

**UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET
INSTITUT ZA POLJOPRIVREDNU TEHNIKU**

ZADRUŽNI SAVEZ SRBIJE

17. Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem
AKTUELNI PROBLEMI MEHANIZACIJE POLJOPRIVREDE

*17th Scientific Conference
CURRENT PROBLEMS AND TENDENCIES IN AGRICULTURAL ENGINEERING*

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

ISBN 978-86-7834-210-3

UDK 631 (059)

Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6
Zemun – Beograd, Republika Srbija
12.12.2014. godine

Izdavač:

Univerzitet u Beogradu
Poljoprivredni fakultet

Za izdavača:

Prof. dr Milica Petrović
Poljoprivredni fakultet, Beograd

Tehnička priprema:

Null Images
Novi Beograd

Urednik:

Dr Miloš Pajić
Poljoprivredni fakultet, Beograd

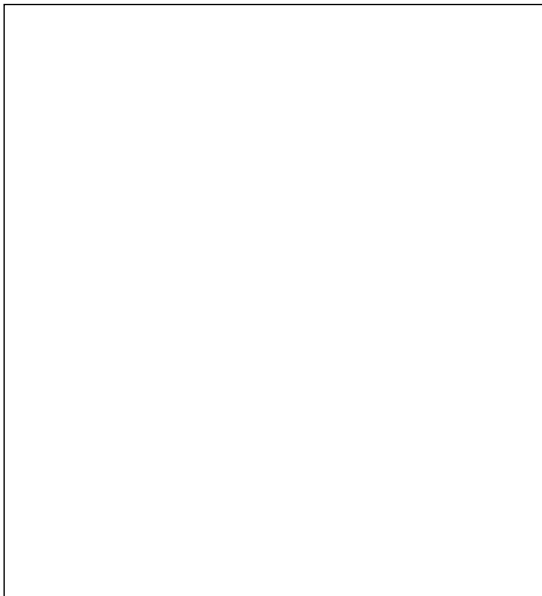
Štampa:

Interklima-grafika doo
Vrnjačka Banja

Tiraž:

300 primeraka

CIP



PRIMENA MOBILNIH ROBOTA U POLJOPRIVREDI

**Mičo V. Oljača¹, Kosta Gligorević¹, Miloš Pajić¹, Ivan Zlatanović¹,
Zoran Dimitrovski²**

¹*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija*

²*Univerzitet „Goce Delčev“, Mašinski fakultet, Štip, Republika Makedonija*

SAŽETAK

Rad analizira pregled postanka konstrukcija robota i novijih dostignuća u razvoju mobilnih robota i njihovu moguću primenu u poljoprivredi. Predstavljene su neke od ideja i konstrukcija danas, kao i za naredni period.

Ključne reči: mobilni roboti, istorija razvoja i primene, poljoprivreda

APPLICATION OF MOBILE ROBOT IN AGRICULTURE

**Mičo V. Oljača¹, Kosta Gligorević¹, Miloš Pajić¹, Ivan Zlatanović¹,
Zoran Dimitrovski²**

¹*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia*

²*University „Goce Delcev“, Faculty of mechanical engineering, Stip, Macedonia*

ABSTRACT

The paper analyzes the construction of the foundation inspection robots and recent advancements in the development of mobile robots and their possible use in agriculture. Here are some ideas and constructions today and for the next period.

Keywords: mobile robots, history of development and use, agriculture

UVOD

Mobilni roboti su uređaji koji mogu da se kreću sa jednog mesta na drugo samostalno, bez pomoći spoljnih operatera. Za razliku od većine industrijskih robota koji mogu da se kreću samo u određenom ograničenom radnom prostoru, mobilni roboti imaju posebnu funkciju da se slobodno kreću u okviru unapred definisane površine/dimenzije radnog prostora i da ostvare svoje predviđene ciljeve. Ova mogućnost čini

¹ Kontakt autor: Mičo Oljača, e-mail: omico@agrif.bg.ac.rs

Rad predstavlja deo istraživanja na projektu: „Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda”, evidencioni broj TR-31051, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

ih pogodnim za veliki repertoar primene u okruženju, pa i poljoprivredi i sličnim delatnostima (šumarstvo i vodoprivreda).

Osnove kretanja mobilnih robota se razlikuju u koncepciji hodnog sistema robota (WMRs, *Wheeled Mobile Robots*) ili nogu mobilnih robota (LMRs, *Legged Mobile Robots*) mobilnih robota u obliku bespilotnih malih letelica, ili danas popularni dronovi (UAVs, *Unmanned Aerial Vehicles, helikopteri*), i autonomnih podvodnih vozila (AUVs, *Autonomous Underwater Vehicles*).

VMRs su veoma popularni jer su odgovarajući za tipične aplikacije sa relativno jednostavnih mehaničkih rešenja i svakako potrošnje energije za obavljanje predviđenih funkcija.

