktivni sateliti. S punom konstelacijom satelita, svemirski segment jamči globalnu prekrivenost s 4 do 8 satelita, koji se mogu simultano opažati pri elevaciji iznad horizonta većoj od 15° u bilo koje doba dana. Ako se elevacijska maska reducira na 10° ili čak 5° moguće je povremeno opažati i do 10 odnosno 12 satelita.

Osnovni zadatak GPS satelita je da omogućе odašiljanje radio signala pomoću kojih se udaljenosti između satelita i prijamnika mogu mjeriti. U tu svrhu se na satelitima pored radio odašiljača nalaze atomski satovi, računalo i druga oprema neophodna za funkcioniranje satelita. Razvojem GPS sustava razvijali su se i GPS sateliti (Marinčić, 2002.).

Kontrolni segment

Marinčić, (2012.) navodi da kontrolni segment (*Operational Control System – OCS*) obuhvaća glavnu kontrolnu stanicu, opažačke stanice i zemaljske kontrolne stanice. Glavne zadaće kontrolnog dijela GPS-a su: praćenje satelita u svrhu određivanja orbita i vremena, sinkronizacija vremena satelita, te odašiljanje poruka s neophodnim informacijama satelitima. Odgovornost OCS-a je i određivanje dostupne razine sustava te priprema i lansiranje satelita. Glavna kontrolna stanica je smještena u Falconu, Colorado Springs, Colorado. Na njoj se sakupljaju podaci s opažačkih stanica, računaju putanje satelita i parametri sustava te se zatim ti podaci prosljeđuju jednoj od tri zemaljske stanice. Pet opažačkih stanica je raspršeno na Zemljinoj površini u blizini ekvatora. Svaka od njih je opremljena preciznim cezijumskim satom i neprekidno mjeri pseudoudaljenosti do svih satelita na horizontu. S opažačkim stanicama sjedinjene su tri zemaljske kontrolne stanice čija je osnovna zadaća komunikacija, odašiljanje poruka satelitima te se stoga u osnovi sastoje od velikih antena s pratećom opremom.

Korisnički segment

Korisnički segment se sastoji od svih korisnika koji upotrebljavaju GPS i prijemnika koji oni koriste. Sastoji se od vojnika, pilota, pomoraca, lovaca, vozača, planinara i svih onih koji žele znati gdje su bili, gdje se nalaze ili gdje trebaju ići, a koriste GPS prijemnike (Slaviček, 2020.).

- GPS prijamnici, GPS mreže, GPS servisi
- Kategorije korisnika (prijamnika): - Vojni korisnici (autorizirani) - Civilni korisnici (neautorizirani)

Vrste prijamnika: - Koji registriraju C/A kod

- Koji registriraju C/A kod i L1 noseći val

- Koji registriraju P kod i oba noseća vala

Prijamnici često imaju ugrađen i ekran koji pokazuje lokaciju, brzinu kretanja korisnika i druge dostupne informacije. Jedna od važnih karakteristika prijamnika je broj kanala koji govori koliko satelita može pratiti istovremeno. Mogu se nabaviti uređaji koji imaju

između 12 i 20 kanala dok je taj broj prije bio limitiran na 4 ili 5 kanala. Gotovo svi prijemnici poput prijemnika na slici 1. imaju mogućnost prenošenja podataka pozicije na računalo ili slične uređaje (Dukovac, 2015.).

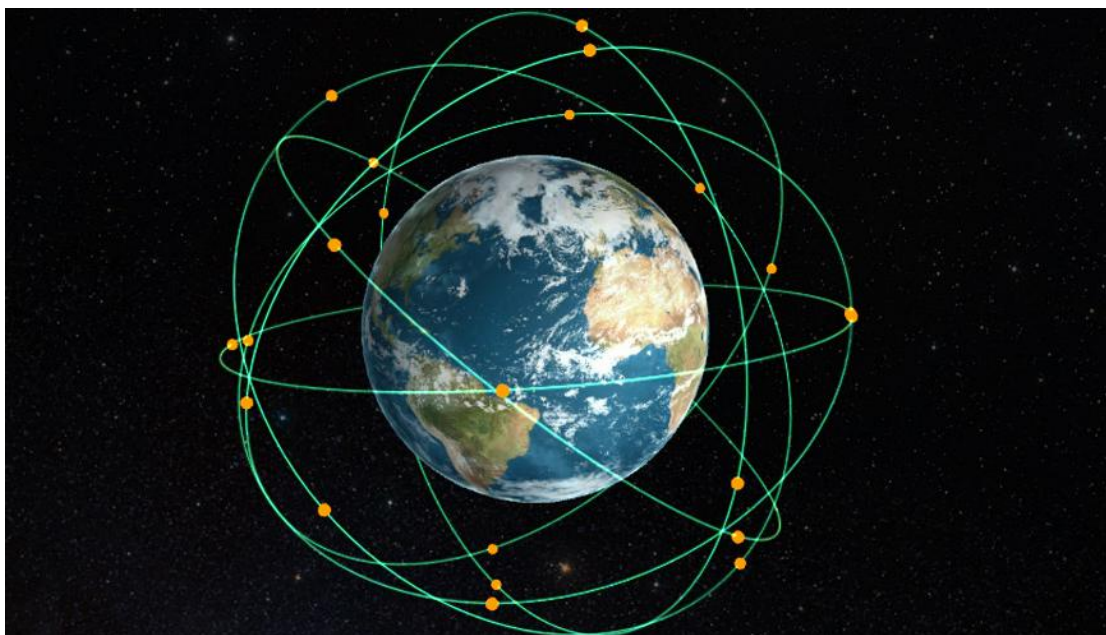


Slika 1. GPS prijemnik u automobilu

(Izvor: <https://tank.com.hr/>)

Princip rada GPS-a

GPS-prijamnik treba znati dvije stvari ako namjerava raditi svoj posao. Mora znati GDJE su sateliti (njihov položaj) i KOLIKO su DALEKO (udaljenost). GPS-prijamnik od satelita prikuplja dvije vrste kodiranih informacija. Jedan tip informacija, podaci iz almanaha, sadrže približni položaj satelita. Ti se podaci kontinuirano prenose i spremaju u memoriju GPS-prijamnika tako da on zna orbite satelita i gdje bi koji satelit trebao biti. Kako se sateliti miču uokolo, podaci iz almanaha se periodički ažuriraju novim informacijama. Svaki satelit može putovati malo izvan orbite, pa zemaljska stanica za praćenje prati orbite satelita, njihovu visinu, položaj i brzinu. Zemaljska stanica za praćenje šalje orbitalne informacije glavnoj kontrolnoj stanici, koja šalje satelitima ispravljene podatke. Ti ispravljani podaci o položajima nazivaju se "efemeride", vrijede do šest sati i šalju se GPS-prijamnicima u obliku kodiranih informacija. Kada GPS-prijamnik zna precizan položaj satelita u prostoru, još treba znati koliko su oni daleko kako bi mogao odrediti svoj položaj na Zemlji. Da bi se odredio položaj na temelju pseudoudaljenosti (, potrebno je pratiti najmanje četiri satelita i ukloniti pogrešku sata određenog GPS prijemnika. Formacija satelita koji stalno orbitiraju (kruže) oko Zemlje prikazana je na slici 2. (<https://www.kartografija.hr/>).



