

sku. Nema sistematizacije tradicijskih sorata, te nije napravljena inventarizacija travnjačkih voćnjaka, ekstenzivnih maslinika.

Predloženo: stavljanje vrtača u kojima se uzgaja povrće (dalmatinsko zaleđe i priobalje) u mjeru održavanje krajobraza. Odgovor: Mjera ulazi u područje ruralnog razvoja.

**Mjera Agrookoliš-klima** je mjera koja je odgovor na sve veću potrebu za održivim ruralnim razvojem, kreirana sa željom da se potakne poljoprivrednike o korištenju proizvodnih metoda koje su spojive sa zahtjevima šire društvene zajednice sa očuvanjem i poboljšanjem okolišnih uvjeta. Istovremeno se postiže zaštita karakterističnih krajobraza, prirodnih resursa, tla i genetske raznolikosti od daljnjeg propadanja ili gubitka.

Cilj mjere je umanjiti ili izbjeći negativan utjecaj poljoprivrede na okoliš te održati i poboljšati biološku raznolikost.

### Agri-environmental measures

surveying study

#### Summary

Agri-environmental measures comprise of a group of activities conducted for the purpose of improving the environment and landscape and they are conducted by the agriculturists of the EU member countries. Therefore, it is also expected of our agriculturists, as well as the activities which will bring them an additional source of income.

The end users are agriculturists, agricultural cooperatives, agricultural companies, non-governmental organizations and public institutions which manage protected areas of nature. Taking part in agri-environmental measures is voluntary.

Stajenko, D.<sup>1</sup>

znanstveni rad

## Suvremena digitalna prognoza uroda jabuka i krušaka

### Sažetak

Rana prognoza uroda jabuka i krušaka napravljena na temelju lipanjskog pregleda voćnjaka od iznimne je važnosti za organizaciju berbe, planiranje rashladnih prostora, izbora voća za duže skladištenje te postavljanje prodajnih cijena i mogućnosti prodaje na domaćim odnosno stranim tržištima. U radu je predstavljen suvremen pristup vizualizacije rodnog volumena stabala pomoću digitalnog fotoaparata te obrada digitalnih slika za potrebe računanja očekivanog uroda za vrijeme berbe. Predstavljena metoda u praktične namjene koristi se u Sloveniji od 2004. godini, a bila je uspješno testirana u više susjednih zemalja pa tako i u Hrvatskoj.

**Cljučne riječi:** jabuka, analiza slike, prognoza

### Uvod

Cilj intenzivnog uzgoja jabuka je proizvodnja redovite i obilne količine prvorazrednih konzumnih plodova. Međutim, rodnost jabuke je rezultat pomotehničkih i agrotehničkih zahvata te ekoloških uvjeta, pa se time količina i kvaliteta plodova mijenjaju iz godine u godinu. Takva neujednačenost zahtijeva od voćara godišnje prilagođavanje radnih i skladišnih kapaciteta (Winter, 1986). Proučavanjem rasta i razvoja ploda došlo se do poznavanja kapaciteta stabla za rodnost te izrade krivulja rasta. Time je uz pravovremena ručna mjerenja na terenu u voćnjacima nakon srpanjskog opadanja plodova omogućeno prognoziranje uroda za velike plantaže ili čitava voćarska područja, dok su manji voćari još uvijek ostali bez te informacije.

U nekim europskim zemljama (Austrija, Švicarska, dio Njemačke) za procjenu uroda jabuka koristi se modificirana metoda prema Winteru (Bavendorfer Methode), koja se temelji na ručnom brojanju i mjerenju promjera plodova nakon prorjeđivanja u početku lipnja, istovremeno uzimajući u obzir zdravstveno stanje stabala, starost voćnjaka, način uzgoja te podlogu. Međutim, iz godišnjih izvješća udruženja Prognosefruit većinom temeljenih na toj metodi evidentne su razlike između prognoziranih i stvarno ubranih količina koje se u pojedinim zemljama i godina kreću od -21,9 % i 14,1 % (WAPA, 2012).

