

UDK: [004.932.2:633.85-157.63]:004.738.5

Originalni naučni rad  
Original Scientific paper  
DOI: 10.5937/PoljTeh2204028M

## DETEKCIJA GUBITAKA SEMENA ULJANE REPICE PRE BERBE ANALIZOM SLIKE U OKVIRU FOG RAČUNARSTVA

Dušan Marković<sup>1</sup>, Ranko Koprivica<sup>1</sup>, Biljana Veljković<sup>1</sup>,  
Marija Gavrilović<sup>1</sup>, Dejan Vujičić<sup>2</sup>, Uroš Pešović<sup>2</sup>, Siniša Randić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku  
<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku

**Sažetak:** Gubici u proizvodnji uljane repice mogu nastati pre berbe, prouzrokovani spontanom otvaranjem zrelih mahuna i ispadanjem semena na zemljište. Ljuske uljane repice, na istoj biljci sazrevaju u različito vreme, tako da imamo da su one na vrhu prezrele a u donjem delu zrele. Jedan od najkritičnijih momenata u uzgajanju uljane repice predstavlja određivanje pravog vremena za berbu, jer zakasnela berba podrazumeva prezrevanje i otvaranje ljuski, što dovodi do rasipanja i gubitaka semena. Jedan od načina da se prati osipanje semena i samim tim potencijalni gubici jeste postavljanje posuda između redova biljaka uljane repice i nadgledanje (prebrojavanjem) broja semena koje upadnu iz otvorenih ljuski. Predstavljeni model sistema koji čine senzorski uređaji sa pridruženim kamerama, pozicionirani iznad posuda, imaju funkciju da prenesu sliku o trenutnom stanju zrna u njoj. Centralno mesto u ovom radu predstavlja aplikacija za analizu slike koja se može izvršavati u blizini lokaliteta na računarski podržanim uređajima u okviru Fog računarstva. Na taj način rezultati analize slike o broju semenki u posudi dobijaju se gotovo odmah i mogu se proslediti na Cloud platformu ili direktno do korisnika koji će preduzeti odgovarajuće akcije. Dobijanjem pravovremenih informacija o broju rasutih semenki moguće je organizovati berbu na optimalan način kako bi se izbegli gubici i predupredilo prezrevanje zasada uljane repice.

**Ključne reči:** Analiza slike, seme uljane repice, Fog računarstvo, Raspberry Pi.

\*Kontakt Autor. E-mail adresa: dusan.markovic@kg.ac.rs  
Istraživanja u ovom radu su deo Projekta 451-03-68/2022-14 i  
Projekta 451-03-68/2022-14/200132, koje finansira Ministarstvo prosvete,  
nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## UVOD

Koncept Interneta stvari (Internet of Things) doneo je jedan novi pristup u povezivanju uređaja na Internet i razmeni podataka, tako da je zahvaljujući svojim odlikama našao veliku primenu u prikupljanju senzorskih podataka. Prikupljanje podataka bi podrazumevalo prenos podataka sa senzorskih uređaja na Cloud platforme, odnosno na udaljene servere gde bi se na centralnom mestu vršila obrada podataka. Na taj način dobija se struktura sistema gde se podaci čuvaju na jednom mestu i gde se obrada podataka može izvršiti sa potrebnom procesorskom snagom. Međutim, kako se broj senzorskih uređaja koji šalju podatke vremenom povećavao, pojavljuju se sve veći nizovi podataka koje je potrebno prihvatiti i procesirati. Da bi se optimizovao prenos podataka i da bi se dobili rezultati obrade bez većeg kašnjenja, koncept Cloud sistema je proširen skoro do mreže senzorskih uređaja. Na taj način su karakteristike skladištenja i obrade pristiglih podataka sa Cloud platformi prenete bliže lokalnim senzorskim mrežama prateći principe Fog računarstva. U toj varijanti podaci se obrađuju u neposrednoj blizini, nema potrebe za slanjem svih sirovih podataka na Cloud platformu već se samo prosleđuju rezultati obrade, a koje takođe mogu odmah dobiti i krajnji korisnici bez kašnjenja. Autori u radu [1] upravo su opisali Fog računarstvo kao sredstvo pomoću koga bi se predupredile nepovoljne situacije vezane za velike obime podataka koji se generišu od strane IoT i senzorskih uređaja [2]. Primena Cloud-Fog sistema ima svoj značaj i u oblasti poljoprivrede, što se može sagledati kroz radove [3], [4] i [5].