Slika 2. Formacija satelita oko Zemlje

(Izvor: <https://www.mozaweb.com/hr/>)

2.2. Senzori

Senzor je uređaj koji pretvara fizičku veličinu (temperaturu, tlak, svjetlost, zvuk, itd.) u signal koji je pogodan za daljnju obradu. Senzori se koriste u širokom rasponu primjena, uključujući poljoprivredu, automatizaciju, robotiku, mjernu tehniku, medicinu i mnoge druge. Signal koji senzor generira može biti električni, optički, mehanički ili neki drugi oblik signala (Jokić, 2019.).

Podjela senzora prema mjernoj veličini

Akustički (Val, valna brzina, spektar), Električni (Naboj, struja, napon, električno polje, provodljivost), Magnetski (Magnetsko polje, vodljivost.), Kemijski i biološki (Koncentracija biomase i komponenata), Optički (Reflektivnost, indeks loma. Optički senzor), Temperaturni (Temperatura, specifična toplina.), Mehanički (Brzina, sila, ubrzanje, pritisak.).

Podjela senzora prema karakteristikama: osjetljivost, točnost, mjerno područje, stabilnost, opterećenje, preciznost, vremenski uvjeti, trajnost, veličina, masa, cijena

Podjela senzora prema načinu detekcije

Biološki - temperatura, toplina

Kemijski - mehanički pomak ili val

Magnetski, električni - Zračenje, radioaktivnost

Podjela senzora s obzirom na tip pretvaranja

Senzori se najčešće dijele na fizikalne, kemijske i biološke. Postoje različite vrste takvih senzora poput: termoelektričnog, fotoelektričnog, temperaturnog koji je prikazan na slici 3., foto magnetskog, termo optičkog te različita kemijska i biološka pretvaranja.

Podjela senzora prema području primjene: Primjena senzora je raznolika, tako se i moderni sustavi, u velikoj mjeri, oslanjaju na upotrebu senzora. Senzore možemo pronaći u različitim aspektima ljudske upotrebe, poput motornih vozila, kućanstva, elektrotehnike, informatike, medicine, graditeljstva, proizvodnje i mnogim drugima (Plantosar, 2017.).



Slika 3. Temperaturni senzor

(Izvor: <https://012lab.com/proizvod/tmp36/>)

2.3. LiDAR tehnologija

LiDAR tehnologija se bazira na prikupljanju tri različita seta podataka. Pozicija senzora se određuje primjenom Globalnog pozicijskog sustava (GPS), koristeći fazna mjerenja u režimu relativne kinematike, dok se upotrebom inercijalne mjerne jedinice određuje orijentacija. Posljednja komponenta je laserski skener koji šalje infracrvene zrake prema zemlji koji se reflektira do senzora. Vrijeme proteklo od emitiranja do prijema signala, uz poznavanje pozicije senzora i orijentacije, omogućava precizno izračunavanje trodimenzionalnih koordinata na Zemlji (<https://geogis.rs/lidar>).

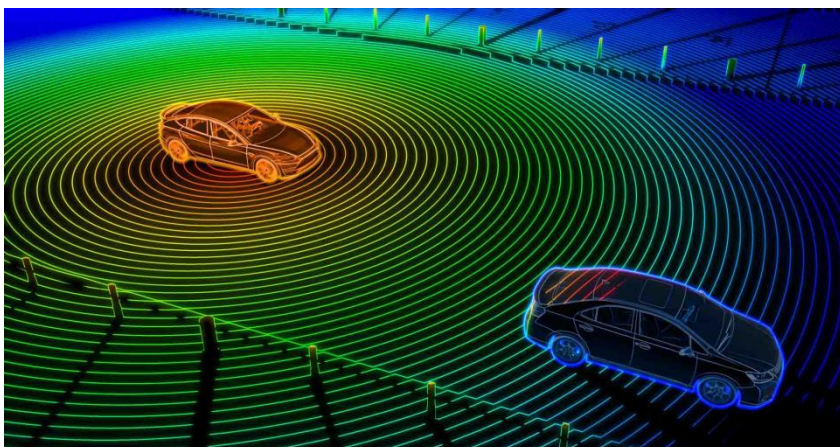
Razlikujemo lidar velikog i kratkog dometa. Lidar velikog dometa (engl. long-range lidar, LRR) vrsta je lidar-a koji se koristi za uočavanje, lokaliziranje i identificiranje objekata na većim udaljenostima do 200 metara, primjerice za izbjegavanje sudara, hitno kočenje ili identifikaciju nekog objekta (Tomljanović, 2021.).

Vrste LiDARa su:

Topografski LiDAR - češće se upotrebljava, koristi laser blizu infracrvenog zračenja za mapiranje zemlje, drveća, zgrada i drugih objekata.

Batimetrijski LiDAR je rjeđi tip, koristi zeleno svjetlo koje prodire kroz vodu za mjerenje stvari poput dubine morskog dna, visine potoka i nadmorske visine riječnog korita.

Na slici 4. prikazan je LiDAR tehnologija koju koriste Honda i Mercedes-Benz automobili.