Legged roboti (sa nogama) su pogodni za poslove u nestandardnim sredinama/okolnostima kao što su, stepenice, gomila šteta, kamenja i slično. Tipično, to su sistemi sa dve, tri, četiri ili šest nogu, ali postoje i mnoge druge mogućnosti/kombinacije. Single-leg roboti imaju retke aplikacije, jer oni samo mogu da se pomere u režimu skakanja preko podloge i nemaju primenu u oblasti poljoprivrede.

DEFINICIJA ROBOTA

Termin-robot (robota) prvi put 1921. godine, je zvanično upotrebio češki pisac Karel Čapek, i znači, u strogom prevodu, prinudni rad [1,2].

U nauci i tehnologiji ne postoji globalna ili jedinstvena definicija robota. Kada je Josif Engelberger, otac moderne robotike, definisao robota, rekao je: -Ne mogu da definišem robota, ali znam kako izgleda jedno kad ga vidim.! [22].

The Robotics Institute of America (RIA, 1990) definiše industrijski robot kao: re-promabilni multi-funkcionalni manipulator, dizajniran, tako da premesti materijale, delove, alate, ili kao specijalizovani uređaj koji, preko promenljivih programiranih pokreta za obavljanje različitih zadataka, stiču informacije iz okruženja, a kreću se inteligentno i precizno, kao odgovor na postavljene zadatke.

Robot se generalno pominje u obimnoj literaturi, kao mašina koja obavlja inteligentnu vezu između percepcije i akcije. Robot se može programirati da radi bez ljudske intervencije, a uz pomoć veštačke inteligencije, može da obavlja složene zadatke u svom okruženju.

Današnji mobilni roboti razumeju prirodni govor, mogu se kretati bezbedno u okruženjima koja imaju različite tipove prepreka, prepoznaju prave predmete, sami pronađu plan staze kretanja, i generalno mogu da razmišljaju o postavljenom problemu. Inteligentni mobilni dizajnirani robot koristi metodologije i tehnologije inteligentnog, kognitivnog ponašanja zasnovanog na kontroli. Mobilni robot mora da ima najveću fleksibilnost učinka na nekom predviđenom poslu/predmetu, sa angažovanjem određenog tipa reči i minimalne računarske kompleksnosti (upotrbljeni algoritimi i programski jezik).

KRATKA ISTORIJA ROBOTA

Istorija robota može se podeliti u dva opšta perioda, prema [1,2]: Drevni i preindustrijski period, i Industrijski i savremeni period

Prvi robot u istoriji, prema literaturi, pojavio se 2500-3000 godina p.n.e., [1,2]. Opisan je u grčkoj mitologiji kao mehanička konstrukcija od bronz, nalik na telo čoveka, pod nazivom Talos (ταλως), [3].

350 godina p.n.e. izgrađena mehanička ptica, (Golub), koji je pokreće parom, što predstavlja jednu od ranijih istorijskih studija leta nekog modela .

270 godina p.n.e., u Grčkoj, Ktesibios konstruisao je vodeni sat, koji uključuje pokretne delove protokom vode. Isti autor je napisao knjigu -O pneumatici, gde je pokazao da je vazduh materijalnog porekla.

200 godina p.n.e., kineski zanatlija konstruiše mehanički muzički automat, koji ima u reprodukciji zvuka odlike jednog orkestra.

100 g.n.e., Heron iz Aleksandrije, dizajnira i konstruiše nekoliko regulatora mehaničkog tipa koji beleže: pređeno rastojanje (km), uređaj za automatsko otvaranje vrata hramova, i automatsku distribuciju vina.

1200. godine, Al Jazari, arapski autor, napisao je knjigu -Automata, koja je jedna od najvažnijih tekstova u proučavanju istorije tehnologije i inženjeringa.

1490. godine, Leonardo Da Vinči, konstruiše uređaj koji izgleda kao oklopni vitez koji se samostalno kreće. Ovo je prvo početno rešenje humanoidnog robota.

1520.godine, Hans Bullman (Nürnberg, Germany) konstruiše pravog androida, koji predstavlja deo istorije imitacije pokreta i akcije ljudi (na primer, igranje/pokreti uz pratnju muzičkih instrumenata).

1818. godine, Engleska književnica Mery Shelly, piše čuveni roman baziran na veštačkoj kreaturi (robot), koga je u romanu stvorio dr Frankenštajn. Svi roboti, u ovom romanu, na kraju su bili protiv ljudske vrste u horor stilu.

1921. godine, češki pisac Karel Čapek, u pozorišnoj igri sa žanrom naučne fantastike, pod nazivom: -R.U.R. (Rossumovi Univerzalni Roboti), pominje reč robot, posle koje se ova reč češće koristi u žanru opisa likova koji imaju osobine i mašine i čoveka.

