

UDK: 631.362

NOVE TEHNOLOGIJE OPTIČKOG KOLOR SORTIRANJA VOĆA

Dragan Marković, Milan Veljić, Žarko Čebela

Mašinski fakultet - Beograd

Sadržaj: U ovom radu je prikazan princip rada optičkog prebiranja voća kolor sorterima. Rad detaljno opisuje sistem transporta proizvoda kroz mašinu, sistem izbacivanja neuslovnih proizvoda, vizuelni sistem (sistem kamera i lasera), sistem obrade podataka i korisnički interfejs. U radu su prikazane i prednosti mašinskog u odnosu na ručno prebiranje kao i rezultati testova sprovedenih u fabrici za preradu hrane "ITN Eko Povlen" u Kosjeriću.

Ključne reči: voće, kolor sorter, kamera, laser, kompresovan vazduh.

UVOD

Razvoj tehnologije kamera visoke rezolucije, kao i brzih računarskih procesora, doveo je do brzog razvoja mašina za optičko selektiranje, u poslednjih 20 godina. Opšte usvojen naziv kolor-sorter, ne definiše jasno sve sisteme koji se koriste za uočavanje defekata i neuslovnih proizvoda. U početku mašine za selektiranje koristile su kamere za uočavanje nedostataka na proizvodu koji se kretao u struji vazduha ("in air"). Sve strožiji zahtevi u industriji hrane doveli su do mnogih promena na mašinama za selektiranje, kao i kombinovanje više različitih sistema za uočavanje defekata. Danas, proizvođači ove opreme opredelili su se za jedan od tri sistema za transport proizvoda kroz sistem za uočavanje defekata:

1. "In Air" – slobodni pad
2. "Belt" – trakasti transporter
3. "Channel" – kanalni,

kao i nekoliko sistema za uočavanje defekata:

- a. Crno bele kamere
- b. Kolor kamere
- c. IR kamere
- d. Laser
- e. X-zraci

S obzirom da se pred mašinom stalno postavljaju novi (strožiji) zahtevi u pogledu kvaliteta finalno prebranog proizvoda, proizvođači mašina uglavnom koriste kombinacije neka od dva gore navedena sistema. U oblasti prebiranja hrane, u cilju uklanjanja neuslovnih proizvoda i organskog, ali i neorganskog otpada, sistem koji se najbolje pokazao je kombinacija dve ili više kolor kamera visoke rezolucije sa laserom.

U nastavku rada detaljno je opisana mašina za prebiranje svežeg i smrznutog voća (i povrća) sa dve kamere visoke rezolucije i jednim laserom, kao rešenje koje ima mogućnost prepoznavanja najbližnju ljudskom oku.

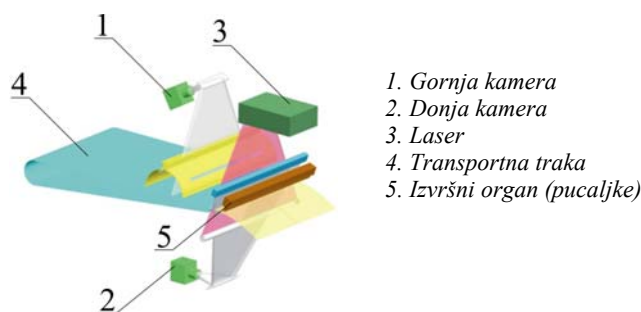
OPIS MAŠINE

Mašine unutar sebe imaju više različitih sklopova koji se mogu podeliti u više sistema:

- Sistem transporta proizvoda kroz mašinu
- Sistem izbacivanja neuslovnih tj. tzv. "loših" proizvoda
- Vizuelni sistem (sistem kamera i lasera)
- Sistem obrade podataka
- Korisnički interfejs