Slika 4. LiDAR tehnologija

(Izvor: <https://denso-x.com/stories/>)

2.4. Pogon i baterije

AGV vozila koriste istosmjerne elektromotore za pogon. Istosmjerni motori su vrlo jednostavni za upravljanje. Njihove mogućnosti visokog okretnog momenta čine ih vrlo atraktivnim za primjenu na strojevima. Izlazna brzina istosmjernog motora izravno je proporcionalna dovedenom naponu, dok je izlazni moment izravno proporcionalan dovedenoj struji. Smjer vrtnje može se promijeniti okretanjem polova motora. Motor radi na sljedeći način: kada struja struji kroz rotor ili armaturu, a to je rotirajuća osovina i pripadajući dijelovi, prisiljen je okretati se zbog magnetskog polja oko sebe. Ovo polje stvara stator koji može biti trajni magnet ili elektromagnet (Hughes, 2006). Na slici 5. prikazan je pogonski motor AGV-a snage 750 W i napona 48 V.



Slika 5. Pogonski motor AGV-a

(Izvor: <https://www.aliexpress.com/item/>)

Također, koriste baterije za napajanje svojih električnih motora i upravljačkih sistema. Kapacitet baterije određuje vrijeme rada AGV-a i jedan je od važnih faktora koji određuju performanse AGV-a. AGV obično koriste litij-ionske baterije zbog njihove snage, energetske učinkovitosti i dugog vijeka trajanja (<https://ba.lonyu-robots.com/outdoor-unmanned-agvs/>).

3. KORIŠTENJE AGV VOZILA U ZATVORENOM PROSTORU

Automatizirano vođena vozila (AGV), poznatija kao vozila bez vozača, pokazala su se važnim dijelom automatiziranog proizvodnog sustava. Prelaskom s masovne proizvodnje na proizvodnju srednjeg volumena i srednje raznolikosti, svi proizvodni sustavi koriste AGV. Današnje industrije zahtijevaju ne samo fleksibilnost strojeva, već i fleksibilnost rukovanja materijalom, skladištenja i preuzimanja. Stoga je važnost AGV-a višestruko porasla. AGV su vozila bez vozača na baterijski pogon s mogućnostima programiranja odredišta, odabira putanje i pozicioniranja. Potpuno automatski AGV za teške uslove rada ima napredni upravljački sustav koji omogućava precizno kretanje i pozicioniranje. Vozilo se može programirati da se kreće s preciznošću ispod milimetra, osiguravajući da se materijal prenosi točno tamo gdje je potreban (Negemiya, 2023.).

Prvo automatski vođeno podno vozilo, proizvedeno 1953. godine, bio je modificirani vučni traktor sa prikolicom koji je fizički bio povezan sa žicom poviše sebe. I danas su u vrlo širokoj primjeni vučna podna vozila (eng. tugger), ali naravno automatizirana. Prvi sustav koji je nalikovao na današnje sustave se navodio pomoću žica. Elektroničke frekvencije su se inducirale u žicama zakopanim u podu preko 'podnih kontrolora, ali su žice bile vrlo skupe i podložne smetnjama. Isto tako je instalacija žica bila vrlo komplicirana pošto su žice morale biti postavljene točno po cijeloj putanji i radijusima skretanja AGV uređaja. Veliko olakšanje je došlo sa razvojem elektronike i mikroprocesora zbog mogućnosti programiranja skretanja vozila po radijusu te eliminiranja ugradnje tog dijela žica (Vidak, 2009.).

3.1. Osnovne funkcije AGV sustava

Osnovne funkcije AGV sustava su:

Vođenje (eng. Guidance), Usmjeravanje (eng. Routing), Upravljanje/regulacija prometa (eng. Traffic management), Pretovar (eng. Load transfer) i Upravljanje sustavom (eng. System management).

Vođenje je funkcija sustava koja omogućuje vozilu da prati predefiniranu stazu. Postoje razne metode vođenja u primjeni (principi vođenja), a mogu se podijeliti u vođenje fiksnim putevima i slobodnim putevima

Prema tome, postoje: Mehaničko vođenje, Vođenje žicom, Vođenje trakom (optičko vođenje, magnetsko vođenje), Lasersko vođenje, Žiroskopsko vođenje i Vizijijsko vođenje (Tehnička logistika, Sveučilište u Zagrebu).

Usmjeravanje vozila

Funkcija usmjeravanja vozila podrazumjeva metode određivanja odabira optimalne rute do određene destinacije. Razne metode primjenjene, ovisno o sustavu (metoda izbora frekvencijom, prekidačem, metoda izbora puta preprogramiranih ruta).

Upravljanje/regulacija prometa

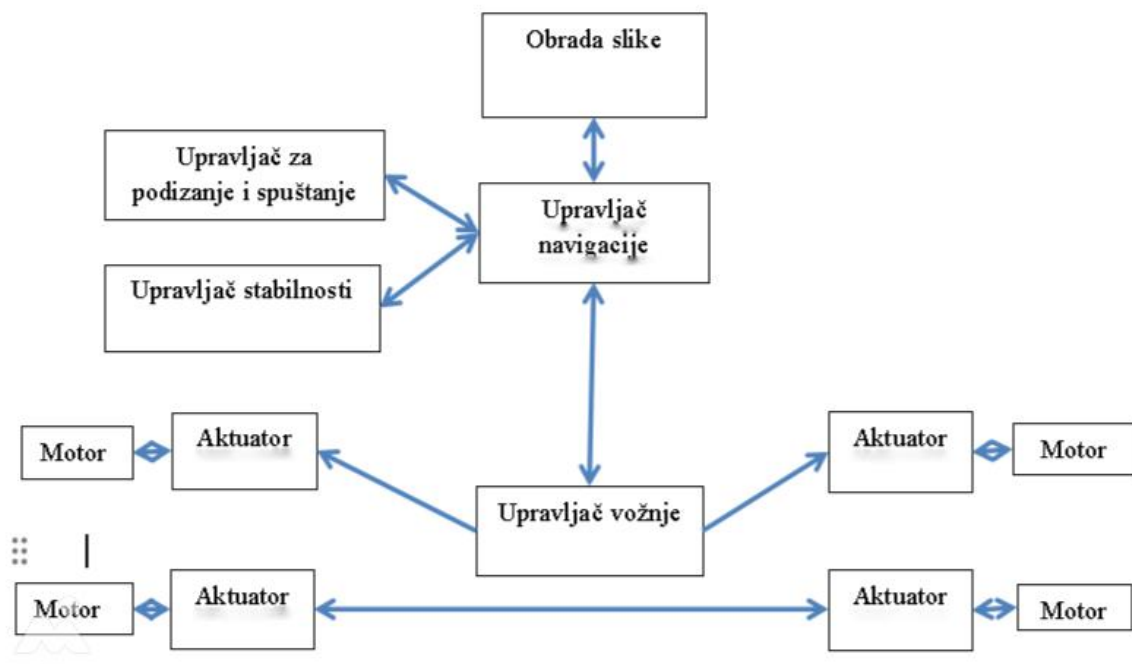
Mjere kontrole prometa uključuju kontrolu zone (prostora), izbjegavanje sudara ili kombinaciju oba.