1940. godine, Isak Asimov, pisac romana o naučnoj fantastici, koristi prvi put termin robot, i 1942. godine, napisao je -Runaround, sa tri zakona robotike (poznati Asimovi zakoni):

1. Robot ne sme povrediti ljudsko biće, niti svojom neaktivnošću dopustiti da ljudsko biće bude povređeno;

2. Robot mora izvršavati naredbe ljudi, osim kada je to u suprotnosti sa Prvim zakonom;

3. Robot mora štiti vlastito postojanje, osim ako je to u suprotnosti sa Prvim ili Drugim zakonom.).

PERIOD INDUSTRIJALIZACIJE ROBOTA

Period industrijalizacije robota počinje 1954. godine, kada je George Devol patentirao univerzalnu robotsku ruku. Kasnije, 1956. godine, on zajedno sa Joseph Engberger, osniva prvu svetsku kompaniju za robote: Unimation (Universal Automation).

1961. godine, konstruisan je industrijski robot -Unimate, i postavljen na proizvodnu liniju u auto industriji kod kompanije General Motors, USA .

1963. godine, RanchoArm, je prvi računar koji kontroliše rad robota, pojavio se u Rancho Los Amigos Hospital (Dovnei, Ca, USA). Ovo je bila ruka-proteza dizajnirana da pomogne ljudima sa određenim stepenom invaliditet.

1969. godine, prva prava veštačka fleksibilna ruka, poznata kao, Stanford Arm, (Stanford University), konstruisana u laboratoriji za veštačku inteligenciju Victor Scheinman. Ova ruka je ubrzo postala standard, a još uvek utiče na dizajn današnjih robota manipulatora kod industrijskih postrojenja i fabrikama .

1970/72. godina, je početna godina mobilne robotike. Mobilni robot Shakey je razvijen u Stanford University, USA, (danas poznata SRI tehnologija). Robot je pod kontrolom inteligentnih algoritama, koji reaguju na signale dobije od senzora na sopstvene akcije i kretanja, (sl.1.). Ime robota (Shakey), nastalo kao rezultat nepredviđenih kretanja robota.



Slika 1. Mobilni robot Shakey, [22]
Figure 1. Mobil robot Shakey, [22]

U deceniji 1980-1989. godine, dominiraju roboti iz Japana. Među njima su *WABOT-1* i *WABOT-2* (sl.2), koji predstavljaju prvi pokušaj razvijanja konstrukcije robota humanoida, sa specijalnim ciljem: samostalna upotreba tastature muzičkog instrumenta.



Slika 2. Roboti Univerziteta Waseda, Japan: WABOT-1, WABOT-2, [23]
Figure 2. Robots of University Waseda, Japan: WABOT-1, WABOT-2, [23]

1980/1983. godine je konstruisano mikro robot vozilo, Microrobot Prowler, (sl.3), kao okvir projekta Sinclair, u Velikoj Britaniji.



Slika 3. Robot Prowler, Sinclair projekat, [25].
Figure 3. Robot Prowler, Sinclair projects, [25].

U deceniji 1990-1999. godine značajna je pojava samohodnih robota istraživača (koračajući i hodni sistem gusenica) koji su obavljali poslove i operacije opasne ili nedostupne ljudima (polarne ili veoma visoke temperature kod kratera vulkana). Primeri rešenja tih robota su *Dante* (1993) i *Dante II* (1994), *Houdini* (1993), u istraživanju planina i vulkana Mt. Erebus, Antartik, i Mt. Spurr, Aljaska (Sl.4 i 4a.).



Slika 4. Dante II robot, [26].
Figure 4. Dante II robot, [26].



Slika 4a. Robot Houdini, [26].
Figure 4a. Robot Houdini, [26].

Mars Pathfinder NASA svemirska letelica uspešno je sletela na Crvenu planetu-Mars 4. jula, 1997. godine, noseći samohodno mini-robot vozilo *Sojourner* (sl.5). Robot-vozilo težine od 10500 gr., obavilo je različite eksperimente na površini Marsa. Radio signale sa rezultatima istraživanja, emitovani su na Zemlju do septembra 1997. godine



Slika 5. Mini robot-vozilo, *Sojourner*, [21, 20].
Figure 5. Mini robot-vehicle, Sojourner, [21, 20].

2011. godine, od 6. avgusta, robot vozilo Curiosity (sl. 6.) istražuje Gale Crater na Marsu, kao deo programa NASA agencije koje uključuje ispitivanje klime i geologije. Ovde je uključena istraga o ulozi vode, i prikladnost studije za stanovanje u pripremi za buduće ekspedicije do 2020 godine. U junu 2014 .godine, posle 687 zemaljskih dana, misija i podaci poslani sa vozila Curiosity, omogućila je zaključak, da, Mars nije nikada imao uslove okoline povoljne za život mikroba.



Slika 6. Robot vozilo Curiosity, [19, 20].
Figure 6. Robot vehicle Curiosity, [19, 20].

Od 2000. godine do danas, pojavljuju se mnogobrojne konstrukcije novih inteligentnih mobilnih humanoidnih robota sposobnih da gotovo u potpunosti u interakciji sa ljudima prepoznaju glasove, lica i gestove, prepreke, i slično, pa su primenjeni u različitim oblastima i situacijama. Primeri takvih rešenja su: HONDA, humanoid robot ASIMO (razvoj od 2000 do 2011., sl.1.6.a); ROLLIN JUSTIN, (German Air Space Agency) iz 2009. godine, sl. 1.6.b), robot koji priprema i poslužuje jelo i piće; Robot WowWee Roberover koji služi za zabavu i igranje; TOMY i-SOBOT (2007), a humanoid robot (sl.7d.), sa preko 200 funkcija sličnih pokretima ljudi u akcijama koje predstavljaju simulaciju borbilačkih sportova .