Glavni nedostaci starijih mehanističkih metoda vezani su sa sporim ručnim mjere-

<sup>1</sup> prof. dr. Denis Stajenko, Maribor, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče-Maribor, Slovenija



Slika 1. Originalna kolor (RGB) fotografija čitavog stabla (lijevo) i dio stabla (desno) sa tenis lopticom

njima te relativno malim uzorkom promatranih stabala na plantaži pa nisu najprikladniji za procjenu uroda na malim parcelama odnosno u neujednačenim voćnjacima. Mogućnost poboljšanja starih načina prikupljanja podataka u svrhu daljnje obrade omogućilo je uvođenje i korištenje umjetnog vida te procesa obrade podataka digitalnih slika pomoću kompjutera krajem 1980-ih godina na području medicine. Umjetni vid jedan je od softverskih alata koji se

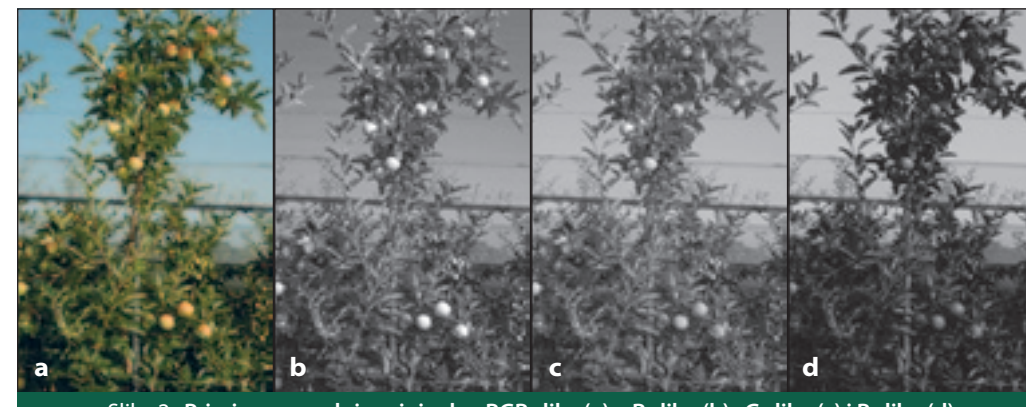
brzo uvodio u različite sfere gospodarstva, pa tako i u hortikulturu za dobivanje informacija o obliku i gustoći biljaka, utvrđivanja zdravstvenog stanja biljaka i odlučnost i otkrivanje korova i zrelog voća (Hemming i Rath, 2002).

Prvi značajni pomaci kod detekcije crvenih plodova jabuka učinjeni su već u 1980-im godinama prošlog stoljeća (Kassay, 1992) međutim tadašnji software bio je spor, a također veličina pohranjenih fotografija bila je mala, pa se nisu mogli snimati sitni plodovi po cijelom stablu. Za razliku od spomenutih istraživača, u našim smo ranim istraživanjima između 2000 i 2004 godine (Stajanko et al. 2004, Stajanko et al. 2009) razvili i uspješno testirali algoritam koji utvrđuje broj i promjer plodova te na temelju rasnih krivulja ocjenjuje urod jabuka raznobojnih sorti već u lipnju nakon prorjeđivanja plodova.

## Algoritam

### Postupak slikanja stabala

Postupak prognoziranja počinje u voćnjaku iz kojeg na svakoj parceli zasađeno različitim sortama jabuka ili krušaka najprije nasumično odaberemo najmanje 15 stabala ili 30 stabala u slučaju velike nejednakosti plantaže. Na svakom stablu najprije se položi standardna tenis loptica promjera 65 mm, kako bi se kasnije u automatskom postupku obrade slike mogao izračunati omjer piksel/mm te dimenziju plodova. Stablo se snima na sunčanoj strani pod kutom od 90° u odnosu na liniju sadnje. Veličina digitalnih fotografija mora biti dovoljno velika kako bi se precizno izmjerio promjer plodova pa se preporučuje minimalna rezolucija od 1800x1600 piksela. Udaljenost snimanja, a time slika stabla ograničena je na udaljenosti između redova, što znači da su mlada (mala) stabla na slici prikazana u cjelini, dok su veća samo djelomično (Slika 1). Prema tome veća stabla se snima najmanje dva puta (jednom donji dio i jednom gornji dio).