Kontrola prostora jednostavna je za instalaciju i lako nadograđivanje, kontrola prostora često je korištena metoda kontrole prometa za AGV. Bežični odašiljač odašilje signale u određenim područjima, a AGV sadrži senzor koji prima signal i šalje ga natrag do odašiljača. Ako je područje čisto (nema prepreka), šalje se signal "čisto" koji omogućuje AGV-u da uđe ili prođe kroz to područje. Ako je drugi AGV u tom području, šalje se signal "stop" koji upozorava druge AGV da područje nije slobodno. U tom slučaju, AGV-ovi koji čekaju zaustavit će se i čekati dok se prvi AGV ne pomakne iz zone i odašiljač ne pošalje signal (<https://6river.com/>).

Izbjegavanje sudara je metoda gdje su AGV-ovi koji koriste tu metodu opremljeni sa sensorima koji odašilju signal i čekaju odgovor kako bi utvrdili je li ispred njih neki objekt. Ovi senzori mogu biti zvučni, koji rade poput radara, ili optički, koji koriste infracrvene senzore (<https://6river.com/what-are-automated-guided-vehicles/>).

Pretovar: Metode utovara i istovara tereta: ručne, automatske (automatsko spajanje/razdvajanje, prekrcaj valjčanim/trakastim/lančanim transporterom (konvejnrom), dizanje i spuštanjem (platforme, viličari).

AGV (Automated Guided Vehicle) upravljački sustav koji je prikazan na slici 6. je skup tehnologija, softverskih i hardverskih komponenti koji omogućuju automatiziranu navigaciju, upravljanje i kontrolu AGV vozila. Ovi sustavi su dizajnirani da omoguće AGV vozilima da se kreću sigurno i učinkovito u industrijskim okruženjima, skladištima, proizvodnim pogonima, distribucijskim centrima i drugim sličnim prostorima (Tehnička logistika, 2013.).



Slika 6. Upravljački sustav
(Izvor: Jianze Liu i sur., 2020.)

3.2. Vrste AGV vozila

U praksi postoji veliki broj različitih izvedbi AGV vozila, što praktički omogućuje i vrlo široku primjenu. Vrste AGV vozila su sljedeće:

Ova vrsta vozila (za prijevoz jediničnih tereta) (slika 7.) dizajnirana je za prijevoz jednog ili više jediničnih tereta na velike udaljenosti odjednom. Ipak, ne može podići teret sam s poda i potrebna mu je druga oprema za dizanje poput automatiziranog viličara za utovar i istovar robe. Koriste se za prijevoz svega, od lake robe i paleta do robotskih ruku, kamionskih guma i višetonskih čeličnih kolotura. Nalaze se najčešće u proizvodnim i skladišnim automatiziranim pogonima (<https://blog.techdesign.com/automated-guided-vehicles-agvs-types-definition-solutions/>).

Iako se za isti zadatak mogu koristiti viličari, AGV-ovi s jediničnim opterećenjem imaju prednost jer ne zahtijevaju ljudsku intervenciju za rad. Ovi se uređaji mogu koristiti u situacijama u kojima se pokret vožnje često ponavlja tijekom kratkog razdoblja (<https://www.hovair.com/>).



Slika 7. AGV za prijevoz jediničnih tereta

(Izvor: <https://www.agvnetwork.com/unit-load-agv-automated-vehicle>)

AGV vučna vozila (traktori)

Vučna vozila (slika 8.) bila su prva vrsta vozila koja je uvedena i ona su i danas vrlo popularna vrsta. Vozila za vuču mogu vući više vrsta prikolica i imaju kapacitet od 4 do 25 tona. Primjena se obično sastoji od automatiziranih petlji sa zaustavljanjima i prijevoza na veće udaljenosti između pogona te iz i u skladište pogona. Mogućnost utovara i istovara tereta na više mjesta unutar rute.

Automatizirana petlja sa zaustavljanjima: Tugger automatski vođena vozila djeluju u automatiziranoj petlji s unaprijed određenim mjestima zaustavljanja. Svakom AGV-u dodijeljen je niz uzastopnih zaustavljanja na kojima operateri mogu dodati ili ukloniti robu i prikolice prije nego što puste vozilo na sljedeću stanicu. Popis zaustavljanja može se lako promijeniti na temelju poslovanja. Rad tugger-a obično je potpuno automatiziran, no ako je potrebna česta ljudska interakcija, mogu biti dizajnirani i za ručni rad.

Tugger automatski vođena vozila često koriste za prijevoz materijala na veće udaljenosti unutar objekta ili između različitih postrojenja unutar industrijske lokacije. Automatizirani prijevoz omogućuje učinkovitiji i čistiji rad (<https://www.dematic.com/en-gb/products/agv/>).



Slika 8. AGV vučno vozilo

(Izvor: <https://www.bastiansolutions.com/solutions/technology/>)

Paletna vozila

Automatski vođena paletna kolica konstruirana su najčešće tako da prenose jednu paletnu jedinicu, a mogu se sresti i sa produženim viljuškama koje osiguravaju prihvaćanje dvije paletne jedinice.

Ova vozila obavljaju slične vrste zadataka kao automatizirani viličari: podizanje i transport materijala i robe, najčešće paleta. Važna razlika: iako su automatizirani viličari (koji se nazivaju i automatizirani vođeni viličari ili AGF) robotske verzije postojećih viličara na ručni pogon, AGV paletna kolica to nisu. Umjesto toga, dizajnirani su od temelja samo za automatizirani rad. Stoga, AGV viličari ne nude hibridni rad (ne mogu se upravljati ručno ako je potrebno) (<https://insights.antdriven.com/common-types-of-agv>).

Na slici 9. prikazano je AGV paletno vozilo - *Nipper* inteligentni paletni viličar, inače popularno paletno vozilo nizozemskog *F3*-Dizajna.