Slika 7. Roboti humanoidi, od 2000 do danas, [16, 17, 18].
Figure 7. Humanoid robots, from 2000 to day, [16, 17, 18].

AIBO ERS-7., robot kućni ljubimac, (razvoj SONY od 1999 do 2005), sa opcijom učešća na izložbama i takmičenjima robota (sl.8a)

SHADOW, robot ruka, (2008., sl.8b); FLAME, (2007), Toyota humanoidni robot, (sl.8c), posebno razvijen zbog karakteristika i usavršenog kretanja sa nogama.



Slika 8. Novi tipovi robota, [16, 17, 18].
Figure 8. New types of robots, [16, 17, 18].

iROBOT Roomba, PowerBot, su roboti platforme, nastali 2003. godine (sl.9.) različitih dimenzija 1,4x1,3x1,1m, i nosivosti od 100-300 kg. Primenu imaju u obavljanju istraživanja, navigaciju ili inspekciju procesa, po svim vremenskim uslovima. Platforme su opremljene radio vezom, ultrasoničnom opremom i sonarima za uspešnije kontrolisanje kretanja .



Slika 9. Pokretni roboti-platforme, [17, 18].
Figure 9. Robot moving platforms, [17, 18].

MEHANIZMI ZA KRETANJE ROBOTA

Kretanje robota po različitim podlogama može da se obavi sa zglobnim mehanizmima (nogama), točkovima, i robota koji koriste principe kretanja u aerodinamici (helikopteri)

Točak je izum ljudi, a noga je biološki element određene grupe živih bića na Zemlji. Biološki multifunkcionalni organizam ima osobenost, može da se kreće, u različitim sredinama sa teškim preprekama, grubim osnovama bez teškoća, pomoću nogu. Insekti imaju veoma malu veličinu i težinu, a poseduju veliku robusnost, koja se ne može postići u uslovima veštačke konstrukcije ovakvih hodnih sistema.

ROBOTI SA NOGAMA

U stvarnim uslovima, robot sa nogama, mora biti statički stabilan. Ovaj uslov je zadovoljen ukoliko se centar gravitacije nalazi uvek u poligonu definisan stvarnim kontaktnim tačkama sa podlogom. U praksi, kontakt robota sa podlogom je preko noge i male površina -stope. Zato su ovakvi roboti dizajnirani u kategorije: sa dve noge, kao dovoljan i potreban uslov (Sl. 10) i sa više nogu (Sl.10). Ovi roboti imitiraju hod, ili redosled i način postavljanja i podizanje zglobova noge i stopala u vremenu i prostoru kroz određene faze postavljanja zglobova i stopala u međusobni odnos. Ovakve konstrukcije robota nemaju značajnu primenu u poljoprivredi i neće biti analizirani u ovom radu.



Slika 10. Roboti sa nogama: (a)-Asimo; (b)-WildCat; (c)-Slair, [27, 31].
Figure 10. Roboti sa nogama: (a)-Asimo; (b)-WildCat; (c)-Slair, [27, 31].

ROBOTI SA TOČKOVIMA



Slika 11. Konvencionalni točak (a); Fiksni točkovi za oslonac (b,c,d), [28].
Figure 11. The conventional wheel (a); The fixed main support wheels (b,c,d), [28]

Pokretljivost-mobilnost robota sa točkovima ili WMRs (*Wheeled Mobile Robots system*) zavisi od tipova točkova ili diskova koji se koriste kao hodni sistem. Sistem WMRs mora osigurati da svi točkovi imaju dobar siguran kontakt sa podlogom. Glavni problemi WMRs je dizajn koji obezbeđuje sile za vuču, pokretljivost, stabilnost i kontrolu-upravljanje, koje zavise od vrste točkova i njihove konfiguracije- rasporedu na robot vozilu. Tipovi točkova koji koriste robot vozila: konvencionalni (pogonski i standardni za oslonac sa/bez rotacije oko oslonca, sl. 10) i specijalni (univerzalni, mehanički, i lopta, sl. 11).



Slika 12. Dizajn univerzalnih točkova, [28].
Figure 12. Design of universal wheels, [28].