Procesiranje podataka dobijenih posredstvom IoT koncepta predstavljeno je u radovima [6], [7] i [8], gde je korišćena analiza slike kako bi se dobile nove informacije. Slična primena može se sagledati i kod analize slike semena malih dimenzija koje je teže ručno izmeriti za kratko vreme, što se može videti na primeru nadgledanje klijavosti semena koja pripadaju familiji kupusnjača (*Brassica*) [9]. Slično je stanje i sa sitnim semenom uljane repice i upravo u ovom radu predstavljen je primer detekcije i prebrojavanja semenki uljane repice na osnovu analize slike kako bi se utvrdili potencijalni gubici pre žetve.

Cilj ovog rada je predstavljanje sistema za prikupljanje i obradu podatka koji se zasniva na Fog računarstvu, pri čemu bi se obrada podatka izvršavala blizu izvora podataka, a pre slanja na Cloud. Model sistema izvršava obradu podataka koji podrazumeva procesiranje slika na računarski podržanim uređajima blizu senzorskih uređaja. Primena takvog modela je prikazana u slučaju analize slike semena uljane repice, na osnovu koje bi se utvrdili gubici semena pre žetve i odredilo pravo vreme za berbu u cilju smanjenja (izbegavanja) većih gubitaka.

## MATERIJAL I METODE RADA

U tehnološkom procesu proizvodnje uljane repice, najveći problem je odrediti odgovarajući momenat berbe. Vreme berbe je povezano sa morfološkim osobinama sorti i opštim stanjem useva na polju. Nepravovremena berba i nepravilna primena mašina za žetvu, prouzrokuju velike gubitke prinosa, lošiji kvalitet zrna i ulja [10], [11], [12] i [13] što umanjuje ekonomičnost proizvodnje ove veoma značajne uljarice. Prema [14] određivanje vremena i načina mehanizovane berbe uljane repice otežavaju: neujednačeno cvetanje, otvaranje ljuski i međusobna isprepletanost biljaka.

Gubici uljane repice usled otvaranja ljuski nastaju zbog: prirodnih procesa sazrevanja i starenja biljke, neujednačenog sazrevanja ljuski uljane repice, slabe mehaničke čvrstoće ljuske i meteoroloških uslova pre žetve. Uljana repica dugo cveta, zbog čega se kasnije plodovi (ljuske) neujednačeno formiraju i dozrevaju u različito vreme. U momentu žetve, na istoj biljci mogu se naći nedovoljno zrele, zrele, kao i prezrele ljuske koje su se otvorile i iz kojih je zrno ispalo. Pored toga, postoji uzajamna isprepletenost bočnih grana susednih biljaka koje se dodiruju, tako da pri jačim udarima vetra dolazi do kontakta i trenja jedne o druge ljuske, što dovodi do njihovog otvaranja i ispadanja zrna pre žetve.

Glavni razlog otvaranja ploda uljane repice i pojava gubitaka pre i u toku žetve je njegova slaba mehanička čvrstoća. Plod kod uljane repice je ljuska sastavljena od dve polovine između kojih se nalazi središnja tanka pregrada. Polovine ljuske su međusobno spojene šavom (linijom spajanja), tako da čine jednu celinu u kojoj je smešteno zrno. U našim istraživanjima prosečan broj zrna u ljusci je 25. Ljuske se otvaraju duž linije spajanja dve polovine ljuske i unutrašnje pregrade, pri čemu dolazi do odvajanja ovih delova i rasipanja zrna.

Otvaranje ljuski i rasipanje zrna je u prirodi koristan proces, jer se biljke na taj način razmnožavaju, stvaraju nove generacije i produžavaju vrstu. Posmatrajući ovaj proces iz ugla proizvodnje uljane repice on se može smatrati štetnim, jer prouzrokuje velike gubitke zrna i smanjuje prinos. U narednoj godini će iz rasutog semena po zemljištu izniknuti nove biljke uljane repice koje predstavljaju korov u osnovnom usevu, kojeg treba uništiti herbicidima, zbog čega se utroši više radnog vremena i goriva, a time i povećava zagađenje životne sredine i troškova proizvodnje.

Primer predstavljen preko modela sistema sa analizom slike sproveden je na uzorcima semena uljane repice sorte Banaćanka. Posude dimenzija 120 mm x 210 mm predviđene su za postavku ispod ljuski tako da bi u njih upadalo seme iz raspuklih (otvorenih) ljuski i iznad kojih je pozicioniran senzorski uređaj sa kamerom.