Slika 9. Paletno vozilo

(Izvor: <https://insights.antdriven.com/>)

Automatski navođeni viličari

Automatski navođeni viličari (slika 10.) su autonomni industrijski roboti koji se koriste za podizanje, premještanje i skladištenje tereta u skladištima i distribucijskim centrima. Ovi roboti koriste kombinaciju senzora, kamera, laserskih skenera i drugih tehnologija za navigaciju po skladišnom prostoru, identifikaciju tereta i izbjegavanje prepreka. Implementacija automatskih viličara može zahtijevati značajna ulaganja u tehnologiju i infrastrukturu, kao i obuku osoblja za rad s modernim informatičkim sustavima (Siegwart i sur., 2004.).



Slika 10. AGV viličar

(Izvor: <https://heliforklift.hr/automatski-navodeni-vilicar-agv-vilicar/>)

4. KORIŠTENJE AGV VOZILA NA OTVORENOM

Upotreba automatskog navođenja vozila u poljoprivredi na otvorenom prostoru ima značajan potencijal za poboljšanje učinkovitosti, smanjenje troškova i bolju upotrebu resursa.

Jedna od glavnih primjena bespilotnih AGV-ova na otvorenom je u poljoprivredi. Mogu se koristiti za upravljanje usjevima, praćenje i žetvu. Na primjer, mogu se programirati da autonomno apliciraju gnojiva, herbicide i pesticide na usjeve kako bi maksimizirali njihovu rast i prinos. Također mogu biti opremljeni sensorima i kamerama za praćenje zdravlja usjeva i otkrivanje bilo kakvih nepravilnosti. Autonomni kombajni se mogu koristiti za berbu voća i povrća, što smanjuje potrebu za ručnim radom i povećava efikasnost (<https://ba.lonyu-robots.com/outdoor-unmanned-agvs/>).

Senzori za prepoznavanje prepreka

Relativni pozicijski senzori su senzori koji osiguravaju vezu između željenog puta i vozila. Dostupno je nekoliko komercijalnih proizvoda koji koriste mehanički dodir za praćenje grebena, brazde ili usjeva. Takvi sustavi su razvijeni u dva primarna oblika. Jedan je sustav senzora montiran na traktor ili kombajn, koji daje upravljački signal elektrohidrauličnim ventilima, paralelno sa sustavom za upravljanjem vozila. Drugi tip se temelji na održavanju preciznog bočnog upravljanja radnim strojem, pri tome zanemarujući odstupanje traktora unutar određenih granica. U sustavima ugrađenim u vozilo, proizvodi se obično izrađuju da se dodaju na većinu traktora i kombajna. Adaptacija uključuje mehaničko osjetilo za osjet usjeva, senzor kuta kotača, upravljački aktuator elektrohidrauličnog ventila i upravljački modul. Upravljački aktuator ugrađen je s ručnom crpkom za upravljanje kako bi se omogućio normalan rad u automatsko upravljanje. Kontrolni modul operateru omogućava pokretanje i isključivanje sustava uz promjenu osjetljivosti regulatora (John F. Reid i sur., 2000.)

Strojni vid - vođenje vozila sensorima

Strojni vid polazi od činjenice da se čovjek pri upravljanju strojem najviše pouzda u vizualnu percepciju prirode. To je razlog zašto je 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 napori da se on iskoristi za što više radnih operacija i zapažanja tijekom izvođenja istih (Jahns, 1985.). Detekcija pšenice strojnim vidom prikazana je na slici 11.



Slika 11. - Detekcija pšenice strojnim vidom

(Izvor: <https://www.superannotate.com/blog/>)

Sigurnost autonomnih sustava

Autonomni sustavi moraju opažati svoju okolinu kako bi uspješno izvršavali svoje zadatke. Glavni cilj sustava strojnog opažanja je osigurati siguran rad vozila. Detekcija, prepoznavanje i izbjegavanje prepreka je karakterističan primjer održavanja sigurnosti vozila. Postoje razne vrste senzora za primjenu u ovakvim sustavima. Većina njih radi na principu elektromagnetskog spektra, jednostruke ili dvostruke slike, lasera, radara, ultrazvučnih senzora i sve češće aktivnih 3D kamera (Mas, 2005).

4.1. Automatsko upravljanje vozila navigacijom

Diferencijalni GNSS radi tako da se GNSS prijammnik (referentna stanica) stavi na poznati položaj. Budući da referentna (stacionarna) stanica zna svoj položaj, može odrediti pogreške u satelitskim signalima. Ona to radi mjerenjem udaljenosti do svakog satelita koristeći dolazne signale i uspoređujući te mjerene udaljenosti sa udaljenostima izračunatima iz poznatih položaja. Razlika između mjerene i izračunate udaljenosti za svaki vidljivi satelit postaje diferencijalna korekcija. Diferencijalna korekcija za svaki praćeni satelit se oblikuje u odgovarajuću korektivnu poruku i šalje DGNSS prijammnicima. Te se diferencijalne korekcije primjenjuju u računanjima GNSS prijammnika, uklanjajući mnoge od uobičajenih pogrešaka i povećavaju točnost. Razina postignute točnosti ovisi o GNSS prijammniku, posebno o njegovoj blizini toj stanici (Agatić, 2020.). Navigacija proizvođača “Trimble” prikazana je na slici 12.



Slika 12. *Trimble* navigacija

(Izvor: <https://www.jerkovic.hr/prodajni-program>)

Satelitskom navigacijom omogućeno je da se zabilježe točni položaji poljoprivrednih strojeva i uređaja na poljoprivrednim površinama te da se omogući precizno kretanje strojeva pri obavljanju poljoprivrednih operacija. Razine točnosti odnosno preciznosti ovise o kvaliteti i mogućnosti samih navigacijskih uređaja, ali često i o kvalitetnom i