Slika 2. Primjer razgradnje originalne RGB slike (a) u R sliku (b), G sliku (c) i B sliku (d)

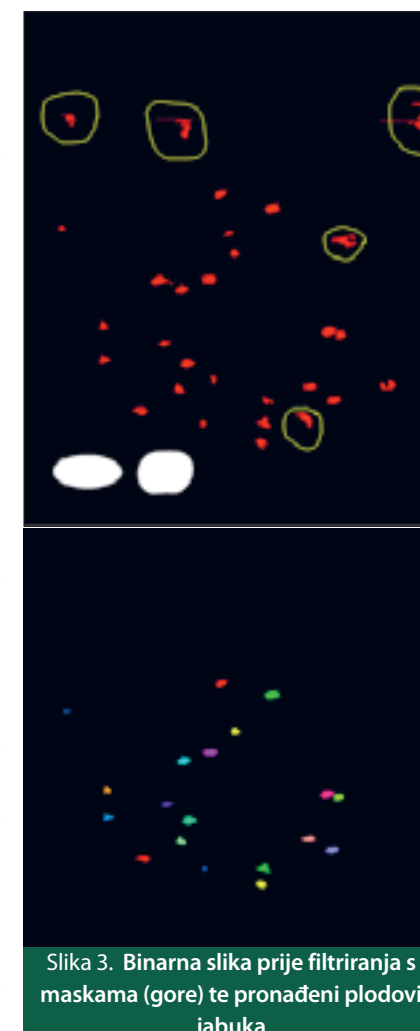
### Obrada slika

S obzirom da originalna kolor (RGB) digitalna fotografija sadrži previše informacija i smetnji koje kompliciraju i produžuju vrijeme potrebno za preobradu slike (image pre-processing) pomoću RGB palete (Slika 2) potrebno je stvoriti tri nove slike za crveno (R), zeleno (G) i plavu (B) boju. Različite sorte jabuka posjeduju različitu boju korice te se za detekciju plodova moraju koristiti različite slike; na primjeru zlatnog delišesa prevladavaju zelene boje, a u gala-e crvene pa se zbog toga za daljnje procesiranje u prve sorte uzima zelena (G) slika, a u druge crvena (R) slika. U drugom koraku obrade slike crvena (R) odnosno zelena (G) slika pomoću određivanja praga na histogramu slike pretvara se u binarnu sliku, tako da podjeljuje u dva dijela. Binarna slika sastoji se od vidljivog dijela traženih predmeta odnosno pojedinih smetnji i nevidljivih dijela koju nazivamo osnova (Slika 3).

U četvrtom koraku, binarna slika se najprije filtrira, a kasnije u dvije faze pomoću maske elipse te ploda jabuke traži odgovarajuće objekte koji pripadaju plodovima jabuka (Slika 3).

### Procjena mase ploda

Za ranu procjenu uroda osim broja i promjera plodova od najveće važnosti je način uzgoja, vrijeme pune cvatnje i trenutna debljina ploda, koja



Slika 3. Binarna slika prije filtriranja s maskama (gore) te pronađeni plodovi jabuka

uz pomoć krivulje rasta omogućuje precizno određivanje konačne mase. Određivanje mase ploda pogotovo je nesigurno u suhim vrućim ljetima u voćnjacima bez navodnjavanja kao što je bio slučaj u ovoj 2013. godini.

### Rezultati metode analize slike u Hrvatskoj

Ohrabreni dobrim rezultata iz susjednih voćarskih zemalja, 2008. godine i u Hrvatskoj napravljeni su prvi veći pregledi rane prognoze različitih sorti jabuka zlatni delišes, jonagold i idared. Sorte cjepljene na podlogu M9 u suvremenim uzgojnim oblicima (vretenasti grm) proučavane su u pedoklimatskim uvjetima voćnjaka sjevernoistočne Hrvatske.