Model Cloud-Fog sistema je predstavljen sa Fog slojem između Cloud-a i senzorskih uređaja za prikupljanje podataka. Ideja u prikazanom slučaju podrazumeva da se uređaji sa kamerama rasporede u polju sa uljanom repicom tako što bi se pozicionirali u redovima ispod mahuna uljane repice. Pored uređaja bi se postavila posuda poznatih dimenzija u koju bi se skupljale semenke iz otvorenih mahuna. U definisanim vremenskim intervalima fotografisala bi se posuda i slike bi bile prosleđene na Fog uređaj gde bi se vršila analiza slike, koja bi kao rezultat dala broj semenki u posudi. U toj varijanti rezultati analize bi bili prosleđeni na Cloud platformu i do krajnjih korisnika.

Uređaj na kome se vrši analiza slike deo je sloja koji bi pripadao Fog računarstvu, a u osnovi sastoji se od Raspberry Pi 3 računarskog modula. Raspberry Pi predstavlja računar malih dimenzija (85.60 mm x 53.98 mm x 17 mm) i težine svega 45 g. Raspberry Pi modul predstavlja računarski sistem integrisan na jednom čipu (SoC) sa oznakom BCM28351. On sadrži centralni procesor, radnu memoriju, grafički procesor, žičnu komunikaciju preko Ethernet kabla kao i vezu sa IEEE 802.11 bežičnom mrežom (Wireless) i različite interfejsne za eksterne uređaje. Raspberry Pi može da se koristi kao klasičan personalni računar uz dodatak tastature i izlazne jedinice za prikaz odnosno monitora. A može se koristiti i kao web server gde periferne jedinice nisu potrebne. SD memorijska kartica može biti korišćena kao medijum za čuvanje podataka.

Operativni sistem koji se koristi kod Raspberry Pi poznat je pod nazivom Raspbian i jedan je od posebno konfigurisanih Linux operativnih sistema. Linux operativni sistem se dobro uklapa pošto je besplatan i otvorenog koda.

Raspberry Pi modul može biti napajan iz više izvora, kao što je USB port sa računara, zidna utičnica sa USB priključnicama, bekap baterija za mobilne telefone ili solarni punjači za telefone. Takođe, Raspberry Pi može biti napajan uz pomoć alkalnih baterija, pri čemu se može napajati i sa šest punjivih AA baterija sa regulatorom napona [15].

Primeri za testiranje su realizovani tako što bi u posudi bio prihvaćen određeni broj semenki koji odgovaraju potencijalnim gubicima shodno površini posude koju ona zauzima i broju semenki koje može da prihvatiti. U više navrata bi bio uslikan sadržaj posude za isti broj semenki ali uz drugačiji nasumični razmeštaj semenki i na osnovu tih uzoraka analizom slike je utvrđivan broj semenki. Na kraju za jedan uzorak izračunava se srednja vrednost i poredi se sa realnim brojem semenki kako bi se utvrdila tačnost dobijenih rezultata.

Aplikacija za analizu slike predstavlja segment koji je realizovan u programskom jeziku Python. Nakon učitavanja slike na Fog uređaj vrši se analiza slike tako što se u programskom kodu pronalaze konture koje odgovaraju semenkama na beloj podlozi. Konture se pronalaze na osnovu grupe piksela na slici koji imaju istu određenu boju i nalaze se između definisanih graničnih vrednosti koje odgovaraju jednoj prosečnoj semenki. Svaka od kontura predstavlja jednu semenku i njihovim prebrojavanjem dobijamo ukupni broj semenki u posudi. Jedan od problema nastaje kada je u posudi veći broj semenki i tada dolazi do njihovog spajanja, pri čemu taj slučaj aplikacija prepoznaje kao jednu konturu. Da bi se korigovalo prebrojavanje ako se dobiju veće konture od prosečne izdvojene vrednosti vrši se multipliciranje minimalnih i maksimalnih vrednosti za detekciju kontura i ako dođe do uklapanja tada se prebrojani broj semenki povećava za veličinu uvećanja graničnih vrednosti.

Seme koje je upalo u posudu kamera može da registruje u svakom momentu, a tako dobijena slika na Fog uređaju se analizira i dobija se broj zrna. Postupak je ponavljan više puta za različite pozicije i rasutost semenki, pri čemu su takođe uzimane i različite vrednosti otvorenih ljuski. Seme koje je upalo u posudu kamera je registrovala u različitim intervalima i pri tome preko aplikacije izbrojana su zrna u svim varijantama čiji se broj kretao od 25 do 125 semenki u posudi. Analiza slike je namenjena izvršavanju u blizini lokacije gde se nalaze senzorski uređaji prateći koncept Fog računarstva, a pre slanja podataka na Cloud platformu.