Princip rada mašina za optičko prebiranje plodova voća se sastoji u tome da proizvod prolazi kroz mašinu na trakastom transporteru, biva konstantno sniman kamerama i laserima i upoređivan sa unapred zadatim kriterijumima dobrog i lošeg proizvoda. Snimljeni proizvod se zatim upoređuje sa zadatim kriterijumima i ako zadovoljava kriterijume dobrog proizvoda biva transportovan kroz mašinu na dalju preradu, a ako ne odgovara kriterijumima dobrog proizvoda biva izbačen iz mašine. Izbacivanje iz mašine se vrši pneumatskim izbacivačima (pucaljka). Zadati kriterijumi se odnose na boje. Dobar proizvod, bez obzira o kojoj sorti se radi, ima određenu nijansu boje, a loši proizvodi su obično potpuno drugačije boje. Ovakav način prebiranja je najpribližniji ljudskom, tj. manuelnom načinu prebiranja.

Sistem transporta podrazumeva trakasti transporter na kome se nalazi proizvod koji se transportuje kroz mašinu. Proizvod se transportuje određenom brzinom po transportnoj traci određene boje i profila, u zavisnosti od proizvoda koji se po njoj transportuje. Brzina transportne trake se može menjati, u zavisnosti od proizvoda. Na ulaznom delu transportera nalazi se stabilizator proizvoda čija je uloga da obezbedi brzinu proizvoda identičnu brzini transportne trake, a u cilju dobijanja pravolinijskog kretanja proizvoda definisanom brzinom.



Slika 1. Integrisani sistem mašine sa kamerama i laserima

Sistem za izbacivanje se sastoji od izvršnih organa (pucaljki) čija je uloga da izbace neuslovan proizvod iz mašine. Kada je određen proizvod usnimljen i prepoznat kao loš i treba da bude izbačen iz mašine, pneumatske pucaljke se otvaraju tačno iznad tog proizvoda, izbacuju komprimovani vazduh iznad njega i odstranjuju ga iz mašine. Pucaljke su raspoređene celom širinom trakastog transportera i pokrivaju svaki njen deo.

Na osnovu kalkulacije: brzine kretanja neuslovnog proizvoda, njegovog položaja unutar mašine i pravca kretanja, vremena dolaska do odgovarajuće pucaljke koja treba da izbací komprimovani vazduh izračunava se potrebno vreme izbacivanja, tj vreme aktiviranja pucaljki. Sistem za snabdevanje komprimovanim vazduhom pucaljki je integrisan u mašinu.

Vizuelni sistem je integrisan sistem kolor kamera i lasera koji se nalaze u mašini. Njihova uloga je da snimaju proizvod koji se nalazi na trakastom transporteru.

Kolor kamere imaju tri signala u sebi: crveni, zeleni i plavi (RGB). Na osnovu kombinacije ovih boja dobijaju se sve ostale boje. Svaka od ovih osnovnih boja prepoznaje 256 nijansi svoje boje, tako da ukupno postoje približno 16,7 miliona nijansi boja. Kamere imaju opseg skeniranja 1024 piksela po kvadratnom inču. Obično se postavljaju kamere sa gornje i donje strane da bi se smanjili tzv. mrtvi uglovi prilikom prolaska proizvoda kroz mašinu. Pored ovoga, kamere se obično postavljaju pod određenim uglom u odnosu na horizontalu.

Laseri u mašinama imaju ulogu da prepoznaju strani materijal i strane primese koje se eventualno nalaze u struji proizvoda koja se kreće kroz mašinu. Laseri ne prepoznaju proizvod po boji već po fizičko-mehaničkim karakteristikama proizvoda tj. po njegovom kristalnoj rešetki. Proizvod koji se kreće kroz mašinu skenira se laserima i na osnovu skeniranih parametara upoređuje se sa zadatim vrednostima dobrog i lošeg proizvoda. Laser, ne prepoznaje boje, ali takođe ima tri kanala na osnovu kojih se dobija odgovarajući izlazni signal. Ti signali su: refleksija, polarizacija i tzv. skatering (razbacivanje izlaznog signala koji prolazi kroz dati filter).