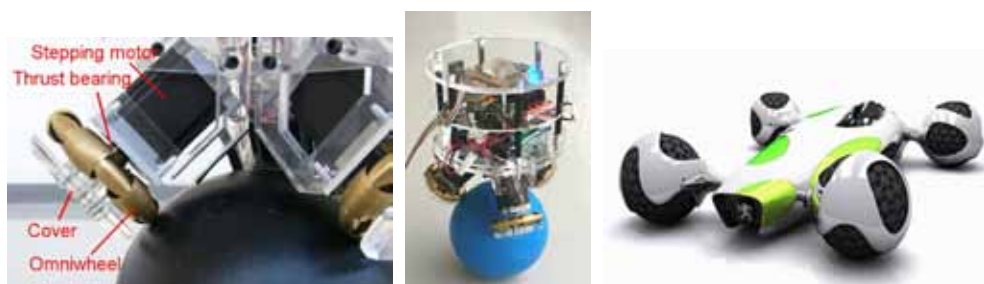
Univerzalni točak, (sl.11) se oko centralne ose točka. Po obodu točka ima male valjke raspoređene po spoljnom prečniku, koji su postavljeni normalno na osu rotacije točka (sl.11). Na ovaj način točak može da se kotrlja i pomera radijalno u pravcu paralelnom osi točkova, i pored normalne rotacije točka (sl. 11).



Slika 13. Dizajn točkova koji su pokretni u više pravaca (omni-direkcional sistem), [28, 42].
Figure 13. The omni-direkcional wheels, [28, 42].

Omni-direkcional točak (sl.12c), je sličan konstrukciji univerzalnog točaka, ali je više pari valjaka postavljeno pod uglom $\pm 45^\circ$ u odnosu na osu obrtanja točka. Sila F rotacije točka (Sl.12a,b), deluje preko valjaka na podlogu, kao : F_1 sila paralelna centralnoj osi, i sila F_2 upravna na osu valjka. Vozilo sa ovakvim rešenjem točkova i pojave sila okretanja točkova, kreće se u pravcu rezultante sila. Zato točak zauzima tačnu poziciju u prostoru što omogućuje vozilima (ODVs, sl. 12), sa ovim sistemom lako i precizno upravljanje [28, 42].

Lopta (sferni oblik, sl.13) nema direktnih ograničenja na pravce kretanja. Osa rotacije točka lopte može imati proizvoljnu pravac. Jedan od načina da se rotacija lopte postigne je korišćenje aktivnog prstena sa tri step elektro motora koji pokreću loptu na osnovu trenja između minijaturnih točkova koji ima valjke po obimu lopte (sl.13). Na ovaj način je omogućeno kontrolisano rotiranje lopte i kretanje platforme u određenim pravcima. Zbog komplikovane konstrukcije lopta točak, vrlo retko se koristi u praksi, ali ima eksperimentalnih vozila (Sl. 13, Peugeot).



Slika 14. Dizajn mehanizma sferni oblik (točak-lopta), [28].

Figure 14. Design of spherical wheel (wheel-ball), [28].

ROBOTI KOJI LETE

U poslednjoj dekadi XX veka pojavili su minijturni uređaji koji lete/lebde na malim visinama (10-30-50 m), nalik na klasične letelice i helikoptere (Multirotor Aerial Vehicles –MAV, Unmanned Aerial Vehicles –UAV, agricultural drone -AD, hexacopter, [40]). Imaju daljinsku kontrolu parametra leta, sa trajanjem do 120 min., a opremljeni su preciznom navigacionom, optičkom (CCD, HS, kamere) i drugom merenom opremom za prikupljanje raznih: meteoroloških, bioloških i situacionih podataka sa terena na kojima se nalaze ratarske, voćarske kulture ili šume.

Relativno jeftini (prva primena je bila za vojne svrhe) jer u osnovnoj verziji njihova cena je do 2000 \$, danas imaju veoma veliku primenu (kontrola, nadzor, inspekcija stanja useva, voćarskih kultura ili šuma) u razvijenim poljoprivredama, pre svega Kanade, Amerike i Evrope.

Na osnovu analize podataka koje prikupljaju ove minijturne letelice-roboti (sl.14), u poljoprivredi moguće je donositi buduće precizne odluke o: momentu i količini vode za navodnjavanje, primeni i količini pesticida, početku žetve, sličnim tehničko-tehnološkim detaljima poljoprivredne proizvodnje.



Slika 15. Poljoprivredni mini helikopter (agridrone), [40].
Figure 15. Agricultural helicopter (agridrone), [40].

PRIMENA ROBOTA DANAS U POLJOPRIVREDI

Poljoprivredni roboti ili agribot je robot koji obavlja određene, ili sve poslove u oblasti poljoprivrede. Oblast primene robota u poljoprivredi su različite. Glavna odlika primene su uključujući i viši kvalitet svežeg proizvoda, niži troškovi proizvodnje, kao i što manje potrebe za fizički rad ljudi. U većini slučajeva, ima mnogo faktora koje treba razmotriti (na primer, veličina i boja plodova koje se beru) pre početka zadatka koji robot obavlja. Roboti mogu da se koriste i za zadatke kao što su rezidbe u voćarstvu, operacije zaštite od korova, nadgledanje svih faza rada. Roboti se takođe može koristiti u stočarstvu, kao što je automatska mužu, pranje i nadgledanje kretanja životinja u svim fazama gajenja. Jedna od glavnih operacija u savremnoj poljoprivredi je mogućnost prikupljanja blagovremenih i tačnih informacije sa parcela koje se nalaze na otvorenom prostoru: o zemljištu (trenutna vlažnost, elementi mineralne ishrane) i stanju biljaka (položaj, broj, visina, rastojanje u redu i između redova, i situacija u pogledu korovske vegetacije, pre svega broj, i položaj) u proizvodnji određene poljoprivredne kulture. Za ovakve namene konstruisana je samohodna robot platforma (sl.15) sa senzorima (Madsen and Jakobsen, 2001), i robot sa gusenicom ISAAC2 (Hohenhiem University, 2001). Samostalan prolaz robota preko useva, i registrovanje položaja u prostoru sa GPS uređajima [32], omogućuje prikupljanje pomenutih podataka .