Na osnovu broja zrna, mase 1000 zrna i površine posude mogu se preračunati prirodni gubici nastali samoosipanjem u kilogramima po hektaru, korišćenjem formule 1.

$$N = \frac{M \cdot n}{100 \cdot A} \quad \text{kg ha}^{-1} \quad (1)$$

Gde je:

- M - masa 1000 zrna semena (g)
- n - broj semena po posudi
- A - površina posude (m<sup>2</sup>)
- N - nastali gubici (kg/ha)

Gubici semena su izraženi pri sadržaju vlage od 9%.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Gubici semena nastali otvaranjem ljuski u godinama kada su povoljni vremenski uslovi mogu biti oko 2% od prosečnog prinosa [10]. Međutim, gubici semena nastali otvaranjem ljuski mogu biti do 30% od prosečnog prinosa, posebno u godinama kada su vremenski uslovi nepovoljni (visoke temperature praćene jakim vetrovima i olujama), i kada se berba produži za mesec dana [16], [17].

U letnjim i sunčanim danima, pri visokim temperaturama i niskim relativnim vlažnostima vazduha, zbog slabe mehaničke čvrstoće zrelih plodova, dolazi do samog otvaranja ljuski i samoosipanja zrna. Na povećanje gubitaka zrna pre žetve još dodatno utiču nepovoljne vremenske prilike kiša, grad i jaki vetrovi [18], [19] i [16]. Usled dodirivanja i međusobnog kontakta grana jedne biljke sa granama druge biljke, dolazi do trenja, otvaranja ljuski i rasipanja zrna [13], [20]. Istraživanja sprovedena u Finskoj [18] ukazuju da brzina vetra od  $8 \text{ m s}^{-1}$  prouzrokuje otvaranje ljuski i gubitke zrna od  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  na dan. Zbog jakog vetra i kasnije žetve za 10 dana od optimalnog roka berbe gubici zrna nastali razbijanjem ljuski povećani su za tri puta. Takođe su autori u radu [21] utvrdili da se ljuske otvaraju i pri tihom vremenu, bez jakih vetrova, kada nastaju gubici semena usled otvaranja ljuski od  $11 \text{ kg/ha}$ , odnosno 0,5% od prinosa.

Autori u radu [22] navode da je dnevni gubitak semena uljane repice nastao samoosipanjem u normalnim uslovima 0,1%, a ako u toku žetve padne kiša gubici se povećavaju do 0,3% od prosečnog prinosa. Najmanji gubici semena prilikom samoosipanja od 0,04% bili su kod novih hibrida čije su ljuske otpornije na otvaranje, a najveći kod komercijalnih sorti 0,07% od prinosa na dan.

Autori u radu [17] utvrdili su gubitke otvaranja ljuski pre berbe u tri različita roka žetve i to 42, 50 i 57 dana posle cvetanja. U 2007. godini u kontrolnoj varijanti gubici nastali otvaranjem ljuski su u prvom roku berbe  $123 \text{ kg/ha}$  ili 4,71 %, u drugom  $172 \text{ kg/ha}$  ili 5,13% i u trećem  $421 \text{ kg/ha}$  ili 16,84% od prosečnog prinosa. Usev uljane repice je bio napadnut bolestima, pa su zbog toga i gubici semena nastali samoosipanjem zbog otvaranja ljuski veliki. U 2008. godini kada je usev uljane repice bio zdrav, gubici zrna nastali otvaranjem ljuski su manji i to:  $10 \text{ kg/ha}$  ili 0,24% u prvom,  $25 \text{ kg/ha}$  ili 0,58% u drugom i  $40,5 \text{ kg/ha}$  ili 0,9% od prosečnog prinosa u trećem roku berbe.

U završnoj fazi sazrevanja uljane repice, pored klimatskih faktora, na otvaranje ljuski i rasipanje zrna pre žetve, utiče i pojava bolesti i štetočina [23], [24].

Utvrđivanje visine gubitaka zrna pre žetve nastalo otvaranjem ljuski može se vršiti u polju sledećim metodama:

1. Vizuelni metod - gde se na osnovu iskustva vrši slobodna procena otvorenih ljuski na usevu izraženo u procentima;
2. Brojanjem otvorenih ljuski na određenom broju odabranih biljaka;
3. Postavljanjem posuda između redova biljaka uljane repice u koje upada seme iz otvorenih ljuski.