Laser u sebi, pored izvora laserske svetlosti, ima i sistem ogledala koji se rotira oko vratila. Laserski zrak se odbija od ogledala i reflektuje na trakasti transporter po kome se kreće proizvod. Odbijeni signal od proizvoda se sakuplja, a zatim šalje u odgovarajući uređaj u kome se vrši analiza izlaznog signala i upoređivanje sa zadatim kriterijumima proizvoda.

Sistem obrade podataka se sastoji od više računara koji obrađuju podatke i šalju ih do izvršnih organa tj. pneumatskih pucaljki. U samoj mašini se nalaze dva tipa računara. Prvi tip računara, tzv. IP računar, ima ulogu da dobija signale od kamera ili lasera i da te signale, koji su analogni, prebaci u digitalni oblik. Digitalni signali se lakše koriste u obradi. Uređaji za snimanje proizvoda koji se kreće po trakastom transporteru (kamere i laseri) su povezani sa ovim računarima. Kada neki od ovih uređaja snimi sliku proizvoda na traci, potrebno je da se dati signal obradi. Signal se prebacuje putem firewire kabla do odgovarajućeg računara koji ga prihvata. Analogni signal se u ovom računara konvertuje u digitalni signal. Signal se zatim šalje do drugog tipa računara, tzv. UI računara. Ovi računari primaju digitalni signal i dalje ga obrađuju. Obradeni signal se prenosi do izvršnih organa, pneumatskih pucaljki, takođe preko firewire kablova. Na osnovu obradenih signala koje je poslao UI računar odgovarajuća pneumatska pucaljka se aktivira i odstranjuje proizvod koji po zadatim kriterijumima nije dobar i treba da bude izbačen iz mašine.

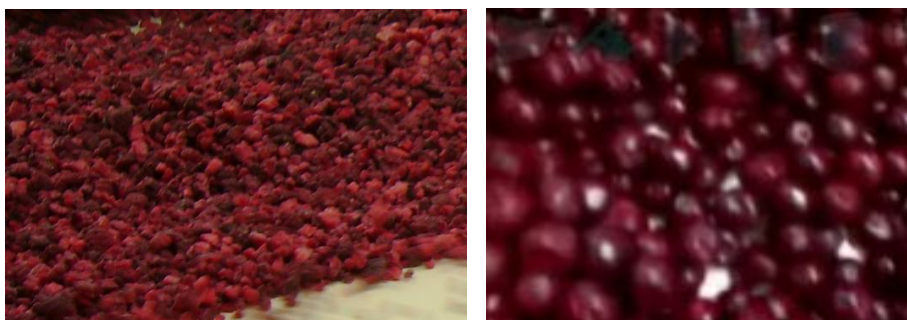
Sa druge strane, signal iz UI računara se preko ethernet kablova prenosi do računara za sortiranje koji je povezan sa računarem na kome se nalazi korisnički interfejs.

Korisnički interfejs se sastoji od veoma jednostavnog softvera koji služi za kontrolu i nadzor procesa prebiranja. Korisnički interfejs se nalazi na računaru za sortiranje koji prima podatke od UI računara. Moguće je vršiti proces prebiranja direktno sa mašine, preko touch screen-a ili preko računara sa daljinskom upravljanjem. Korisnički interfejs je po pravilu relativno jednostavan i njime rukuje operater na mašini. Potrebno je što bolje naučiti mašinu nijansama bojama tako da se one dele u određene grupe, npr. dobar proizvod, loš proizvod, pozadina itd.

REZULTATI ISPITIVANJA

Ispitivanje rada mašine za optičko prebiranje, izvršeno je u pogonu "EKO Povlen" u Kosjeriću u radu sa zamrznutim plodovima maline i višnje.