preciznom signalu visoke točnosti. Kada govorimo o uporabi satelitske navigacije u poljoprivredi valjda istaknuti kako svrha ovakvih prijemnika nije klasična uporaba, kao u transportu robe ili sličnim djelatnostima, gdje se ovakvi uređaji koriste isključivo kao pomoć za pronalaženje određene rute ili određenih adresa. Navigacijski prijemnici korišteni u poljoprivredi moraju ispuniti zahtjeve visoke preciznosti, osobito pri automatskom vođenju strojeva pri obavljanju poljoprivrednih operacija poput mehaničkog uništavanja korova gdje je potrebna razina točnosti čak do centimetar i manje. Uz postizanje visoke preciznosti navigacijski prijemnici za poljoprivredu odlikuju se i drugim sustavima integriranim u računalni sustav navigacije, a karakteristični su samo za poljoprivrednu djelatnost poput upravljanja i nadgledanja automatske kontrole sekcija, primjene varijabilnih doza aplikacije, unosa i interpretacije podataka sa digitalnih poljoprivrednih karata (karte tla, prinosa, gnojidbe i sl.) Automatski sustav upravljanja karakterizira puna kontrola sustava za upravljanje pomoću GPS-a. Sustav za upravljanje vrši automatsku korekciju pravca tijekom prohoda, na osnovi podataka prikupljenim antenom, dok se pri okretu na uvratinama sustav uglavnom ručno isključuje te kontrolu preuzima rukovatelj. Nakon okreta rukovatelj pritiskom na ikonu za automatsko vođenje na navigacijskom zaslonu kontrolu vođenja opet predaje sustavu automatskog vođenja. Sustavi automatskog upravljanja obično se koriste za operacije koje zahtijevaju najveću preciznost i redovito se obavljaju uz korištenje vrlo preciznih korekcijskih signala odnosno uporabom baznih stanica. Kod ovakvih sustava rukovatelj se rasterećuje te se njegov posao sastoji uglavnom od nadgledanja stanja sustava i nadgledanja rada priključnih strojeva (Crneković, 2015.).

Primjer - Steyr S-guide automatsko upravljanje

Automatski *S-Guide* sustav navođenja baziran na DGPS-u postavlja najviše standarde u preciznosti navođenja s ponovljivom preciznošću do 1,5 cm (RTK+). Time je omogućeno ne samo paralelno navođenje, nego i *S-Turn II* značajka, odnosno automatsko okretanje na uvratinama. Također, ako su granice uvratina precizno zabilježene, traktor može savršeno obraditi i taj dio polja. Nadalje, čak i kod teških uvjeta terena i slabe vidljivosti nema opasnosti od preklapanja ili pogrešaka (<https://grapak.hr/proizvod/steyr-impuls-cvt>).

U ovom primjeru vidi se da traktori *Steyr* koji imaju *S-guide* sustav navođenja prikazan na slici 13. mogu raditi samostalno bez rukovatelja. Nakon što rukovatelj odredi granice parcele, traktor sam izračuna svoj put te put okretanja na uvratinama. Također, traktor na uvratinama sam podiže pričljučak te ga spušta nakon okretanja. Ukoliko priključak ima PTO (priključno vratilo) traktor ga isključuje i uključuje prilikom okretanja.



Slika 13. *Steyr S-guide*

(Izvor: <https://www.steyr-traktoren.com/>)

4.2. AGV traktor

Case IH autonomni traktor (slika 14.) opremljen je kamerom, radarom i GPS-om, koji omogućuju farmerima da daljinski upravljaju strojem preko aplikacije na tablet računalu. Stroj može raditi i danju i noću. Tehnologija za planiranje pravilnog puta kretanja koju je isto razvila tvrtka *Case IH* omogućuje će farmerima da istovremeno nadgledaju rad više vozila. ACV je u stanju primjetiti prepreke kako bi se spriječile nevolje. Nakon što farmer unese željene naredbe, autonomni traktor može sam voziti s parkirnog mjesta po privatnoj cesti do polja gdje može početi izvršavati svoje poljoprivredne zadatke bez ikakve ljudske intervencije. Traktor je projektiran na način da može raditi zajedno sa strojevima kojima upravljaju njihovi korisnici (ljudi) (<https://net.hr/auto/techmobil/>).

Konkretno, navedeni stroj ima agregat snage 312 kW, a maksimalna transportna mu je brzina 50 km/h.



Slika 14. *Case IH* autonomni traktor

(Izvor: <https://robohub.org/case-ih/>)

Svakako, postoje prednosti korištenja ovakvih autonomnih traktora. Oni su lakši i stoga će smanjiti zbijanje tla. Koštaju mnogo manje – jedan *Deereov* inženjer rekao je da kabine, klima uređaji, kontrole i monitori, i drugi uređaji koji doprinose udobnosti u tim kabinama, često dodaju 50 % ukupnoj cijeni traktora (<https://robohub.org/case-ih/>).

4.3. AGV u različitim agrotehničkim operacijama

Autonomna vođena vozila (AGV) sve se više koriste u različitim agrotehničkim operacijama, zbog svoje sposobnosti da povećaju učinkovitost, smanje troškove rada i unaprijede preciznost u poljoprivrednoj proizvodnji. Ova vozila su opremljena različitim sensorima, GPS tehnologijom, kamerama i drugim naprednim sistemima koji im omogućavaju da samostalno obavljaju zadatke.

Koriste se u sjetvi gdje povećavaju preciznost u sijanju, konkretnije siju ili sade na točnije razmake i dubine te je samim time potrebnije manje sjemena. Korištenjem senzora vlage u tlu, AGV-ovi mogu efikasno upravljati sistemima za navodnjavanje, isporučujući vodu točno tamo gdje je potrebna, smanjujući potrošnju vode i poboljšavajući zdravlje biljaka. Opremljeni prskalicama, AGV-ovi mogu ciljano aplicirati pesticide i herbicide, smanjujući upotrebu sredstava i smanjujući rizik za biljke koje nisi korovi. Koriste se i za berbu voća, povrća i drugih usjeva. Koristeći kamere i algoritme za prepoznavanje objekata, mogu identificirati zrele plodove i ubrati ih bez oštećenja. AGV-ovi sa kamerama i drugim sensorima mogu pregledavati polja, prateći zdravlje biljaka, detektirajući bolesti, štetočine i druge probleme u ranoj fazi biljaka, što omogućava pravovremene intervencije (Grant i sur., 2024.).