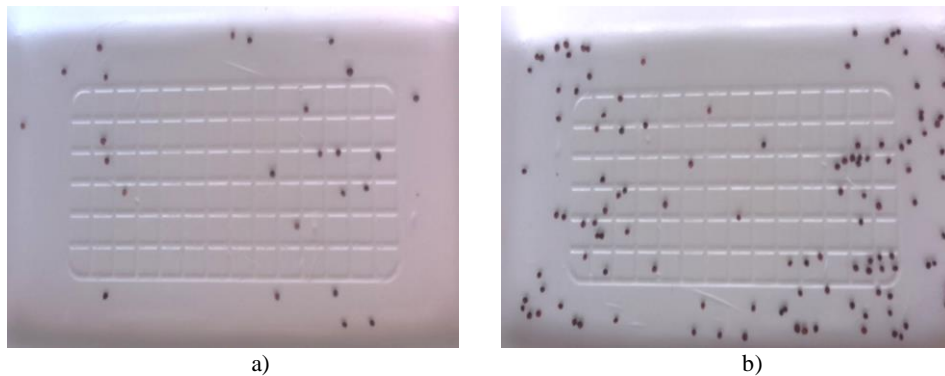
Za utvrđivanje čvrstoće na otvaranje ljuske i određivanje visine gubitaka zrna pre žetve autori u radu [25] su koristili metod brojanja otvorenih ljuski na usevu uljane repice. Za analizu je uzeto 50 biljaka u prvom roku kao i mesec dana kasnije u drugom roku berbe pri čemu je utvrđen broj otvorenih ljuski. Pored toga, u navedenim istraživanjima autori su primenjivali i vizuelan metod utvrđivanja gubitaka. Dve osobe su u prvom i drugom roku berbe izvršili vizuelnu slobodnu procenu otvorenih ljuski na osnovu čega je utvrđen stepen otvaranja ljuski izražen u procentima.

Na osnovu metode vizuelne procene autori su ustanovili da je procenat otvorenih ljuski u tehničkoj zrelosti varirao od 0,8% do 8,3%, a četiri nedelje posle tehničke zrelosti od 5% do 12,5 %. U oba roka berbe najmanji procenat neotvorenih (celih) ljuski imala je sorta *Californium* 91,7% u prvom i 87,5% u drugom roku berbe.

Prema istraživanjima [26] najveći gubitak zrna je ustanovljen pre žetve kod kontrolne varijante i iznosio je 46,3 kg/ha ili 1,49% od prosečnog prinosa. Najmanji gubici zrna su zabeleženi u usevu tretiranom sa sredstvom za zaptivanje ljuski *Contacto*, pre žetve su iznosili 14,9 kg/ha ili 0,48% prosečnog prinosa.

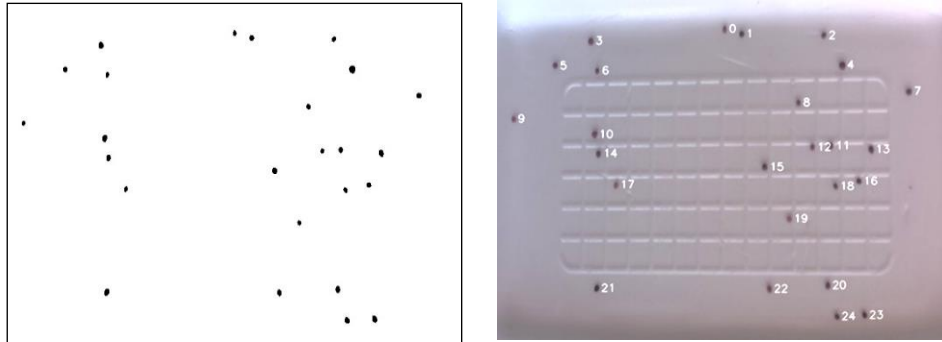
Jedna od metoda koja se u praksi koristi za utvrđivanje gubitaka zrna na polju je postavljanje posuda između redova za prihvatanje zrna ispalog iz ljuski. Na ovaj način mogu da se ustanove i gubici zrna koji nastaju radom delova kombajna u toku žetve. Da bi se obezbedilo sigurno prihvatanje semena ispalog iz otvorene ljuske u posude, njihova unutrašnja strana se oblaže mekim materijalom (tkaninom) kako bi se sprečilo ispadanje semena. Na dnu posude za prihvatanje semena potrebno je ostaviti otvor kako bi voda mogla da otiče iz posude prilikom kišnog perioda pre žetve. Seme ispalo iz ljuski u posudu sakuplja se dva puta dnevno da bi se izračunao gubitak po jedinici površine u tom danu. Na kraju su sabrani svi izmereni dnevni gubici semena pre berbe i izračunat ukupan gubitak semena nastao otvaranjem ljuski pre žetve. Na osnovu izmerene mase zrna i površine kutije, preračunati su i dobijeni gubici zrna (semena) pre žetve izraženi u kg/ha.