Slika 16. Portalna platforma i robot ISAAC2, [32].
Figure 16. Portal platform and robot ISAAC2, [32].

Kontrola biodiverziteta biljaka (vrste, rasprostranjenost, položaj u prostoru), može realizovati sa robotskim platformama (sl.16) na kojima postoji odgovarajuća oprema za registrovanje pojedinih osobina korovske vegetacije. Robot Autonomous Chris-

tmaz (sl.15.a) razlikuje korove koje ne mogu biti štetni u osnovnom usevu, na osnovu kolor analize ugrađenih senzora, [32]. BoniRob (Amozone Werke, Bosh), samostalno obavlja fenotipske analize grupe biljaka (i pojedinačnih) na određenom prostoru po m² koje skenira CCD kamerom visoke rezolucije (sl.16b).

Na portalnom nosaču može biti i dodatna operema: razne kamere, penetrometar, i aparati za merenje efekata precizne zaštite useva. Robot Phoenix (sl.16c), ima autonomni elektro pogon (University of Hohenheim i University of Southern Denmark-SDU, 2014), a služi za inspekciju stanja poljoprivrednih useva sensorima i kamerama visoke rezolucije .



Slika17. Roboti pokretne platforme: (a) Autonomous Christmas ; (b) Boni Rob; (c) Phoenix
 Figure 17. Robot mobile platforms : (a) Autonomous Christmas ; (b) Boni Rob; (c) Phoenix



Slika 18. Roboti pokretne platforme: (a) Amaizing 09; (b) Eduro Maxi; (c) Ceres II
 Figure 18. Robot mobile platforms: (a) Amaizing 09; (b) Eduro Maxi; (c) Ceres II

Autonomi robot Amaizeing 09, (University of Applied Sciences Osnabruck, Germany), ima pokretnu usavršenu platformu na točkovima (4x4), opremljenu sensorima, preciznom ultra kolor kamerom i uređajima za navigaciju, koji omogućuju manevrisanje robota i okretanje na malom prostoru u redovima kukuruza kod prikupljanja podataka u procesu navodnjavanja i registrovanja prisutnih korovskih vrsta i na golf terenima [34].

Robot platforma Eduro Maxi, [32], sa tri točka, dva prednja pogonska, jedan upravljački za preciznu korekciju putanje kretanja (sl.17b). Može da obavi do nekoliko tipova zadataka na polju tako što precizna kamera i laser i GPS uređaj prepoznaju visinu i rastojanje biljaka levo i desno u toku kretanja po redu biljaka, a inspekciju redova u polju, samostalno ponavlja .

Ceres II robot (Fontys Hogeschoien FHT&L, Netherland, 2012), ima platformu na metalnim točkovima (4x4) sa pogonskim elektromotorom od 150 W, i 6500 h autonomno

mnog rada na polju (sl.17c). Oprema: dve FireWire i jedna USB kamera, i dva osetljiva senzora QE tipa . Namena: inspekcija i kontrolisanje kvaliteta trave golf terena.

Primena robota u voćarstvu, kod berbe plodova (npr jabuke, kiwi i slično) i inspekcije voćarskih kultura danas je uobičajena pojava u mnogim savremenim voćnjacima. Konstrukcija autonomnog robota (sl 18.) koja se koristi na plantažama za kiwi, New Zeland.



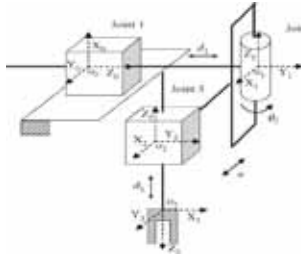
Slika 19. Robot-platforma (robot ruka), plantaža za kiwi [41]
Figure 19. Robot platform with elastic arm, kiwi orchard [41]

Robot-pokretna platforma sa točkovima 4x4, na osnovu GPS uređaja i senzora i 3D kamere precizno određuje položaj i način kretanja po redovima, i položaj kiwi ploda u prostoru.

Robot bere-odseca kiwi plodove (veoma osetljivi na pritisak) zglobnom robot rukom (sl.18), koja na prstima ruke ima precizne osetljive senzore na pritisak i dodir, (približna vrednost osećaju na dodir ljudske ruke). Kiwi plod je uspešno otkinut sa grane i ostavljen u posude za prikupljanje plodova, i smanjeno je učešće ljudskog rada na plantažama.