Na slici 2. prikazani su dobri proizvodi koji su prošli proces optičkog prebiranja i upućeni dalje na ostale tehnološke operacije.



Slika 2. Izgled „dobre“ maline i višnje koje su prošle proces optičkog prebiranja

Na slici 3. prikazani su loši plodovi voća i povrća koji su prepoznati kao neuslovni proizvod i izbačeni iz mašine.



Slika 3. Izgled „loše“ maline i višnje koje su izbačene iz mašine

U tabeli 1. su prikazani dobijeni podaci prilikom odstranjivanja lošeg proizvoda iz mašine. Test je rađen na malini, kao najtežoj sirovini za obradu. Loš proizvod koji je trebao da bude izbačen iz mašine je malina sa peteljkom, malina sa suvom bobicom i plesiva malina.

Tabela 1. Masa i procenat izbačenih neuslovnih proizvoda iz mašine

Sirovina	Malina sa peteljkom		Malina sa suvom bobicom i plesiva malina	
	gr	%	gr	%
Ulaz u mašinu	2000	100	8900	100
Izbačeno iz mašine	1760	88	6100	69

Pošto povećanje kapaciteta prerade i smanjenja radne snage predstavljaju najbitnije prednosti mašinskog prebiranja voća u odnosu na ručno, potrebno je bilo izvršiti uporedni test koji će potvrditi prednosti mašinskog u odnosu na ručno prebiranje. Test je urađen u fabrici za preradu hrane "Eko Povlen"-Kosjerić. Naime, sa jednakim brojem ljudi (11) se prerađivala sirovina (malina) ručnim putem i na mašini za optičko prebiranje. Rezultati su predstavljeni u tabeli 2. U prvoj koloni je prikazan kapacitet prerade (kg/h), a u drugoj koloni je prikazan utrošak sirovine po jednom radniku u toku jednog sata.

Tabela 2. Uporedni rezultati prebiranja plodova voća (maline) ručnim i mašinskim putem

Prebiranje voća	Kapacitet prerade [kg/h]	Utrošak sirovine po jednom radniku [kg/radnik]
Mašinsko	1974,33	179,48
Ručno	386,25	35,11

Na osnovu dobijenih podataka može se zaključiti da se parametri mašinske prerade u proseku povećavaju 5 puta u odnosu na ručnu preradu.

ZAKLJUČAK

Proces prerade voća (i povrća) kreće se u smeru potpune automatizacije sa minimalnom ulogom čoveka. Mašine za optičko prebiranje predstavljaju veliki pomak u tehnologiji prerade voća i povrća i imaju veliku primenu na širok spektar proizvoda. Iako je njihova inicijalna cena visoka efekti koji se ogledaju u ubrzanju (skraćanju) procesa proizvodnje i smanjenju troškova radne snage daju pozitivne rezultate na dug vremenski period. Imajući u vidu ove parametre proizvodnje dolazimo da zaključka da upotreba ovih mašina dovodi do nižih ukupnih troškova proizvodnog procesa i boljih poslovnih rezultata.

LITERATURA

- [1] G.P. Moreda, J. Ortiz-Cañavate, F.J. García-Ramos, M. Ruiz-Altisent, Non-destructive technologies for fruit and vegetable size determination – a review, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad de Zaragoza, 2008.
- [2] G.P. Moreda, J. Ortiz-Cañavate, F.J. García-Ramos, M. Ruiz-Altisent, Effect of orientation on the fruit on-line size determination performed by an optical ring sensor, Universidad Católica de Avila, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad de Zaragoza, 2006
- [3] Mustafa Bayram, Mehmet D. Öner, Determination of applicability and effects of colour sorting system in bulgur production line, Faculty of Engineering, University of Gaziantep, 2005.
- [4] J. Blasco, N. Aleixos, S. Cubero, J. Gomez-Sanchis, E. Molto, Automatic sorting of satsuma (Citrus unshiu) segments using computer vision and morphological features, Universidad Politécnica de Valencia, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias IVIA, 2008.
- [5] Yang Liu, Automatic calibration of a rainfall-runoff model using a fast and elitist multi-objective particle swarm algorithm, University of Manchester, 2008.
- [6] Lihong He, Zhanwen Niu, Dongliang Chen, Research on development of color sorter using triz, School of Mechanical Engineering, Tianjin University, 2006.
- [7] J. Blasco, N. Aleixos, E. Molto, Machine Vision System for Automatic Quality Grading of Fruit, Universitat Jaume, 2003.
- [8] Koro Kato, Electrical Density Sorting and Estimation of Soluble Solids Content of Watermelon, Division of Environmental Science and Technology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, 1997.