Praćenje procesa sazrevanja, otvaranja ljuski i utvrđivanje gubitaka zrna u polju navedenim metodama je vrlo teško, naporno i nedovoljno precizno. Zbog toga cilj naših istraživanja je utvrđivanje visine gubitaka zrna uljane repice pre žetve nastalih osipanjem (ispadanjem) zrna iz ljuske pre berbe, na jedan lakši, brži, jednostavniji i precizniji način primenom metoda računarske obrade slike.



Sl. 2. Seme uljane repice u posude sa 25 (a) semenki i 125 (b) semenki  
Fig. 2. Image of rapeseed in container with 25 (a) seeds and 125 (b) seeds

Umesto fizičkog obilaska postavljenih posuda i provere stanja u njima, moguće je prenosom slike i njenom analizom na daljinu dobiti rezultate sa lokacija. U ovom radu predstavljen je model takvog sistema u kome posebno mesto zauzima aplikacija za obradu slike pomoću koje se može dobiti trenutno stanje ispalih semenki. Na Sl. 2. predstavljena su dva slučaja, prvo kada se otvori jedna ljuska i u posudi se nalazi 25 semenki (a), kao i druga varijanta kada je više raspuklih ljuski pa se u posudi nalazi 125 semenki (b).



Slika 3. Analiza slike semena uljane repice sa 25 semenki  
Figure 3. Image analysis of rapeseed with 25 seeds

Analizom slike od 25 semenki izdvojene su konture koje su prikazane na Sl. 3, u prvoj varijanti prikazane su kao pune crne konture na beloj podlozi, dok su u drugoj prikazane numerisane vrednosti za svaku od njih. Na ovaj način dobija se ukupan broj kontura odnosno semenki po slici.

Pošto je u primeru korišćena posuda površine 0,025 m<sup>2</sup> može se na osnovu formule 1 i broja semenki koje su upale u posudu izračunati gubici po jedinici površine. Isto tako na osnovu istog obrasca mogu se proračunati vrednosti broja semenki za očekivane gubitke, pri čemu se vrednosti mogu sagledati u Tab. 1 za posmatranu površinu koja je oivičena posudom od 0,025 m<sup>2</sup>.

Tabela 1. Gubici semena uljane repice  
Table 1. Losses of rapeseed

| Gubici u procentima<br>Losses in percentages | Gubici zrna u posudi (g)<br>Losses of grain in the container (g) | Broj zrna u posudi<br>Number of grains in the container |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1%                                           | 0,1                                                              | 25                                                      |
| 2%                                           | 0,2                                                              | 50                                                      |
| 3%                                           | 0,3                                                              | 75                                                      |
| 4%                                           | 0,4                                                              | 100                                                     |
| 5%                                           | 0,5                                                              | 125                                                     |

Tab. 2. Prebrojavanje semena uljane repice analizom slike  
Tab. 2. Counting of rapeseed by image analysis

| Broj semenki<br>Number of seeds | Izračunati broj semenki (Medijana)<br>Calculated number of seeds (Median) | Tačnost rezultata<br>Accuracy of results |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 25                              | 24,5                                                                      | 98,0%                                    |
| 50                              | 47,0                                                                      | 94,0%                                    |
| 75                              | 69,0                                                                      | 92,0%                                    |
| 100                             | 88,5                                                                      | 88,5%                                    |
| 125                             | 111,5                                                                     | 89,2%                                    |

Na osnovu višestrukog ponavljanja za svaku od datih pet varijanti izvršen je proračun u sklopu aplikacije za analizu slike i rezultati su predstavljeni u Tab. 2.

Može se zaključiti da kada je u posudi određene površine manji broj semenki tada je tačnost rezultata dobijenih analizom slike u našem modelu visoka i iznosi 98% za varijantu od 25 semenki i 94% za varijantu od 50 semenki. Kako se broj semenki povećava tačnost opada usled grupisanja i spajanja semenki i usled veće verovatnoće da se u posudi nađu otpale ljuske ili možda slučajno neke druge primese slične semenkama. Pošto je poenta predstavljenog modela sa analizom slike da se pravovremeno reaguje i započne berba na moguću pojavu gubitaka, od interesa su na prvom mestu varijante sa manjim brojem semenki. U tim slučajevima tačnost je dobra i preostaje da se dostave informacije kako bi se izbegli veći gubici. U slučaju da dođe do odlaganja žetve iz nekih razloga dobijeni broj semenki analizom slike možda neće odlikovati tako velika tačnost, ali može da posluži za detekciju trenutnog stanja u kome se uljana repica nalazi. Takođe, poželjno bi bilo na jednoj parceli, u usevu uljane repice, postaviti više senzorskih uređaja koji mogu da uslikaju stanje sa semenkama, na primer tri kontrolne tačke. Na taj način se smanjuje mogućnost pojave pogrešnih vrednosti, jer se proveravaju vrednosti na svim kontrolnim tačkama na jednoj parceli i ako jedna vrednost odstupa ona se ne uzima u obzir. Time je smanjena verovatnoća da dođe do generisanja pogrešnog rezultata u slučaju nepravilnosti na pojedinim slikama sa lokacije.