Iz tablice 1 može se vidjeti da je odlična prognoza postignuta kod sorte 'zlatni delišes' u pokusima A i C ( $I=0,97$  te  $I=0,98$ ), dok je u pokusu B rezultat slabiji zbog veće prosječne mase plodova od očekivane. U sorte jonagold poznate po debelim plodovima u našim pokusima u prosjeku i pojedinačno, postigli smo najslabije rezultate što se kod voćara A i B pripisalo velikoj alternanci u protekloj godini koja je i u pokusu C prouzročila neočekivano debele plodove (+ 250 g). U srednjeeuropskim voćarskim uvjetima sorta idared zrije početkom listopada, međutim zbog lokalnih agroekoloških posebnosti moguća su značajna odstupanja u sjevernim geografskih širinama zbog toga je prognoziranje očekivane mase i uroda u pojedinim voćarskim područjima težak i nesiguran posao (Stajniko et al., 2009). Kod sorte idared u prosjeku prognoza je podbacila za -734 kg/ha što je ujedno i najbolji rezultat. Detaljna analiza pokazala je kako su u pokusima A i B razlike između prognoze i uroda iste (-1.500 kg/ha) a kod voćara C još manja (+800 kg/ha).

Tablica 1. Ocijenjen i izvagan urod u svim pokusima (kg/ha)

Pokus	Sorta	Prognoza (kg/ha)	Izvagano (kg/ha)	Razlika (kg/ha)	Indeks $P=1,00$
A	'zlatni delišes'	42.300	43.500	-1.200	0,97
	'jonagold'	36.200	25.800	+10.400	1,40
	'idared'	40.000	41.500	-1.500	0,96
	Prosjek	39.500	36.933	+2.567	1,07
B	'zlatni delišes'	36.200	48.000	-11.800	0,75
	'jonagold'	47.200	35.000	+12.200	1,34
	'idared'	41.500	43.000	-1.500	0,96
	Prosjek	41.633	42.000	-367	0,99
C	'zlatni delišes'	54.100	55.200	-1.100	0,98
	'jonagold'	22.600	35.400	-12.800	0,63
	'idared'	56.000	55.200	+800	1,01
	Prosjek	41.789	42.511	-722	0,98

### Zaključak

Analize slike suvremena je metoda za potrebe prognoze uroda jabuka koja se u slovenskoj voćarskoj praksi upotrebljava deset godina. Rezultati iz Hrvatske sa sveukupnim indeksom  $I=0,98$  između prognoze i izvaganog uroda također iskazuju odličan rezultat, međutim detaljnom analizom pokazalo se kako rezultati prilično variraju u zavisnosti od sorte i lokacije. Najmanje pogreške utvrđene su kod sorte 'idared' (-734 kg/ha) dok je kod 'zlatnog delišesa' i 'jonagolda' u prosjeku prognoza za 10 % premašila izvagani urod. Kako bi se poboljšala prognoza i kod tih sorti potrebno je napraviti poboljšane krivulje rasta prilagođene specifičnim pedo-klimatskim uvjetima pojedinih voćarskih područja Hrvatske.

### Literatura

- Hemming, J., Rath, T. (2002). Image processing for plant determination using the Hough transform and clustering methods. *Gartenbauwissenschaften - EJHS*, 67, 1-10.
- Kassay, L., 1992. Hungarian robotic apple harvester, ASAE Paper No. 92-7042
- Stajniko, D., Lakota, M., Hočevar, M. (2004). Estimation of number and diameter of apple fruits in the orchard during the growing season by thermal imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*, 42(1), 31-42.
- Stajniko, D., Rakun, J., Blanke, M., 2009. Modelling apple fruit yield using image analysis for fruit colour, shape and texture. *European journal of horticultural science*, 74, 6, p. 260-267.
- Winter, F. (1986): Modelling the biological and economic development of an apple orchard, *Acta Horticulturae* 160, p. 353-360.
- WAPA, 2012, The world apple and pear association, <http://www.wapa-association.org/asp/index.asp>, March 12<sup>th</sup>, 2013.

scientific study

### Modern digital forecast of apple and pear yield

#### Summary

Early yield forecast of apples and pears made on the basis of the June inspection is of great importance for the organization of the harvest, cooling space planning, selection of fruit for longer storage and setting sales prices and sales opportunities in the domestic and foreign markets. This paper presents a modern approach to visualization of native trees using a digital camera and digital image processing for the purpose of forecasting the expected yield at harvest. The method for practical purposes is used in Slovenia since 2004 and was successfully tested in several neighboring countries, including Croatia.

**Keywords:** apple, image analysis, forecast