4.3.1. Sadnja

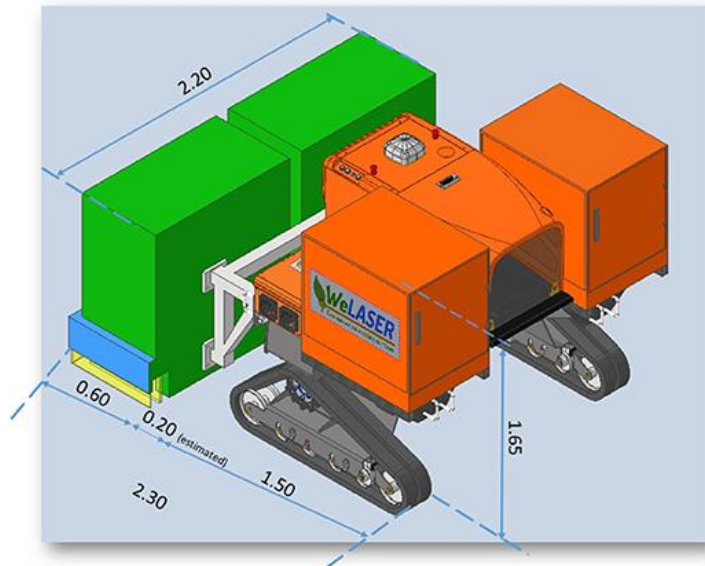
Autonomna sadilica (slika 15.) omogućuje precizniji rad, uz minimalne potrebe za radom. Autonomni stroj koristi daljinsko upravljanje kako bi omogućio upravljanje strojem izdaleka i uključuje tehnologiju koja omogućuje autonomno kretanje stroja, uključujući i kretanje na neravnim terenima. Zahtijeva hidrauliku za razne funkcije, primjerice za preciznu kontrolu gdje stroj sadi biljke na jednaku udaljenost, kao i hidrauličko podešavanje kotača (Tolley, 2023.).



Slika 15. Autonomna sadilica riže
(Izvor: <https://discoveragriculture.com/>)

4.3.2. Kultivacija

Trenutno su autonomna vozila dizajnirana za lasersko uklanjanje korova (u daljnjem tekstu laserski uređaji za uklanjanje korova). Vozila s radnom širinom od 2,2 m imaju ograničen kapacitet za obradu velike površine. Laserski kultivatori (slika 16.) moraju locirati i identificirati biljke usjeva i korova i usmjeriti laser prema ciljanim biljkama u stvarnom vremenu. Ovo je kompliciran zadatak, koji može ograničiti proces uklanjanja korova na brzinu vožnje od 4-6 km. Što je veća snaga lasera, potrebno je manje vremena za suzbijanje korova, a brzina vožnje se može povećati. Međutim, brzina sustava detekcije i ciljanja za laser može biti ograničavajući faktor za povećanje radne brzine. Autonomna vozila mogu voziti danju i noću, što smanjuje problem nedovoljne širine i brzine. Općenito, najbolji učinak suzbijanja korova postiže se kada su biljke korova male.. Rezultat također ovisi o nekoliko drugih čimbenika, posebno o vremenskim uvjetima i razvojnoj fazi usjeva i korova. Postoji istraživanje o utjecaju uvjeta okoline na učinak lasera. U principu, ovaj koncept bi bio od pomoći u manjim usjevima gdje nisu odobreni herbicidi i u usjevima osjetljivim na herbicide (Andreasen i sur., 2022.).



Slika 16. Autonomni kultivator

(Izvor: <https://welaser-project.eu/>)

FarmDroid FD20

Farmdroid (slika 17.) je robot na solarni pogon koji sije i plijevi korove. Korištenjem visokopreciznog RTK GPS-a, *FarmDroid FD20* označava položaj svake biljke pri sjetvi i zatim vrši međurednu i unutarrednu kultivaciju. 3D tiskani sjetveni disk osigurava točnu količinu sjemena koju odredi poljoprivrednik i pažljivo se stavlja u tlo do 8 mm preciznosti. Jedinica za sjeme također detektira greške - na primjer ako je spremnik prazan, prljavština u sustavu ili ako sjeme nije detektirano. Također može napraviti slijepo plijevljenje prije nego što biljke proključaju. S četiri solarne ploče, *FD20* učinkovito pretvara sunčevu svjetlost u energiju za svoje dvije baterije. TI paneli imaju maksimalnu snagu od 1,6 kWh. Ovisno o vremenskim uvjetima i radnim zahtjevima, skupi energiju za 18-24 sata neprekidnog rada. Brzina mu je 0.95 km/h, a može raditi i do 24 sata dnevno te pokriva do 6,5 hektara dnevno (<https://farmdroid.com/products/farmdroid-fd20/>).



Slika 17. *Farmdroid F20*

(Izvor: <https://agtecher.com/product/farmdroid/>)

4.3.3. Aplikacija zaštite

Automatski vođena vozila (AGV) prskalice su dizajnirane za samostalno obavljanje prskanja pesticida, herbicida, fungicida i drugih sredstava za zaštitu biljaka. Za navigaciju takvih vozila potrebni GPS, LIDAR, kamere za prepoznavanje korova, redova i biljaka te ultrazvučni i infracrveni senzori. Mlaznice su opremljene PLC-om kako bi se kontrolirao protok škropiva (<https://martinlishman.com/>).



Slika 18. *Case* autonomna prskalice

(Izvor: <https://www.agriculture.com/machinery/>)

Case autonomna prskalice koristi nadziranu autonomiju kako bi pomogao operaterima u obavljanju zadataka — nakon što se pokrene, stroj može raditi sam. Koristeći AI, naprednu kameru i radarski sustav, prskalice može samostalno zadatake te uočavati prepreke na putu. Ako se otkrije prepreka, stroj će se zaustaviti i na mobilnom uređaju operatera pojaviti će se upozorenje. Ukoliko prskalice ne radi optimalno, operater može preuzeti kontrolu (<https://www.farmprogress.com/technology/>).

4.3.4. Praćenje stanja usjeva

AGV-i se koriste za obavljanje redovitih pregleda usjeva , budući da su opremljeni sensorima koji daju informacije o temperaturi, vlažnosti ili stanju biljke. S tim informacijama donose se odluke o gnojidbi, navodnjavanju ili nekoj drugoj operaciji koja je potrebna nakon pregleda (Izvor: <https://atriainnovation.com/>).



Slika 19. AGV za praćenje stanja usjeva
(Izvor: <https://atriainnovation.com/en/blog/>)

5. ZAKLJUČAK

Možemo istaknuti da ova tehnologija predstavlja značajnu inovaciju koja donosi brojne prednosti i mogućnosti za unapređenje poljoprivredne proizvodnje. Automatski vođena vozila omogućavaju preciznu i autonomnu obradu zemljišta, uključujući sjetvu, kontrolu usjeva, prskanje pesticidima, žetvu i ostale operacije, s visokom preciznošću i minimalnim ljudskim angažmanom. Ova tehnologija omogućava optimizaciju resursa kao što su voda, gnojivo i energija, čime se značajno smanjuju troškovi i negativni utjecaji na okoliš.