## ZAKLJUČAK

Aplikacija za analizu slike ima svoju primenu u detekciji broja semenki uljane repice na osnovu slika preuzetih sa lokaliteta kako bi se pravovremeno reagovalo sa berbom i izbegli dodatni gubici nastali samoosipanjem. Slike sa implementiranih senzorskih uređaja sa polja ne moraju se slati na udaljeni server na Internetu već se analiza slika može izvršiti na računarski podržanim uređajima u okviru Fog računarstva. Na taj način izbegava se fizički obilazak parcela i nadgledanje posuda sa prikupljenim semenima, već rezultat koji predstavlja broj semena korisnik može da dobije gotovo odmah preko sistema za nadgledanje koji sadrži aplikaciju za analizu slike. Na osnovu praćenje broja smena ispalih pre berbe mogu da se utvrde gubici samoosipanja i početak vremena žetve.

## LITERATURA

- [1] Dastjerdi, A.V., Buyya, R. 2016. Fog Computing: Helping the Internet of Things Realize Its Potential. *Computer*, 49(8): pp.112-116.
- [2] Marković, D., Koprivica, R., Pešović, U., Randić, S. 2015. Application of IoT in monitoring and controlling agricultural production. *Acta Agriculturae Serbica*, XX, 40: pp.145-153.
- [3] Guardo, E., Di Stefano, A., La Corte, A., Sapienza, M., Scatà M. 2018. A Fog Computing-based IoT Framework for Precision Agriculture. *Journal of Internet Technology*, 19(5): pp.1401-1411.
- [4] Morais, R., Silva, N., Mendes, J., Adão, T., Pádua, L., López-Riquelme, J.A., Pavón-Pulido, N., Sousa, J.J., Peres, E. 2019. mySense: A comprehensive data management environment to improve precision agriculture practices. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162: pp.882-894.
- [5] Ahmed, N., De, D., Hussain, M.I. 2018. Internet of Things (IoT) for Smart Precision Agriculture and Farming in Rural Areas. *IEEE Internet of Things J.*, 5(6):pp. 4890-4899.