U poslednjoj deceniji, napredne tehnologije i najnoviji rezultati naučnih istraživanja su uglavnom najviše primenjene u poljoprivredi na otvorenom prostoru u cilju poboljšanja kvaliteta proizvoda i povećanja produktivnosti i isplativosti primenjenih rešenja .

U Holandiji, kada su počele da se proizvode velike količine paradajza, krastavaca i paprika u zatvorenom prostoru plastenika i staklenika, prosečna veličina ovih prostora od 1 ha, dostigla je 5 ha, sa ukupnom površinom preko 3000 ha, [35]. U ovakvom slučaju, rad ljudi je najveći faktor troškova moderne poljoprivrede koncentrisane na malom i zaštićenom prostoru. Zbog efektne zamene rada čoveka i povećanja produktivnosti i preciznosti, počele su primene određenih tipova robota sa mehaničkom rukom (sl.18). U počenoj fazi primene, ovi roboti nisu bili najpogodniji za sisteme koji se koriste u zaštićenim objektima, jer oni se nalaze u okruženju koje potencijalno prouzrokuje probleme: mehanička oštećenja plodova, veoma nepovoljne klimatske uslove, visoke vrednosti relativne vlažnosti i temperature, i promene uslova osvetljenja. Automatizacija procesa u poljoprivredi je izazov u narednim godinama, posebno u sredinama kao ograničeni zatvoreni prostori staklenika i plastenika (sl.18).



Slika.20. Robot u stakleniku, [39]; Slika 18a. Kinematski model rada robotske ruke [39]
Figure 20. Robot arm-joint green houses, [39], Figure, 18a. The kinematic model of the robot arm operation [39]

Kinematski model robot ruke (sl. 18a) opisuje položaje ruke koja ima tri referentna zgloba pokretna u pravcima po osama $x_{0123}, y_{0123}, z_{0123}$, opisana referentnim jednačinama koje su potrebne za strukturu algoritma pokreta robot ruke u operativnom prostoru ruke.

Autonomni modularni robot [35], otkriva senzorima i CCD kamerama pojedinačne krastavce, sa odstojanja od 0,8 m procenjuje zrelost i otkida termičkim postupkom zrele plodove (sl.19). Tokom eksperimenata detektovano je 95% od zrelih krastavaca i 80% su ubrani preciznim postupkom ruke robota, gde kompletna operacija, ciklus branja traje 10 s. (3D snimanje ploda kamerama, pokreti mehaničke ruke sa 7 stepeni slobode, uređaj za termičko rezanje, i pomeranje vozila na kome se nalazi sva potrebna oprema).



Slika 21. Autonomni modularni robot za brajne krastavaca u zatvorenom prostoru, [35, 36]
Figure 21. Autonomous indoors modular robot, cucumbers harvest, [35, 36]

Berba paradajza (i crvene paprike) autonomnim robotom, koji ima (sl. 20.): robot ruku (dva prizmatična zgloba i pet rotacionih zglobova sa dužinom nadlaktice i prednjeg dela robot ruke od 200 mm do 250 mm), vizuelne senzore, sistem za kretanje sa točkovima (4x4).

Kolor CCD kamera se koristi za determinaciju boje paradajza i paprike i nijanse crvene boje (sl. 20). Položaji plodova paradajza i paprike u prostoru u osnovi detektovani su inokularnom stereo vizijom (kamerom).



Slika 22. Autonomni robot za ubirajne paradajza i paprike u zatvorenom prostoru, [38]
Figure 22. The Autonomous indoors robot, tomato and red peper harvest, [38]

U Japanu je konstruisan autonomni robot (Institut za poljoprivrednu mehanizaciju, i Seiko&Co.), koji pomoću instalirane opreme i programa može odabrati i ubrati jagode na osnovu njihove boje (sl.21). Sazrele jagode (na osnovu intenziteta crvene boje) detektuju tri stereoskopske 3D kamere, a senzori analiziraju koliki je stepen crvene boje, na osnovu koje se određuje rang zrelosti ploda i vreme branja. Robot se kreće po šinama (sl.21), brzo odredi položaj ploda jagode u 3D prostoru sa tri kamere, i zatim odseca plod u procesu koji traje 8 s za jedan plod, uz uslov najmanjeg oštećenja ploda. Na ovaj način ubere se jagode sa 1 ha za 500h rada robota, sa mogućim smanjenjem na 300h. Ovaj robot u budućnosti, ima opciju branja jagoda noću, pa voće može da stigne do tržišta sa optimalnom svežinom ploda.



Sl.23. Autonomni robot za branje jagoda u zatvorenom prostoru, [37].
Figure 23. Autonomous indoors robot, strawberries harvest, [37].

ZAKLJUČAK

Mnogobrojna istraživanja potvrđuju naprednu i perspektivnu funkciju različitih tipova i robota u poljoprivredi. To se odnosi na unapredjenje funkcije smanjenja udela ljudskog rada u poljoprivrednim operacijama i povećanje produktivnosti. Takođe su značajno umanjeni gubici u prinosu poljoprivrednih kultura, (ubiranja kultura), gde podaci koji se dobijaju od robota značajno utiču na sigurnost obavljanja ovog procesa. Posebno se ističe zaštita životne sredine i rizici po čoveka zbog faktora gde roboti koriste adekvatne računске programe i daju preporuke ili sami ispravno obavljaju pojedine tehnološko-radne operacije u poljoprivredi.