- [9] N. Aleixos, J. Blasco, F. Navarro'n, E. Molto, Multispectral inspection of citrus in real-time using machine vision and digital signal processors, Universitat Jaume I, 2001.
- [10] Changming Sun a, Mark Berman, David Coward, Brian Osborne, Thickness measurement and crease detection of wheat grains using stereo vision, CSIRO Mathematical and Information Sciences, CSIRO Exploration and Mining, The Grains Research Centre, 2007.
- [11] R. Mattone, G. Campagiorni, F. Galati, Sorting of items on a moving conveyor belt. Part 1: a technique for detecting and classifying objects, Fraunhofer Institut, Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Universita degli Studi di Roma La Sapienza, 1999.
- [12] Tadhg Brosnan, Da-Wen Sun, Improving quality inspection of food products by computer vision—a review, University College Dublin, National University of Ireland, 2003.
- [13] Cheng-Jin Du and Da-Wen Sun, Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation, Department of Agricultural and Food, Engineering, University College Dublin, National University of Ireland, 2003.
- [14] F. J. Garc_ía-Ramos, J. Ortiz-Canavate, M. Ruiz-Altisent, Evaluation and correction of the mechanical aggressiveness of commercial sizers used in stone fruit packing lines, University of Zaragoza, Polytechnic University of Madrid, 2003.
- [15] Lisa G. Neven, James D. Hansen, Robert A. Spotts, Maryna Serdani, Eugen. A. Mielke, Jinhe Bai, Paul M. Chen, Peter G. Sanderson, Effect of high-pressure hot water washing treatment on fruit quality, insects, and disease in apples and pears Part IV: Use of silicone-based materials and mechanical methods to eliminate surface arthropod eggs, Yakima Research Laboratory, Mid-Columbia Agricultural Research and Extension Center, Oregon State University, 2006.
- [16] Jinhe Bai, Eugene A. Mielke, Paul M. Chena, Robert A. Spotts, Maryna Serdane, James D. Hansen, Lisa G. Neven, Effect of high-pressure hot-water washing treatment on fruit quality, insects, and disease in apples and pears Part I. System description and the effect on fruit quality of 'd'Anjou' pears, Mid-Columbia Agricultural Research and Extension Center, Oregon State University, Yakima Agricultural Research Laboratory, 2006.
- [17] Tadhg Brosnan, Da-Wen Sun 1, Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems/a review, Department of Agricultural and Food Engineering, University College Dublin, National University of Ireland, 2002.

Ovaj rad je rezultat projekta TR-14210A "Razvoj mašina i opreme za proizvodnju i preradu voća", koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

NEW TECHNOLOGIES IN FRUIT COLOR SORTING

Dragan Marković, Milan Veljić, Žarko Čebela

Faculty of Mechanical Engineering - Belgrade

Abstract: This paper concentrates on application of color sorting machines for fruit sorting. Paper shows in details transport system through sorting machine, reject system, visual system (cameras and lasers), data processing system and user interface. Advantages of machine sorting versus manual (hand) sorting are presented, as well as result of tests conducted in food processing factory "ITN Eko Povlen" in Kosjeric.

Key words: *fruits, color sorter, camera, laser, compressed air.*