Osim financijskih i ekoloških prednosti, automatsko vođenje vozila u poljoprivredi poboljšava kvalitetu proizvoda i povećava ukupni prinos. Precizna navigacija i automatizacija omogućuju bolju kontrolu nad procesima, smanjujući gubitke i povećavajući učinkovitost. Također, ova tehnologija doprinosi povećanju sigurnosti na radnom mjestu jer smanjuje potrebu za ljudskim radom u potencijalno opasnim uvjetima, poput rada sa strojevima ili kemijskim sredstvima.

Međutim, unatoč navedenim prednostima, uvođenje automatskih vozila u poljoprivredu nosi određene mane. Visoki početni troškovi ulaganja u ovu tehnologiju predstavljaju značajnu prepreku za mnoge poljoprivrednike, osobito one s manjim gospodarstvima. Uz to, potrebna je obuka zaposlenika za korištenje ovih naprednih sustava, kao i prilagodba postojeće infrastrukture kako bi se u potpunosti iskoristile prednosti automatskog vođenja vozila. Kako tehnologija napreduje, bit će potrebno razviti odgovarajuće propise koji će osigurati sigurnost, zaštitu podataka i odgovornost u slučaju kvarova ili nesreća.

Zaključno, automatsko vođenje vozila u poljoprivredi ima ogroman potencijal za unapređenje poljoprivredne proizvodnje na globalnoj razini, čineći je učinkovitijom, održivijom i profitabilnijom.

6. POPIS LITERATURE

1. Agatić, M. (2020.): Ispitivanje preciznosti GNSS pozicioniranja i navigacije poljoprivrednog traktora, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, diplomski rad, Osijek.
2. Andreasen, C., Scholle, K., Saberi, M. (2022.): Laser Weeding With Small Autonomous Vehicles: Friends or Foes?
3. Crneković, M. (2015.): Automatsko vođenje traktora, strojeva i uređaja u sustavu GIS - precizna poljoprivreda, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, diplomski rad, Osijek.
4. Dukovac, Ž. (2015.): Globalni pozicijski sustav (GPS), Veleučilište Nikola Tesla u Gospiću, Završni rad, Gospić.
5. Galović, J. (2015.): Sustavi automatski vođenih vozila, Sveučilište u Zagrebu fakultet strojarstva i brodogradnje, Završni rad, Zagreb.
6. Gerhard Jahns, F.-J. Thome (1985.): Human engineering in agricultural machinery design.
7. Hughes, A. (2006.): Electric Motors And Drives Third Edition.
8. John F. Reid, Qin Zhang, Noboru Noguchi, Monte Dickson (2000.): Agricultural automatic guidance research in North America.
9. Jokić, R. (2019.): Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek.
10. Kolinger, D. (2013.): Primjena automatski vođenih vozila, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Završni rad, Zagreb.
11. Marinčić, D. (2002.): Globalni pozicijski sustavi.
12. Maurer, M., Gerdes, Lenz, B., Winner, H. (2015.): Autonomes Fahren - Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte.
13. Negemiya, A. (2023.): Analysis the Material Handling System Using Automated Guided Vehicle (AGV).

14. Petrinec, M. (2021). Automatski vođena vozila (AGV) i autonomni mobilni roboti (AMR) (Završni rad). Koprivnica, Sveučilište Sjever.
15. Plantosar, M. (2017.): Primjena senzora u električnim strojevima, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Završni rad, Osijek.
16. Rovira – Más F., Han S., Wei J., Reid J. F. (2005.): Autonomous Guidance of a Corn Harvester using Stereo Vision, Polytechnic University of Valencia. Valencia, Spain.
17. Sara, G., Todde, G., Pinna, D., Waked, J., Caria, M. (2024.): Implementation and Assessment of an Autonomous Ground Vehicle (AGV) for On-Field Agricultural Operations.
18. Siegwart, R. and Illah Nourbakhsh (2004.): Introduction to Autonomous Mobile Robots.
19. Slaviček, A. (2020.): Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS).
20. Tehnička logistika, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
21. Tolley, M. (2023.): Harvesting the Benefits of Autonomous Agricultural Machinery.
22. Tomljanović, R. (2021.): Važnost lidar sustava u unapređenju autonomnih vozila, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Završni rad, Rijeka.
23. Vidak, M. (2009.): Primjena automatski vođenih vozila u skladištima, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Završni rad, Zagreb.

Internetske stranice

1. Ant driven: The 4 Most Common Types of automated guided vehicles (AGV) Explained. <https://insights.antdriven.com/common-types-of-agv/automated> (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
2. Atria: Autonomous navigation systems for vehicles in the agricultural sector (AGVs). <https://atriainnovation.com/en/blog/autonomous-navigation-systems-for-vehicles-in-the-agricultural-sector-agvs/>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).

3. Dematic: Automated Guided Vehicles - AGV Systems. <https://www.dematic.com/en-gb/products/agv/>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
4. FarmDroid: A farming revolution. <https://farmdroid.com/products/farmdroid-fd20/>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
5. FarmProgress: How growers inspired the first-ever autonomous spreader. <https://www.farmprogress.com/technology/how-growers-inspired-the-first-ever-autonomous-spreader>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
6. GeoGis consultans: LiDAR tehnologija. <https://geogis.rs/lidar-tehnologija/>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
7. Grapak: Steyr Impuls CVT. <https://grapak.hr/proizvod/steyr-impuls-cvt>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
8. Hovair systems: Different types of Automated Guided Vehicles and their Usage. <https://www.hovair.com/different-types-of-automated-guided-vehicles-and-their-usage/>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
9. Hrvatsko kartografsko društvo: Globalni pozicijski sustav za početnike. https://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpspoc/gpspoc.htm. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
10. Lonyu-robots: AGV vozila bez posade na otvorenom. <https://ba.lonyu-robots.com/outdoor-unmanned-agvs/>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
11. River systems: What are automated guided vehicles? <https://6river.com/what-are-automated-guided-vehicles/>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
12. Robohub: Case IH displays new cab-less concept tractor. <https://robohub.org/case-ih-displays-new-cab-less-concept-tractor/>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).
13. TECHdesing: Automated Guided Vehicles (AGVs): Definition, Types & Recommended Solutions. <https://blog.techdesign.com/automated-guided-vehicles-agvs-types-definition-solutions/>. (Datum zadnjeg pristupa: 6.9.2024.).