Razvoj primene robota u poljoprivredi mnogobrojni autori istraživači posmatraju kao jedan od najboljih i najsigurnijih načina poboljšanja svih parametara kvaliteta i sigurnosti u svim granama buduće moderne poljoprivrede.

Da bi se navedeno ostvarilo potrebno je što pre ostvariti i pokrenuti nove istraživačke programe realne i stalne primene robota u poljoprivredi.

LITERATURA

- [1] Freedman J.: Robots through history: robotics. New York, NY: Rosen Central; 2011.
- [2] Mayr O.: The origins of feedback control. Cambridge, MA: MIT Press; 1970.
- [3] Lazos C. Engineering and technology in ancient Greece. Athens: Aeolos Editions; 1993.
- [4] Campion G, Bastin G, D'Andrea-Novel B. Structural properties and classification of kinematic and dynamic models of wheeled mobile robots. IEEE Trans Rob Autom 1996;12(1):47-62.
- [5] Floreano D, Zufferey J.C. Robots mobiles. EPFL Course-Mobile Robots, www.cs.cmu.
- [6] Bekey G. Autonomous robots. Cambridge, MA: MIT Press; 2005.
- [7] Siegwart R, Nourbakhsh I. Autonomous mobile robots. Cambridge, MA: MIT Press; 2005.
- [8] Braunl T. Embedded robotics: mobile robot design and applications with embedded systems. Berlin: Springer; 2006. <<http://newplans.net/RDB>>.
- [9] Salih J, Rizon M, Yacacob S, Adom A, Mamat M. Designing omni-directional mobile robot with mecanum wheel. Am J Appl Sci 2006;3(5):1831—5.
- [10] West M, Asada H. Design of ball wheel mechanisms for omnidirectional vehicles with full mobility and invariant kinematics. J. Mech. Des. 1997;119:153—7.
- [11] Holland J-M. Rethinking robot mobility. Rob. Age. 1988;7(1):26—30.
- [12] Duro JR, Santos J, Grana M. Biologically inspired robot behavior engineering. Springer; 2002.
- [13] Katevas N, editor. Mobile robotics in healthcare. Amsterdam: IOS Press; 2001.
- [14] Tzafestas SG. Auton. mob. rob. in health care services. J. Intell Rob.Syst. 1998;22(3-4):177-350.
- [15] Fong T., et al. A survey of socially interactive robots. Robot Aut. Syst. 2003;42(3-4):143-66.
- [16] <http://www.gizmag.com/go/1765picture/2029>; <http://razorrobotics.com/safety>.
- [17] <http://mobilerobots.com/ResearchRobots/ResearchRobots.aspx>;
- [18] <http://www.conscious-robots.com/en/reviews/robots/mobilerobots-pioneer-3p3-dx-8.html>.
- [19] <http://www.space.com/17896-mars-rover-curiosity-first-scoop-samples.html>
- [20] http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/#.VGNw40p1Bu4
- [21] http://www.nasa.gov/mission_pages/mars-pathfinder/
- [22] <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-417049-0.00001-8>http
- [23] www.humanoid.waseda.ac.jp/booklet/kato_2.html.
- [24] <http://www.thocp.net/reference/robotics/robotics2.htm>
- [25] <http://www.davidbuckley.net/DB/Prowler.htm>.
- [26] www.frc.ri.cmu.edu
- [27] <http://www.robotics.mech.kit.ac.jp>

- [28] <http://www.generationrobots.com>
- [29] <http://www.rotacaster.com.au/robot-wheels.html>;
- [30] <http://www-scf.usc.edu/>
- [31] www.lexrobotics.com
- [32] B. S. Blackmore. et. al. Robotic agriculture - the future of agricultural mechanisation? Precision Ag. ed. J. Stafford, A.P., 2005. pp: 621-628.
- [33] www.eduromaxi.cz
- [34] Steffen Meinke, et al. Modular sen. plat. for autonomous ag.applications, Field Robot Event 2009, Wageningen, The Netherlands.
- [35] E.J. van Henten, et al.: An Auton. Robot for Harvesting Cucumbers in Greenhouses, Autonomous Robots 13, 241-258, 2002.
- [36] www.hemming.nl
- [37] <http://www.straitstimes.com/the-big-story/asia-report/japan>
- [38] <http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/tomato.html>
- [39] G. Belforte; et. al. Robot Design and Testing for Greenhouse Applications, Biosystems Engineering (2006) 95 (3), 309-321
- [40] <http://www.service-drone.com>
- [41] A. J. Scarfe, R. C. Flemmer, H. H. Bakker and C. L. Flemmer. Development of An Autonomous Kiwifruit Picking Robot, Proceedings of the 4th International Conference on Autonomous Robots and Agents, Feb 10-12, 2009, Wellington, New Zealand
- [42] <http://ary1.populus.org/rub/5>.