- [6] Kapoor, A., Bhat, S. I., Shidnal, S., Mehra, A. 2016. Implementation of IoT (Internet of Things) and Image processing in smart agriculture. Published in: *2016 International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS)*, pp. 21-26, Bangalore.
- [7] Tran, H. A. M., Ngo, H. Q. T., Nguyen, T. P., Nguyen, H. 2018. Design of Green Agriculture System Using Internet of Things and Image Processing Techniques. Published in: *2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)*, pp. 28-32, Ho Chi Minh City.
- [8] Liming, X., Yanchao, Z. 2010. Automated strawberry grading system based on image processing. *Computers and Electronics in Agriculture*, *Computers and Electronics in Agriculture*, 71: S32-S39.
- [9] Dell' Aquila, A. 2009. Digital imaging information technology applied to seed germination testing. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 29: pp.213-221.
- [10] Price, J. S., Neale, M. A., Hobson, R.N., Bruce, D. M. 1996. Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65(3): pp.183-191.
- [11] Turan, J., Mehandžić, R., Malinović, N. 2007. Žetva uljane repice namenskim hederom. *Savremena pojaloprivredna tehnika*, 33(1-2): pp.92-98.
- [12] Koprivica, R., Božić, M., Bošković, N., Veljković, B., Marković D. 2013. Gubici semena uljane repice i primena digitalnog senzora brzine radi kvalitetnijeg rada kombajna. *Traktori i pogonske mašine*, Novi Sad, 18(4): pp.69-74.
- [13] Holzapfel, C., Kirk, A., Nybo, B., Lafond, G., May, W., Johnson, E. 2013. Quantifying genetic differences in seed losses due to pod drop and pod shattering in canola. *Annual Project Report*, pp. 26-28.
- [14] Malerž, J. 1977. Efektivnost uborke ozimovo rapsa prisposobljenim zernouboročnim kombajnom. *Međunarodnj seleskohozjajstvenij žurnal*, 6: pp.90-96.
- [15] Vujovic, V., Maksimovic, M. 2015. Raspberry Pi as a Sensor Web node for home automation. *Computers & Electrical Engineering*, 44: pp.153-171.
- [16] Špokas, L., Velicka, R., Rimkeviciene, M., Marcinkeviciene, A. 2005. Ripening dynamics and natural falling of spring rape seeds. *Zemes ukio Mokslai*, 3: 29-38.
- [17] Kosteckas, R., Liakas, V., Šiuliauskas, A., Rauckis, V., Liakiene, E., Jakiene, E. 2009. Effect of Pinolen on winter rape seed losses in relation to maturity. *Agronomy Research* 7(1): 347-354.
- [18] Pahkala, K., Sankari, H. 2001. Seed loss as a result of pod shatter in spring rape and spring turnip rape in Finland. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10: pp.209-216.
- [19] Tys, J., Piekarski, W., Jackowska, I., Kaczor, A., Zajacand, G., Starobrat, P. 2003. Technologiczne i ekonomiczne uwarunkowania produkcji biopaliwa z rzepaku. *Monografie*. p. 153, Instytut agrofizyki im. Bohdana Dobrzanskiiego w Lublinie.
- [20] Tan, X., Zhang, J., Zhang, Z., Zhou, J., Jiang, S., Qi, C., Li, J. 2007. Quantitative determination of the strength of rapeseed pod dehiscence. Published in: *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Rapeseed Congress*, 26-30 March 2007, pp. 280-283, Wuhan, China.
- [21] Bruce, D.M., Hobson, R.N., Morgan, C.L. Child, R.D. 2001. Threshability of Shatter-resistant Seed Pods in Oilseed Rape. *Journal of Ag. Eng. Research*, 80(4), pp. 343-350.
- [22] Špokas, L., Steponavičius, D. 2014. Evaluating the effectiveness of pinolene based pod sealant for reducing shattering losses in several cultivars of rape of (*Brassica napus* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(2): pp.310-320.
- [23] Rameeh, V. 2013. Evaluation of different spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes for shattering tolerance. *Journal of Oilseed Brassica*, 4(1): pp.19-24.
- [24] Tariq, A. M., Hussain, T., Iqbal, M., Aadal, K. N., Tariq, M., Rizwan, M. 2015. Screening of different promising lines of *Brassica napus* for the grain shattering tolerance. *International Journal of Modern Agriculture*, 4(1): pp.1-4.
- [25] Luczkiewicz, T. 2012. Analiza sposobu dziedziczenia cech u otrzymanych mutantów rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) oraz ocena ich przydatności do hodowli. *Sprawozdanie ostanie realizacji zdania w 2012 roku*. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, pp. 5-11.

- [26] Gentvainyte, S., Bauša, L., Čingienė, R., Domeika, R., Zaleckas, E., Steponavičius D. 2015. The economical-technological evaluation of rape pod sealants. *Žmogaus ir gamtos sauga* – 1: pp.13-16.

## **DETECTION OF OIL RAPE SEED LOSSES BEFORE HARVEST BY IMAGE ANALYSIS WITHIN FOG COMPUTING**

**Dušan Marković<sup>1</sup>, Ranko Koprivica<sup>1</sup>, Biljana Veljković<sup>1</sup>,  
Marija Gavrilović<sup>1</sup>, Dejan Vujičić<sup>2</sup>, Uroš Pešović<sup>2</sup>, Siniša Randić<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačku*

<sup>2</sup>*University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences Čačak*

**Abstract:** Losses in the production of oilseed rape can occur before harvest, caused by the spontaneous opening of mature pods and the fall of seeds on the ground. Different seed pods, among other things, ripen on the same plant at different times. So, in the cultivation of similar crops, one of the most critical moments is determining the right time for harvesting, because late harvest implies overripeness and opening of the shell, which leads to seed spoilage, losses and mechanical damage during threshing. One way of monitoring seed shedding and thus potential losses is by placing a container between rows of oilseed rape plants and monitor the number of seeds that fall from open shells. The presented model of the system, which consists of sensor devices with associated cameras, positioned above the position, has a function to transmit images of the current state. Central to this paper is an image analysis application that can be performed near sites on computer-aided devices within Fog Computing. In this way, the results of the analysis of images on the number of seeds in the container are obtained almost immediately and can be forwarded to the Cloud platform or directly to the user who will take appropriate action. By obtaining timely information on the number of scattered seeds, it is possible to organize the harvest in an optimal way in order to avoid losses and prevent over-ripeness of oilseed rape.

**Key words:** *Image analysis, rapeseed, Fog computing, Raspberry Pi.*

Prijavljen: **08.06.2022.**

Submitted:

Ispravljen: **31.08.2022.**

Revised:

Prihvaćen: **18.09.2022.**

Accepted: